

## Influências dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica

Recebimento dos originais: 13/05/2013  
Aceitação para publicação: 19/11/2014

### **Núbia Aparecida Rodrigues**

Mestre em Administração pela UFU

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica - Bloco 3P – Sala 3P 202 -  
Bairro Santa Mônica - 38400-902 – Uberlândia – MG

E-mail: [nubiarodrigues@reito.ufu.br](mailto:nubiarodrigues@reito.ufu.br)

### **Ernando Antônio dos Reis**

Doutor em Controladoria e Contabilidade pela USP

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica - Bloco 1F - Sala 1F215 –  
Bairro Santa Mônica - CEP: 38400-902 - Uberlândia – MG

E-mail: [eareis@ufu.br](mailto:eareis@ufu.br)

### **Marcelo Tavares**

Doutor em Agronomia pela ESALQ

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica - Bloco 1F - Sala 1F120 –  
Bairro Santa Mônica - CEP: 38.408-100 - Uberlândia – MG

E-mail: [mtavares@ufu.br](mailto:mtavares@ufu.br)

### **Resumo**

O gerenciamento dos custos de produção do café arábica enfrenta desafios devido à diversidade de fatores que afetam a sua formação dentro das propriedades rurais. Dentre os diversos fatores que interferem na formação dos custos de produção do café arábica se destacam os fatores climáticos, especialmente as condições de precipitação e de temperatura. O comportamento das condições climáticas em cada uma destas fases interfere no desempenho produtivo da planta. A revisão teórica apontou que a produtividade da lavoura afeta a formação dos custos de produção. Diante disso, pretendeu investigar o comportamento dos custos de produção do café arábica em relação aos fatores climáticos nas fases fenológicas do cafeeiro. Para esta investigação utilizou-se uma análise descritiva e a regressão linear múltipla ( $R^2$ ). Na primeira etapa observou-se que as cidades com condições climáticas adversas apresentaram o maior custo de produção total ou menores níveis de produtividade. Os resultados da regressão linear múltipla ( $R^2$ ) apresentaram problemas de autocorrelação dos resíduos e de multicolinearidade, portanto carecem de mais investigações. A relevância deste estudo está associada principalmente a contribuição teórica relativa ao comportamento do custo de produção do café arábica em relação aos fatores climáticos, devido a escassez de estudos desta natureza.

**Palavras-Chave:** Café arábica. Custos de produção. Precipitação. Temperatura. Fases fenológicas.

## 1. Introdução

A comercialização do café *commodity* impõe desafios ao gerenciamento de custos nas propriedades rurais. Esta forma de negociação do produto contribui para reduzir a competitividade do produto brasileiro e agravar a sua imagem no mercado internacional, “justamente no momento em que novos paradigmas de produção passou a ser baseado num padrão de concorrência que privilegia a qualidade” (SAES; FARINA, 1999, p. 41).

A retirada do governo deste setor da economia na década de 1990 expôs a cafeicultura brasileira às condições de instabilidade impostas pelo livre comércio. Este novo cenário de incerteza da comercialização de toda a produção por preços satisfatórios exigiu o investimento na qualidade do produto, até então negligenciados (PEREIRA et. al., 2010). Conforme estes autores, a qualidade do produto final e a redução dos custos de produção adquirem relevância no mercado cafeeiro a partir da desregulamentação.

A baixa rentabilidade do café *commodity* está relacionada com a impossibilidade do produtor em interferir nos preços do produto, uma vez que o preço das *commodities* de exportação é determinado pelo mercado internacional (SAES; FARINA, 1999; DUARTE; TAVARES; REIS, 2010).

Assim, a competitividade de produtos agroindustriais, principalmente as *commodities*, está baseada na redução de custos (NICOLELI; MOLLER, 2006). Apesar de o Brasil atingir o menor padrão de custos na cafeicultura mundial o gerenciamento dos custos não fornece instrumentos satisfatórios que auxiliem na compreensão de como eles se formam dentro das propriedades.

A gestão bem sucedida dos custos de produção nos empreendimentos modernos está associada ao planejamento e controle dos mesmos, que são afetados por variáveis controláveis ou não controláveis inerentes ao ambiente no qual a empresa está inserida. No caso da cafeicultura, os fatores controláveis referem-se a escolha das cultivares plantadas, aos sistemas de plantio adotados, a tecnologia empregada, ao perfil da propriedade, dentre outros (OLIVEIRA; VEGRO, 2004; PAGNANI; WAHLMANN; MOEIRA, 2007). Neste sentido, Almeida (2010 et. al., 2010) diz que a variação do custo do café depende do sistema de manejo e cultivo implementado nas lavouras.

As variáveis que não podem ser controladas pelo cafeicultor relacionam-se com o comportamento dos mercados fornecedores e consumidores, com o ciclo bienal da cultura e com as condições climáticas (ALMEIDA et. al., 2010). Compreender os efeitos das variáveis

que não podem ser manipuladas sobre os custos é fundamental para o planejamento da atividade empresarial.

No caso específico da interferência das condições climáticas sobre os custos de produção da cafeicultura, verifica-se a relação de ambos com a produtividade da lavoura.

Sistemas de produção que empregam maior nível de tecnologia, como irrigação e mecanização, ou adotam o plantio adensado incorrem em custos fixos mais altos. Porém, estes sistemas proporcionam alta produtividade, o que acarreta na redução de custos por unidade produzida, melhor desempenho dos recursos aplicados e maior competitividade do produto.

O avanço tecnológico tem contribuição relevante para a adaptabilidade do cafeeiro a regiões inapropriadas ao cultivo, tais como a irrigação, as novas técnicas de manejo, a correção do solo, o melhoramento genético e desenvolvimento de novas cultivares. Apesar disso, Pereira, Camargo e Camargo (2008) consideram o clima como o principal fator que interfere no desempenho produtivo do cafeeiro.

Diante da importância da gestão de custos na cafeicultura e da escassez de estudos que abordam a relação deste com o clima, é relevante a discussão sobre o comportamento dos custos de produção em relação aos fatores climáticos. Dessa forma, nesta pesquisa foi abordado o seguinte problema: Qual a influência dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica?

Como objetivos este trabalho se propõe a:

- Identificar os principais componentes do custo de produção do café arábica;
- Identificar os principais fatores climáticos que exercem influência na cafeicultura;
- Investigar a interferência dos fatores climáticos nos componentes do custo de produção da cafeicultura.

## **2. Custos de Produção na Cafeicultura**

A importância da cafeicultura para o cenário sócio econômico nacional e as peculiaridades que cercam esta atividade gera uma demanda constante para o desenvolvimento de um sistema de custos de produção. A finalidade deste sistema seria auxiliar os cafeicultores no processo decisório, as autoridades governamentais, os órgãos de classe e as cooperativas responsáveis pelas políticas e planejamento do setor (VEGRO; ASSUMPÇÃO, 2003).

O gerenciamento da cafeicultura brasileira relaciona-se com os desafios impostos à atividade dentro e fora da fazenda, pois o aumento da demanda pelo produto associado à necessidade de modernização dos cafezais como fator de competitividade insere a cafeicultura na lógica da produção integrada (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO 2008).

Tanto os preços quanto os custos de produção do café vêm de fora da atividade. Por um lado, a comercialização em forma de *commodity* faz com que o cafeicultor tenha capacidade limitada de formar seus preços. Por outro, devido à relação com segmentos oligopolizados, a formação dos custos também é externa a propriedade (VEGRO, 2011). Diante disso surge a necessidade do gerenciamento eficiente das bases materiais e tecnológicas como principal estratégia de competitividade, rentabilidade e sustentabilidade do negócio (PAGNANI; WAHLMANN; MOEIRA, 2007; VEGRO, 2011).

Nos últimos anos tem sido observada a difusão de estudos científicos empíricos relacionados ao custo de produção da cafeicultura. Foram discutidos aspectos como: a composição e evolução dos custos de produção de determinadas regiões e em determinados períodos, identificando os itens mais relevantes (ALMEIDA et. al., 2010; FEHR et. al., 2012); a influência dos preços de venda do café (DUARTE; TAVARES; REIS, 2010, DUARTE et. al., 2011) e dos preços de *commodities* não agrícolas sobre os custos de produção (FERREIRA et. al., 2011) e; finalmente, o impacto da tributação sobre os custos (ALMEIDA; REIS; TAVARES, 2011).

Os gastos no período de formação da lavoura (DUARTE; TAVARES; REIS, 2010) e no período do replantio, que ocorre no segundo ano, (DUARTE et. al., 2011) foram investigados quanto ao seu comportamento em relação ao preço de venda do café. Neste estudo verificou-se que ocorre a influência do preço do café sobre os custos de produção para 16 das 22 variáveis de custo analisadas no ano de formação e nove das 12 variáveis no segundo ano.

Os principais itens de custos que sofreram os impactos das alterações nos preços de venda foram os gastos com plantio, capinas-desbrota, defensivos, fertilizantes e mudas para o primeiro ano (DUARTE; TAVARES; REIS, 2010). No segundo ano destacaram-se os custos relacionados a capina-desbrota, defensivos e fertilizantes (DUARTE et. al., 2011).

Tanto no primeiro quanto no segundo ano os gastos com fertilizantes foram aqueles em que o preço de venda do café apresentou menor poder preditivo (DUARTE; TAVARES; REIS, 2010; DUARTE et. al., 2011). Este resultado pode estar relacionado ao fato de que os custos com fertilizantes são afetados pelos preços de *commodities* não agrícolas como

potássio, uréia e superfosfato, que são componentes químicos utilizados na fabricação de fertilizantes (FERREIRA et. al., 2011). Estes autores apontaram também, que os gastos relacionados a utilização de máquinas e equipamentos e defensivos são influenciados pelos preços das *commodities* não agrícolas. Os primeiros são afetados pelos preços do petróleo e do ferro e os segundos somente pelo preço do petróleo.

A identificação de itens de custos mais relevantes nas lavouras cafeeiras foi feita nas principais cidades brasileiras produtoras de café arábica e para o período de 2003 a 2009 (ALMEIDA et. al., 2010; FEHR et. al., 2012).

O comportamento diferenciado da cidade de Luís Eduardo Magalhães, na Bahia, foi atribuído ao emprego de padrão tecnológico de ponta com a utilização de irrigação. Este perfil fez com que os custos fixos das lavouras desta cidade mais fossem elevados em relação às demais localidades. Porém, foram observados também, os maiores índices de produtividade e, conseqüentemente, os custos unitários mais baixos (ALMEIDA et. al., 2010). Os gastos com mão de obra, fertilizantes e agrotóxicos, conforme relaciona os autores, foram os mais expressivos na composição dos custos nas cidades estudadas.

A análise temporal da evolução dos custos de produção do café não identificou diferenças significativas no período de 2003 a 2009, contrariando a expectativa de que os mesmos refletiriam os efeitos da bienalidade da cultura, ou seja, a alternância de períodos com custos unitários mais elevados decorrentes da baixa produção seguidos de períodos de custos unitários mais baixos devido a alta produção (FEHR et. al., 2012). Os autores associaram os resultados a possível elevação de gastos com tratamentos culturais a fim de minimizar os efeitos do ciclo bienal e evitar quedas de produtividade. Outro fator discutido foi a questão de que os ciclos bienais não são obrigatoriamente sincronizados entre as lavouras, portanto quedas de produtividade em uma localidade podem ser compensadas com o aumento em outras.

A observação do efeito da tributação sobre o custo de produção do café demonstrou que a falta de hábito do produtor rural em planejar e controlar suas atividades onera os custos de produção (ALMEIDA; REIS; TAVARES, 2011). O não aproveitamento do crédito do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS caracteriza na perda da não cumulatividade deste imposto, portanto ele passa a incidir sobre o faturamento e a compor o custo de produção, provocando a redução na rentabilidade e na competitividade do produto final (ALMEIDA; REIS; TAVARES, 2011). Para estes autores, os custos mais onerados pelo

não aproveitamento de tal crédito são os gastos relacionados com máquinas e equipamentos, com transporte e com insumos.

Os estudos apontaram os componentes de custos que mais oneram a produção da cafeicultura (Quadro 1). A identificação destes componentes é uma ferramenta útil para o controle e planejamento da atividade.

#### **Quadro 1: Principais componentes do custo de produção do café**

Componentes de Custos	Autores
Defensivos/Agrotóxicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almeida et. al. (2010); Duarte, Tavares e Reis (2010);</li><li>• Duarte et. al. (2011); Ferreira et. al. (2011);</li><li>• Fehr et. al. (2012).</li></ul>
Fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almeida et. al. (2010); Duarte, Tavares e Reis (2010);</li><li>• Duarte et. al. (2011); Ferreira et. al. (2011);</li><li>• Fehr et. al. (2012).</li></ul>
Mão de Obra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almeida et. al. (2010); Duarte, Tavares e Reis (2010);</li><li>• Fehr et. al. (2012).</li></ul>
Operações com Máquinas e Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almeida, Tavares e Reis (2011); Ferreira et. al. (2011).</li></ul>

Fonte: Elaboração própria, a partir de revisão teórica.

A produtividade da lavoura foi apontada em outras pesquisas como um fator que influencia na composição dos custos de produção do café (VEGRO; MARTIN; MORICOCCHI, 2000; OLIVEIRA; VEGRO, 2004; ALMEIDA et. al., 2010). Dentro de certos limites, os custos são inversamente proporcionais aos níveis de produtividade, pois muitos itens de custos são consumidos de forma semelhante independente da quantidade produzida, estes são os custos fixos (MATIELLO, 1986). Para este autor, os gastos com capinas, arruação, esparramação, despesas com administrador, depreciações, taxas e impostos são alguns exemplos deste tipo de custo, portanto a unidade produzida (saca) é mais onerada com produção baixa.

É notável que os estudos citados abordaram alguns fatores que afetam os custos de produção da cafeicultura. Porém, ainda existem algumas lacunas, pois observa-se a ausência da abordagem de fatores importantes para a composição dos custos, tais como o clima.

Dessa forma, o entendimento das relações entre as condições climáticas e a produtividade, e, conseqüentemente, na formação de custos da cafeicultura podem gerar informações relevantes no planejamento da atividade.

### 3. Comportamento da Produtividade do Cafeeiro em Relação aos Fatores Climáticos

O cultivo comercial do café arábica, no Brasil, encontra condições de temperaturas médias anuais favoráveis entre 18°C e 23°C ou ideais entre 19°C e 21°C, níveis médios anuais de precipitação adequados entre 1.200mm e 1.800mm e altitudes entre 400m e 1.200m (THOMAZIELLO et. al., 2000). Os autores explicam que o cultivo em altitudes inferiores a este limite é prejudicado por temperaturas elevadas e longos períodos de seca e em altitudes superiores é comum a ocorrência de ventos frios que prejudicam o desenvolvimento do cafeeiro.

A temperatura do ar, as condições hídricas (umidade do ar, quantidade e distribuição pluviométrica), os ventos e a variação fotoperiódica são fatores ambientais que afetam o florescimento, desenvolvimento dos frutos e, conseqüentemente, o alcance de níveis aceitáveis de produtividade do cafeeiro (CAMARGO et. al., 2001; FAZUOLI; THOMAZIELLO; CAMARGO, 2007; PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008; BRASIL, 2009a; PETEK; SERA; FONSECA, 2009). Nesse sentido, a produção econômica do café está condicionada a localidades onde os fatores ecológicos são mais favoráveis (CANECHIO FILHO, 1987).

Diante da importância das condições térmicas e hídricas, na classificação das regiões brasileiras quanto à aptidão climática para o cultivo do café arábica, as variáveis consideradas foram as temperaturas médias anuais e a média anual de deficiência hídrica.

A temperatura do ar é um fator importante para definir a aptidão climática da cafeicultura comercial (DAMATTA; RAMALHO, 2006; CAMARGO, 2010). Temperaturas que extrapolem os limites aceitáveis pelos cafezais, ou seja, médias anuais inferiores a 18°C, ocorrência de geadas, mesmo que esporádicas, ventos frios e médias anuais superiores a 23°C prejudicam o desenvolvimento do cafeeiro e limitam a exploração econômica, pois ocasiona baixos níveis de produtividade (SEDIYAMA et. al., 2001; PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008; BRASIL, 2009a). Portanto, tais áreas apresentam inaptidão térmica. Os limites térmicos toleráveis pelo cafeeiro são temperaturas máximas absolutas inferiores a 34°C, pois acima desse valor o florescimento é prejudicado, e temperaturas mínimas absolutas acima de 2°C, pois temperaturas inferiores ocasionam a morte dos tecidos da planta (SEDIYAMA et. al., 2001; FAZUOLI; THOMAZIELLO; CAMARGO, 2007).

Na avaliação da aptidão de uma região, quanto à disponibilidade hídrica, para o cultivo do cafeeiro não basta considerar a quantidade absoluta e média da precipitação anual,

é necessário verificar a distribuição das chuvas durante o ano, bem como a época e intensidade dos déficits e excessos hídricos (THOMAZIELLO et. al., 2000; CANECCHIO FILHO, 1987; PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

A combinação entre a temperatura e a precipitação influenciam na determinação das áreas aptas ao cultivo, pois, se por um lado, o estresse hídrico reduz a necessidade térmica da planta. Por outro, o excesso de água exige a elevação da temperatura para se completar os estádios fenológicos, que são determinantes na produtividade do cafeeiro (PETEK; SERA; FONSECA; 2009).

### **3.1. Fenologia do cafeeiro**

A fenologia das plantas refere-se aos seus hábitos de crescimento e desenvolvimento durante sua vida e depende das condições do ambiente (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

O cafeeiro arábica é uma planta especial, pois necessita de dois anos para completar o seu ciclo fenológico, diferentemente das outras plantas frutíferas perenes, que florescem na primavera e frutificam no mesmo ano (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Devido ao ciclo fenológico relativamente longo, o cafeeiro fica mais exposto às adversidades do clima, portanto é importante o entendimento da relação de cada fase fenológica com os fatores climáticos (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008; PETEK; SERA; FONSECA, 2009). Quanto aos riscos climáticos associados ao cultivo do cafeeiro, devido a perenidade da cultura, a planta está exposta a “geadas, ventos frios persistentes, veranicos frequentes, deficiências hídricas prolongadas, má distribuição do regime pluvial ao longo do ano, entre outros” (BRASIL, 2009a, p.22).

Diante disso, Camargo e Camargo (2001) apresentaram um esquema no qual é proposta a divisão do ciclo fenológico do cafeeiro arábica em seis fases, considerando as condições tropicais do Brasil (Tabela 1).

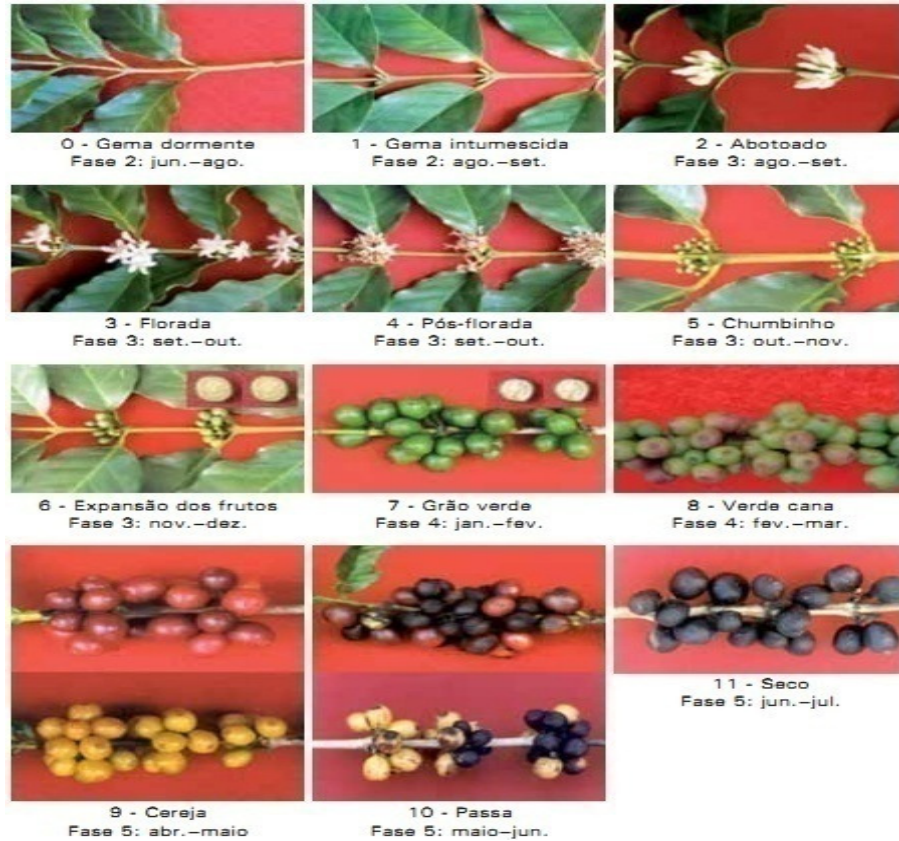
**Tabela 1: Fases e estádios fenológicos do cafeeiro arábica**

1º Ano fenológico – Período Vegetativo														
set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago			
<b>1ª Fase</b> Vegetação e formação das gemas foliares							<b>2ª Fase</b> Indução e maturação das gemas florais					Repouso		
														(0)
2º Ano fenológico – Período Reprodutivo														
set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago			
<b>3ª Fase</b> Florada, chumbinho e expansão dos frutos				<b>4ª Fase</b> Granação dos frutos			<b>5ª Fase</b> Maturação dos frutos			<b>6ª Fase</b> Repouso e senescência de ramos 3 <sup>os</sup> e 4 <sup>os</sup> Auto-poda				
													(1) (2) (3) (4)	(3) (4) (5)

Fontes: Camargo e Camargo (2001) e Pezzopane et. al. (2003), adaptado.

A esquematização proposta no modelo permite associação das exigências climáticas do cafeeiro com cada momento de seu ciclo, que foi representado em dois anos fenológicos divididos em seis fases distintas (Figura 1). O primeiro ano fenológico é composto por duas fases chamadas de fases vegetativas: vegetação e formação das gemas foliares e indução e formação das gemas florais. O segundo ano contempla quatro fases reprodutivas: florada, chumbinho e expansão dos frutos; granação dos frutos; maturação dos frutos e, finalmente, repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

Pezzopane et. al. (2003) propuseram, adicionalmente, uma escala para avaliação dos estádios fenológicos do cafeeiro arábica (Figura 1). A escala resultou em doze estádios (Figura 3) que correspondem, principalmente, às fases do segundo ano fenológico ou período reprodutivo, propostas por Camargo e Camargo 2001 (Tabela 1).



**Figura 1: Estádios fenológicos do cafeeiro arábica registrados por Pezzopane et. al. (2003)**

Fontes: Pezzopane et. al. (2003) e Brasil (2009a).

Assim, a numeração que aparece na Tabela 1 corresponde a escala que representa os doze estádios fenológicos do cafeeiro arábica (Figura 1), propostos por Pezzopane et. al. (2003), que foram associados, principalmente, às fases reprodutivas do segundo ano fenológico delineadas por Camargo e Camargo (2001). A escala é visual, na qual é atribuída uma nota para avaliar os estádios do cafeeiro arábica começando pela nota zero (Figura 1), conforme descrição: (0) gema dormente; (1) gema entumescida; (2) abotoado; (3) florada; (4) pós-florada; (5) chumbinho; (6) expansão dos frutos; (7) grão verde; (8) verde cana; (9) cereja; (10) passa e; (11) seco (PEZZOPANE et. al. 2003; PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

A utilidade da esquematização do ciclo vegetativo e reprodutivo do cafeeiro em fases fenológicas e a definição de uma escala para avaliar os estádios fenológicos, segundo Camargo e Camargo (2001) e Pezzopane et. al. (2003), é facilitar a identificação das exigências climáticas em cada fase e, principalmente, orientar pesquisas e observações associadas ao assunto.

A divisão do ciclo fenológico do cafeeiro em fases e estádios permite a compreensão da influência que os fatores climáticos exercem sobre a produtividade do cafeeiro, pois é possível avaliar as necessidades de cada fase fenológica e as consequências de condições adversas.

### **3.2. Evidências empíricas sobre o comportamento da produtividade do cafeeiro em relação aos fatores climáticos**

A relevância dos fatores climáticos em relação à produtividade do cafeeiro motivou o desenvolvimento de estudos empíricos. Estes estudos buscaram verificar a influência e/ou quantificar o impacto das variáveis climáticas na produtividade da planta de acordo com o comportamento de tais variáveis em cada fase fenológica (WEILL et. al., 1999; ARRUDA et. al., 2000; IAFFE et. al., 2000; CAMARGO et. al., 2001).

A modelagem matemática agrometeorológica é uma ferramenta que busca quantificar as relações entre a produtividade do cafeeiro e os fatores que interferem na produção, dentre eles os fatores climáticos (WEILL et. al., 1999; IAFFE et al, 2000).

A investigação da influência de fatores climáticos na produção de cafeeiros em Ribeirão Preto – SP, no período de 1957 a 1967, evidenciou correlações positivas da produtividade com as variáveis de precipitação acumulada e frequência de chuvas nos trimestres em que ocorreu a florada, o chumbinho e a expansão dos frutos. Foram observadas também, correlações negativas com a temperatura máxima no estádio do abotoamento e com a temperatura mínima no período de expansão dos frutos (IAFFE et. al., 2000).

Arruda et. al. (2000) observaram, em Pindorama – SP, que a frequência de chuvas destacou-se como fator de maior número de correlações com a produção. Estas correlações foram positivas nas fases da granação e da máxima vegetação. Nas fases do florescimento e do chumbinho as correlações foram negativas. A penalização da produtividade em função do aumento da frequência de chuvas na fase da florada e do chumbinho contraria os resultados encontrados por Iaffe et. al. (2000). As correlações significativas da produção com a temperatura foram negativas. Em relação a temperatura máxima, elas ocorreram nas fases do florescimento e da frutificação. A correlação negativa da temperatura mínima com a produção ocorreu na fase da maturação dos frutos (ARRUDA et. al., 2000).

A avaliação da influência de mais de 2.000 atributos de clima, solo e manejo na produção de café arábica, em dez lavouras comerciais do oeste paulista no período de seis anos, foi realizada por Weill et. al. (1999) através de correlações simples ( $r$ ). Os atributos que

apresentaram significância a 5% de probabilidade pelo teste *t* de Student foram combinados em sucessivas análises de regressão múltipla (método *backward*). Foram selecionadas três equações com 14, cinco e seis variáveis preditoras, com coeficiente de explicação ( $R^2$ ) da produção observada da ordem de 77%, 73% e 75%, respectivamente. A precipitação acumulada no terceiro (jul – ago - set) e no sexto trimestre (abr – mai – jun) apareceu somente no modelo com 14 variáveis. Enquanto a média das temperaturas mínimas absolutas nos meses dos trimestres da indução da gema floral (maio e junho) e no início da dormência das gemas (julho) esteve presente nos três modelos. Esta análise do efeito integrado dos diversos atributos analisados por regressão múltipla evidenciou que os fatores climáticos, individualmente, explicaram a maior parte da variação total observada na produção, sendo que sua influência mais marcante foi nas fases do abotoamento e florescimento.

Neste estudo, os resultados das análises de correlação entre a produção e os fatores climáticos evidenciaram a importância da precipitação pluviométrica e da temperatura nas fases de abotoamento, florescimento, máxima vegetação, granação e amadurecimento dos frutos. As correlações da produção com a quantidade e frequência da precipitação foram negativas na fase da maturação e da colheita para nove das dez lavouras avaliadas. Esta fase coincide com o início do abotoamento no ano seguinte. Este resultado relaciona-se com a necessidade de estresse hídrico, após a iniciação da gema floral, como estímulo para a liberação da dormência. Diversamente, na fase do florescimento, a correlação positiva com a quantidade e frequência da precipitação foi explicada pelo fato das primeiras chuvas, após a estação seca, representar um estímulo importante ao florescimento. De modo geral, as produções mostraram correlação positiva com a temperatura na fase da máxima vegetação, granação, e maturação e correlação negativa no abotoamento e florada (WEILL et. al., 1999).

A síntese dos principais resultados mostra que as correlações da produção com a precipitação acumulada foram positivas. Estas correlações ocorreram nas fases da máxima vegetação, abotoado, florada, chumbinho expansão dos frutos e granação (Quadro 2). Este resultado evidencia a importância da quantidade de chuvas nestas fases.

As correlações da produção com precipitação acumulada e com a frequência de chuvas na fase da maturação foram, na maioria dos casos, negativas (Quadro 2). Tal fato é justificado pela necessidade da estiagem nesta fase para o sucesso da produtividade.

Para a maioria das regiões sintetizadas no Quadro 2, as correlações com as variáveis de temperatura foram positivas nas fases da máxima vegetação, granação e maturação. Na fase do florescimento predominou correlações negativas.

**Quadro 2: Síntese dos resultados empíricos das correlações da produtividade com os fatores climáticos por fases fenológicas do café arábica**

Variável Climática	Fase ou Estádio Fenológico	Meses	Weill et. al. (1999)										Arruda et. al. (2000)	Iaffe et. al. (2000)			
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10			L11	L12	
Precipitação Acumulada (mm)	Máxima Vegetação	jan-fev-mar	+													+	
	Ind. Gema Floral	abr-mai-jun															
	Gema dormente	mai-jun-jul-ago-set	+	+		+											
	Gema Entumescida																
	Abotoado	Florada	ago-set-out	+	+		+										+
	Chumbinho	Expansão Frutos	nov-dez	+													
	Granação		jan-fev-mar	+												+	
Maturação	abr-mai-jun				-		-		-					+		+	
Frequência da Precipitação (n° dias)	Máxima Vegetação	jan-fev-mar					-		-							+	
	Ind. Gema Floral	abr-mai-jun															
	Gema dormente	mai-jun-jul-ago-set	+													+	
	Gema Entumescida																
	Abotoado	Florada	ago-set-out	+	+												-
	Chumbinho	Expansão Frutos	nov-dez		+												
	Granação		jan-fev-mar	-			-		-		-					+	
Maturação	abr-mai-jun	-			-		-		-							+	
Temperatura Máxima (°C)	Máxima Vegetação	jan-fev-mar				+				+					+		
	Ind. Gema Floral	abr-mai-jun				+				-							
	Gema dormente	mai-jun-jul-ago-set	-	-	-					+							-
	Gema Entumescida																
	Abotoado	Florada	ago-set-out	-	-												-
	Chumbinho	Expansão Frutos	nov-dez											+	-		-
	Granação		jan-fev-mar				+			+				+	+		
Maturação	abr-mai-jun				+			+	+	+			+	+			
Variável Climática	Fase ou Estádio Fenológico	Meses	Weill et. al. (1999)										Arruda et. al. (2000)	Iaffe et. al. (2000)			
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10			L11	L12	
Temperatura Mínima (°C)	Máxima Vegetação	jan-fev-mar															
	Ind. Gema Floral	abr-mai-jun								+							
	Gema dormente	mai-jun-jul-ago-set								+							
	Gema Entumescida																
	Abotoado	Florada	ago-set-out														
	Chumbinho	Expansão Frutos	nov-dez														
	Granação		jan-fev-mar														
Maturação	abr-mai-jun			+	+				+	+			+			-	

+ : correlações simples (r) positivas  
- : correlações simples (r) negativas

L1 a L10 – Lavouras cafeeiras comerciais estabelecidas na região da Alta Paulista, distribuídas em dez municípios do estado de São Paulo (Sagres, Pompéia, Garça, Iacri, Bastos, Herculândia, Marília, Vera Cruz, Gália 1 e Gália 2).  
L11 – Estação experimental do Instituto Agronômico, em Pindorama, no estado de São Paulo.  
L12 - Estação experimental do Instituto Agronômico, em Ribeirão Preto, no estado de São Paulo.

Fonte: Elaboração própria, a partir da revisão teórica.

O estudo das exigências climáticas em cada fase fenológica auxilia no processo decisório da cafeicultura. As informações geradas a partir destes estudos permitem identificar os principais fatores climáticos que interferem na atividade. Além disso, Weill et. al. (1999), Arruda et. al. (2000) e Iaffe et. al. (2000) defendem que estas informações subsidiam o planejamento de níveis de insumos e avaliações de práticas de manejo dentro das fazendas, o que propicia a economia de recursos.

### 3.3. Comportamento da absorção de fertilizantes pelo cafeeiro em relação aos fatores climáticos

No Brasil a exploração econômica do café requer a adubação e a correção das lavouras, devido ao predomínio de solos de baixa e média fertilidade (GUIMARÃES, 1986). Para este autor não existem níveis pré-determinados de nutrição do solo que sirvam como recomendação para a adubação, pois a quantidade de fertilizantes a serem aplicados depende de diversos fatores, como: o nível natural de fertilidade do solo e as condições climáticas específicas do local.

Para cafeeiros em produção Malavolta (1986) este autor propôs um esquema geral de fertilização no qual são feitas recomendações sobre períodos e substâncias a serem aplicadas nos cafezais (Quadro 3).

#### Quadro 3: Esquema geral para adubação do cafeeiro em produção

Tipo	Substância	Período	Aplicações
Adubação Foliar	Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ).	jan-fev-mar	1 a 2 vezes
		set-out-nov	1 a 2 vezes
Adubação do Solo	Nitrogênio, Fósforo, Potássio (Coberturas NPK).	jan-fev-mar-abr	2 a 3 vezes
		out-nov-dez	1 a 2 vezes

Fonte: Elaboração própria, a partir de revisão teórica.

As condições térmicas e hídricas influenciam no efeito ou absorção dos fertilizantes pelo cafeeiro. No caso do zinco (Zn) a temperatura, a umidade e a luz influenciam na absorção foliar (MALAVOLTA 1986; THOMAZIELLO et. al., 2000). Experimentos demonstram que a absorção deste elemento na presença de luz e em temperaturas de 30°C é o dobro daquela verificada a 17°C (BLANCO 1970 apud MALAVOLTA, 1986).

O nitrogênio (N) sofre perdas pela lixiviação do solo e a seca intensa aumenta a severidade da falta deste nutriente, pois diminui a capacidade de absorção pela planta. Períodos secos também dificultam a absorção de fósforo (P) e do potássio (K) devido à falta de umidade do solo. Quanto à fixação ao solo, tanto fósforo (P) quanto o potássio (K) são mais pesados do que o nitrogênio (N), portanto estão menos sujeitos a perdas por lixiviação. Apesar da possibilidade de perda do nitrogênio, a recomendação para a aplicação da cobertura NPK é que seja feita no período chuvoso, pois a umidade favorece a absorção dos nutrientes pela planta (MALAVOLTA, 1986; THOMAZIELLO et. al., 2000).

### **3.4. Comportamento (proliferação e controle) de pragas e doenças do cafeeiro em relação aos fatores climáticos**

O conhecimento das condições climáticas que favorecem o ataque de pragas e doenças nos cafezais é uma ferramenta útil no delineamento de estratégias de combate, o que pode propiciar a minimização dos insumos e do trabalho. O comportamento climático durante o ciclo fenológico do cafeeiro indica a possibilidade da ocorrência ou não de pragas ou doenças, do mesmo modo que influencia a produtividade. O domínio deste conhecimento é um passo significativo na produção integrada do café, a qual propõe a sustentabilidade ecológica, produtiva e econômica da atividade (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

A temperatura do ar e as condições hídricas são fatores climáticos de destaque no condicionamento da propagação de pragas e doenças. A temperatura é determinante nas diferenças regionais quanto ao nível de infestação. As chuvas apresentam condições mais ou menos favoráveis dependendo das exigências da praga ou da doença. As pragas e doenças podem atacar qualquer parte da planta, mas independente da parte afetada, a consequência é sempre a perda de produtividade e de longevidade do cafezal (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

As principais pragas e doenças que afetam o cultivo comercial do café no Brasil são o bicho mineiro, a broca do café e a ferrugem das folhas (THOMAZIELLO et. al., 2000; PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

No Quadro 4 foram sintetizadas as principais características das pragas e doenças que atacam os cafezais e, principalmente, as suas relações com os fatores climáticos.

**Quadro 4: Relação das principais pragas e doenças dos cafezais com os fatores climáticos**

Praga ou Doença	Período de ataque	Condição climática favorável à proliferação		Consequência
		Precipitação	Temperatura	
Bicho mineiro	--	Estiagem	Elevadas	Desfolha
Broca do café	Novembro a Janeiro	Chuvas	Amenas	Danificação dos frutos
Ferrugem das folhas	Dezembro a abril	Chuvas	Entre 21°C e 25°C	Desfolha intensa

Fonte: Elaboração própria, a partir de revisão teórica.

O conhecimento da forma de atuação, períodos de ataque e condições climáticas favoráveis à infestação de pragas e doenças auxilia no controle preventivo nas lavouras. Além disso, este conhecimento pode evitar o uso desnecessário de defensivos e agrotóxicos, reduzindo assim, os gastos com estes componentes.

**4. Aspectos Metodológicos**

O presente estudo caracterizou-se como quantitativo quanto à abordagem do problema de pesquisa, como descritivo quanto aos objetivos e como documental quanto ao método de procedimento, sendo que a fonte de dados foi secundária.

A amostra foi intencional, pois foi composta pelas cidades produtoras de café arábica que tem seu custo de produção disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (Quadro 5). Estas cidades são referências na produção do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil, ou seja, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Paraná e Bahia.

**Quadro 5: Amostra das cidades produtoras do café arábica**

Cidade	Período	Tamanho da amostra (n)
Franca – SP	2003 a 2012	n = 10
Londrina – PR	2007 a 2012	n = 06
Luís Eduardo Magalhães – BA	2003 a 2012	n = 10
São Sebastião do Paraíso - MG	2003 a 2012	n = 10
Patrocínio – MG	2003 a 2012	n = 10
Guaxupé – MG	2003 a 2012	n = 10
Manhuaçu – MG	2007 a 2012	n = 06
Venda Nova do Imigrante - ES	2008 a 2012	n = 05
<b>Total</b>	<b>--</b>	<b>n = 67</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa.

As variáveis do custo de produção do café arábica, utilizadas nesta pesquisa, foram extraídas da planilha de custos divulgada anualmente pela CONAB (2003; 2004; ... ; 2012). As variáveis selecionadas foram os gastos com a mão de obra, com as operações com máquinas, com fertilizantes, com defensivos e agrotóxicos e com os outros itens de custo. A

opção por estes cinco componentes do custo deve-se a sua representatividade média de 75% do custo total de produção do café (Apêndice I) e pela sua recorrência na literatura que investigou o comportamento do custo de produção do café arábica.

Os componentes de custo de produção são apresentados em R\$ por hectare, portanto os valores foram atualizados conforme o Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M para a data base de divulgação do custo em 2012.

Os dados climáticos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme procedimento de Sediya et. al. (2001) para realização de um zoneamento agroclimático do cafeeiro.

As variáveis climáticas selecionadas no banco de dados do INMET, após a avaliação quanto à sua qualidade e consistência, foram organizadas em um banco de dados por períodos trimestrais. A organização trimestral dos dados, durante o período investigado, coincidiu, aproximadamente, com as fases e estádios fenológicos do cafeeiro propostos por Camargo e Camargo (2001) e Pezzopane et. al. (2003), respectivamente. Esta divisão do ciclo fenológico do cafeeiro em trimestres foi baseada em estudos que investigaram as relações entre a produtividade do cafeeiro arábica e os fatores climáticos, conforme propuseram Weill et. al. (1999), Arruda et. al. (2000) e Iaffe et. al. (2000).

Os atributos climáticos selecionados (precipitação - mm, frequência de chuvas - dias, temperatura máxima média - °C, temperatura mínima média - °C, temperatura média - °C) foram combinados com os seis trimestre, o que resultou em 30 variáveis climáticas (Quadro 6). A seleção destas variáveis baseou-se na recorrência das condições de precipitação e de temperatura na literatura consultada e, também, na relação do comportamento destas condições, em cada fase ou estágio fenológico, com a produtividade do cafeeiro. Diante da particularidade desta planta quanto a sua fenologia, as variáveis climáticas foram defasadas em 18 meses (ou seis trimestres) em relação ao período da colheita, aproximadamente (Quadro 6), de forma semelhante àquela proposta por Weill et. al. (1999), Arruda et. al. (2000) e Iaffe et. al. (2000). A principal diferença foi que estes autores investigaram o comportamento da produtividade do cafeeiro arábica em relação aos fatores climáticos e o presente trabalho, se propões a investigar o comportamento observado é o do custo de produção do café arábica em relação aos mesmos fatores.

**Quadro 6: Descrição das variáveis climáticas trimestrais de acordo com as fase e estádios fenológicos**

Trimestre	Meses	Ano Civil	Fase ou Estádio Fenológico	Precipitação		Temperatura		
				PA (mm)	PF (dias)	TMÁXm	TMÍNm (°C)	Tm
1	jan-fev-mar	Ano X-1	MV	PA <sub>t1</sub>	PF <sub>t1</sub>	TMAX <sub>mt1</sub>	TMIN <sub>mt1</sub>	Tmt <sub>1</sub>
2	abr-mai-jun	Ano X-1	IGF	PA <sub>t2</sub>	PF <sub>t2</sub>	TMAX <sub>mt2</sub>	TMIN <sub>mt2</sub>	Tmt <sub>2</sub>
3	jul-ago-set	Ano X-1	GD/ GE / A / F	PA <sub>t3</sub>	PF <sub>t3</sub>	TMAX <sub>mt3</sub>	TMIN <sub>mt3</sub>	Tmt <sub>3</sub>
4	out-nov-dez	Ano X-1	F / CH / EF	PA <sub>t4</sub>	PF <sub>t4</sub>	TMAX <sub>mt4</sub>	TMIN <sub>mt4</sub>	Tmt <sub>4</sub>
5	jan-fev-mar	Ano X	G	PA <sub>t5</sub>	PF <sub>t5</sub>	TMAX <sub>mt5</sub>	TMIN <sub>mt5</sub>	Tmt <sub>5</sub>
6	abr-mai-jun	Ano X	M	PA <sub>t6</sub>	PF <sub>t6</sub>	TMAX <sub>mt6</sub>	TMIN <sub>mt6</sub>	Tmt <sub>6</sub>

Fases ou Estádio Fenológico

MV – Máxima Vegetação; IGF – Indução das Gemas Florais; GD – Gema Dormente; GE – Gema Entumescida; A – Abotoado; F- Florada; CH – Chumbinho; EF – Expansão dos Frutos; G – Granação; M – Maturação.

Variáveis Climáticas e Ambientais

PA – Precipitação Acumulada (mm); PF – Frequência de Chuvas (dias); TMAXm – Temperatura Máxima média (°C); TMÍNm – Temperatura Mínima média (°C); Tm – Temperatura média (°C)

**Fonte:** Elaboração própria.

Assim, após definidas as variáveis de custo e as variáveis climáticas, observou-se o comportamento dos componentes do custo de produção (mão de obra, operações com máquinas, fertilizantes, defensivos e agrotóxicos e outros itens) em relação aos fatores climáticos nas diversas fases e estádios fenológicos do café arábica.

A interpretação e análise do resultado das influências dos fatores climáticos sobre os componentes mão de obra, operações com máquinas e outros itens de custo de produção foram feitos a partir da comparação com os efeitos dos fatores climáticos sobre a produtividade do cafeeiro. Tal analogia deve-se a relação destes componentes de custo com a produtividade. Em períodos de produtividade mais elevada estes itens são mais onerados, principalmente, na fase da colheita. No caso dos fertilizantes se considerou os períodos recomendados para a adubação e os efeitos que as condições climáticas exercem sobre a capacidade de absorção destas substâncias pela planta. Para os defensivos e agrotóxicos, além do critério utilizado para os fertilizantes, observou-se a relação das condições climáticas com a proliferação ou controle de pragas e doenças.

A observação foi dividida em duas etapas. Primeiramente, procedeu a uma análise descritiva do custo de produção e das condições climáticas em cada cidade durante o período analisado e na segunda etapa foi aplicada a análise de regressão múltipla ( $R^2$ ).

O procedimento de regressão linear múltipla escolhido foi o método *backward* como é chamado no SPSS<sup>®</sup>. Neste procedimento o *software* inclui na modelagem inicial todos os previsores, verifica a contribuição e a significância do teste *t* de cada um e exclui aqueles que não apresentarem significância estatística (FÁVERO et. al., 2009; FIELD, 2009).

As variáveis de precipitação e temperatura foram incluídas no modelo por blocos, devido a quantidade relativamente grande, ou seja, 30 variáveis climáticas para 67 observações ( $n = 67$ ). Pois, uma das regras para determinar o tamanho da amostra adequada para análises de regressão diz que devem existir no mínimo dez observações ( $n = 10$ ) para cada variável preditora (FIELD, 2009). Assim, diante de uma amostra de 67 observações ( $n = 67$ ) podem ser incluídos no modelo até seis previsores.

Assim, cada variável dependente (mão de obra, operações com máquinas, fertilizantes, defensivos e agrotóxicos e outros itens) foi combinada com cada um dos cinco blocos de variáveis climáticas (PA, PF, TMAXm, Tm e TMINm), nos quais foram incluídas seis variáveis predictoras (PA: PAt1, PAt2, ..., PAt6; PF: PFt1, PFt2, ..., PFt6; TMAXm: TMAXmt1, TMAXmt2, ..., TMAXmt6; Tm: Tmt1, Tmt2, ..., Tmt6; TMINm: TMINmt1, TMINmt2, ..., TMINmt6).

O comportamento dos custos de produção em relação aos fatores climáticos, para todas as cidades conjuntamente, foi avaliado a partir da análise dos resultados da regressão, em que se observou os valores da significância do modelo (ou teste  $F$ ), da significância individual de cada variável preditora (ou teste  $t$ ) e do coeficiente de explicação ( $R^2$ ). Para esta pesquisa adotou-se o intervalo de 95% de confiança, tanto para o teste  $F$ , quanto para o teste  $t$ . Ademais, verificou-se os pressupostos do modelo clássico de regressão linear múltipla da existência da independência do erro (ou resíduos) e de que não existe relação linear exata entre as variáveis predictoras foram verificadas pelo teste de Durbin-Watson e pela estatística FIV (Fator de Inflação de Variância), respectivamente.

## 5. Resultados Obtidos

A cidade de Luís Eduardo Magalhães destaca-se pelo emprego da mecanização e tecnologia de ponta nas lavouras e pelo perfil de cultivo, predominantemente, irrigado. Além disso, esta cidade apura os níveis mais elevados de produtividade em relação às demais cidades (Apêndice III).

Londrina é uma cidade que se diferencia das demais pelo sistema de colheita seletiva adotado nas lavouras. Este sistema é também conhecido por colheita a dedo e permite que os grãos sejam colhidos no estágio de maturação cereja, que é o momento ideal para a colheita do café, pois proporciona um produto de melhor qualidade. Nesse tipo de colheita são retirados do cafeeiro somente os grãos maduros, um a um, o que significa que uma mesma planta é colhida mais de uma vez. Dessa forma, a cafeicultura em Londrina requer maior

contingente de mão de obra nas lavouras. Outra questão de destaque em Londrina é o fato de que as variedades mais cultivadas são aquelas de baixo porte, mais resistentes a pragas, portanto exige menor uso de agrotóxicos e, além disso, o cultivo no estado do Paraná não necessita de irrigação. Esta cidade está entre aquelas menos produtivas (Apêndice III).

A cidade com o menor índice de produtividade dentre as cidades estudadas é Venda Nova do Imigrante, conforme Apêndice III.

No período de 2003 a 2012 as cidades com o custo de produção mais elevado foram Luís Eduardo Magalhães e Londrina e a cidade com menor custo foi Venda Nova do Imigrante (Apêndice I). O maior custo verificado na cidade de Luís Eduardo Magalhães pode estar associado ao emprego da alta tecnologia nas lavouras, o que ocasionou os maiores níveis de produtividade do período. Londrina é a cidade com o segundo maior custo e terceira menor produtividade. No caso do custo elevado pode ser explicado pelo fato de que o cultivo do café nesta cidade requer maior contingente de mão de obra devido a colheita seletiva. Em relação a produtividade inferior, um dos fatores de causa pode ser a falta de tradição no uso de tecnologia nos cafezais. Venda Nova do Imigrante tem o menor custo e a menor produtividade, o que pode estar relacionado ao perfil convencional de cafeicultura, ou seja, com pouco ou nenhum emprego de tecnologia no cultivo.

A observação do comportamento das condições climáticas em todas as cidades demonstra que estas três cidades, Luís Eduardo Magalhães, Londrina e Venda Nova do Imigrante, são aquelas que possuem combinação mais adversa dos fatores climáticos, ou seja, temperatura e quantidade e frequência de chuvas (Apêndice II).

Em relação ao volume de chuvas anuais apenas Luís Eduardo Magalhães apresentou níveis abaixo da média (uma média de 911mm/ano), conforme Apêndice II e Apêndice III. Londrina e Venda Nova do Imigrante apresentaram índices pluviométricos médios adequados à cafeicultura de 1.690mm/ano e 1.365mm/ano (Apêndice III), respectivamente, porém com distribuição desfavorável, pois não foi observado um período de estiagem bem definidos nos meses de junho, julho e agosto, como ocorreu nas demais cidades (Apêndice II). Este período de estiagem é necessário na época de repouso e quebra de dormência das gemas florais para provocar uma florada bem definida a partir de setembro e, conseqüentemente, favorecer uma maturação uniforme a partir de abril do ano subsequente. Tais condições podem garantir melhores níveis de produtividade.

Em relação à temperatura estas três cidades apresentaram temperaturas máximas e médias mais elevadas em comparação com as demais, conforme Apêndice II e Apêndice III.

Na cidade de Luís Eduardo Magalhães a temperatura máxima e a média ficaram em torno de 33°C e 26°C, respectivamente (Apêndice III). Este comportamento térmico desfavorável à cafeicultura associado aos índices pluviométricos inferiores torna possível a cafeicultura nesta cidade somente se for conduzida com alta tecnologia, principalmente, aquela associada a irrigação. A irrigação é uma tecnologia que apresenta alto custo de implantação e manutenção, porém apresenta a vantagem de controlar a distribuição de água de acordo com as necessidades da planta em cada uma de suas fases fenológicas.

A temperatura média acima daquelas propícias à cultura de 23°C e 24°C em Londrina e Venda Nova do Imigrante (Apêndice III), respectivamente, não inviabiliza a cafeicultura nestas cidades, pois a necessidade hídrica sofre interferência térmica e vice-versa. Esta constatação foi feita por Petek, Sera e Fonseca (2009) em estudo que investigou as exigências climáticas no desenvolvimento e maturação do cafeeiro na cidade de Londrina.

A produtividade destas cidades pode estar sendo prejudicada, primeiro, pelas condições climáticas adversas e, depois, pela não tradição do emprego da tecnologia nas lavouras para suprir o comportamento climático adequado. A produtividade baixa onera o custo unitário de produção e prejudica a competitividade do produto. Na cidade de Luís Eduardo Magalhães o comportamento climático desfavorável é suprido pela tecnologia de ponta utilizada nas lavouras o que proporciona os maiores níveis de produtividade, porém a custos mais elevados.

Nas demais cidades (Patrocínio, Guaxupé, São Sebastião do Paraíso, Manhuaçu e Franca) a quantidade e frequência de chuvas e a temperatura comportam-se dentro dos limites exigidos pelo cafeeiro (Apêndice II e Apêndice III).

Os modelos gerados pelas regressões múltiplas foram todos significativos (sig.  $F < 0,05$ ), exceto os modelos que relacionaram os outros itens com o bloco das variáveis de temperatura mínima média (TMINmt1, TMINmt2, TMINmt3, TMINmt4, TMINmt5, TMINmt6) e com o bloco da temperatura média (Tmt1, Tmt2, Tmt3, Tmt4, Tmt5, Tmt6). No primeiro caso foram gerados sete modelos, porém nenhum demonstrou-se significativo e no segundo caso, dos seis modelos gerados, somente um foi significativo (Tabela 1). Este resultado sugere que o conjunto da temperatura mínima média e a temperatura média não são boas variáveis para predizer o custo dos outros itens.

A observação da presença de variáveis climáticas significativas (sig.  $t < 0,05$ ) nos modelos gerados evidenciou a importância das condições pluviométricas, tanto a quantidade

quanto a distribuição de chuvas, no terceiro e quarto trimestre (PA<sub>t3</sub>, PA<sub>t4</sub>, PF<sub>t3</sub> e PF<sub>t4</sub>). Estas variáveis foram aquelas presentes no maior número dos modelos (Tabela 1).

**Tabela 1: Quantidade de modelos significativos gerados (sig.  $F < 0,05$ ) e número de repetições das variáveis climáticas significativas (sig.  $t < 0,05$ ) presentes nos modelos significativos.**

Variável Climática	Mão de Obra		Operações com Máquinas		Fertilizantes		Defensivos e Agrotóxicos		Outros Itens		Total Md	Total RP
	Md	Rp	Md	Rp	Md	Rp	Md	Rp	Md	Rp		
PA <sub>t1</sub>		2		0		0		0		0		2
PA <sub>t2</sub>		0		2		3		0		0		5
PA <sub>t3</sub>		5		0		2		2		4	23	13
PA <sub>t4</sub>	5	0	4	4	5	5	4	4	5	0		13
PA <sub>t5</sub>		0		4		2		0		5		11
PA <sub>t6</sub>		0		4		0		2		0		6
PF <sub>t1</sub>		1		0		0		0		0		1
PF <sub>t2</sub>		0		0		0		0		5		5
PF <sub>t3</sub>		6		5		5		1		5	24	22
PF <sub>t4</sub>	6	0	5	5	5	5	3	3	5	0		13
PF <sub>t5</sub>		0		0		0		3		0		3
PF <sub>t6</sub>		0		0		0		1		0		1
TMAX <sub>mt1</sub>		2		0		0		6		0		8
TMAX <sub>mt2</sub>		3		0		2		0		0		5
TMAX <sub>mt3</sub>		0		4		2		0		5	25	11
TMAX <sub>mt4</sub>	3	1	4	0	4	0	6	6	8	8		15
TMAX <sub>mt5</sub>		0		1		4		6		2		13
TMAX <sub>mt6</sub>		3		3		0		6		0		12
TMIN <sub>mt1</sub>		3		0		0		5		0		8
TMIN <sub>mt2</sub>		0		0		0		0		0		0
TMIM <sub>mt3</sub>		0		0		0		0		0		0
TMIM <sub>mt4</sub>	4	4	5	5	5	5	5	5	0*	0	19	19
TMIN <sub>mt5</sub>		4		1		5		5		0		15
TMIN <sub>mt6</sub>		2		0		0		0		0		2
Tmt1		0		0		0		0		1		1
Tmt2		6		0		0		4		0		10
Tmt3		6		3		3		6		0	19	18
Tmt4	6	0	3	1	3	1	6	0	1**	0		2
Tmt5		5		3		1		2		0		11
Tmt6		3		1		1		0		0		5
<b>Número de variáveis</b>		<b>16</b>		<b>15</b>		<b>15</b>		<b>17</b>		<b>08</b>		<b>28</b>

Variáveis Climáticas:

PA – Precipitação Acumulada (mm); PF – Frequência de Chuvas (n° dias); TMAX<sub>m</sub> – Temperatura Máxima média; Md - Quantidade de modelos significativos gerados (sig.  $F < 0,05$ ).

Rp – Número de repetições das variáveis climáticas significativas (sig.  $t < 0,05$ ) nos modelos significativos.

\* Foram gerados sete modelos, porém nenhum foi significativo a sig.  $F < 0,05$ .

\*\* Foram gerados seis modelos, porém somente um foi significativo a sig.  $F < 0,05$ .

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa.

No terceiro trimestre ocorre a quebra da dormência das gemas florais e o início da florada. O quarto trimestre é marcado pelo término da florada e pela formação e expansão do chumbinho. Na fase da quebra da dormência é necessária a ocorrência de restrição hídrica seguida de chuvas para induzir o florescimento uniforme e o pegamento floral e na fase

subsequente, bons índices pluviométricos são importantes na formação do fruto. Estas duas fases são decisivas na produtividade do cafeeiro.

A precipitação acumulada no terceiro trimestre (PA<sub>t3</sub>) foi significativa para prever o custo da mão de obra em todos os modelos e também, em quatro dos cinco modelos gerados para os outros itens. A precipitação acumulada no quarto trimestre (PA<sub>t4</sub>) foi variável de destaque nos modelos gerados para o custo de operações com máquinas, fertilizantes e defensivos e agrotóxicos. Além destas duas variáveis, a precipitação acumulada no quinto trimestre (PA<sub>t5</sub>) apareceu em todos os modelos das operações com máquinas e de outros itens (Tabela 1).

A frequência de chuvas no terceiro trimestre (PF<sub>t3</sub>) esteve presente em todos os modelos gerados para a mão de obra, as operações com máquinas, os fertilizantes e os outros itens. No quarto trimestre a frequência de chuvas (PF<sub>t4</sub>) foi significativa em todos os modelos gerados para as operações com máquinas, os fertilizantes e os defensivos e agrotóxicos (Tabela 1).

As condições térmicas mostraram-se mais relevantes no quarto e quinto trimestre, no caso da temperatura máxima média e temperatura mínima média (TMAX<sub>mt4</sub> e TMAX<sub>mt5</sub>). A relevância da temperatura média ficou evidenciada no segundo, terceiro e quinto trimestre (T<sub>mt2</sub>, T<sub>mt3</sub> e T<sub>mt5</sub>). Nestes trimestres foi identificado o maior número destas variáveis climáticas significativas (sig.  $t < 0,05$ ) presentes nos modelos (Tabela 1).

No quarto trimestre a temperatura é importante para a produção do cafeeiro, pois a elevação acima dos limites toleráveis provoca o abortamento floral. No quinto trimestre, quando ocorre a granação dos frutos, os efeitos da temperatura sobre a produção estão associados com a pluviosidade.

A temperatura máxima média no quarto trimestre (TMAX<sub>mt4</sub>) esteve em todos os modelos de defensivos e agrotóxicos e de outros itens e a do quinto trimestre (TMAX<sub>mt5</sub>) em todos os modelos de fertilizantes e defensivos e agrotóxicos (Tabela 1).

As temperaturas máximas no quarto e quinto trimestre (TMAX<sub>mt4</sub> e TMAX<sub>mt5</sub>), praticamente, não estiveram presentes nos modelos de previsão da mão de obra e das operações com máquinas. Para o primeiro componente de custo destacaram-se a temperatura máxima média no primeiro, no segundo e no sexto trimestre (TMAX<sub>mt1</sub>, TMAX<sub>mt2</sub> e TMAX<sub>mt6</sub>). Para o segundo destacaram-se a temperatura máxima média no terceiro e sexto trimestre (TMAX<sub>mt3</sub> e TMAX<sub>mt6</sub>), conforme Tabela 1.

As temperaturas mínimas no quarto e quinto trimestre (TMINmt4 e TMINmt5) foram significativas em todos os modelos para todos os componentes de custo, exceto no caso de outros itens que não foram gerados modelos significativos (Tabela 1).

A temperatura média destacou-se no terceiro trimestre (Tmt3), pois foi evidenciada como significativa em 18 dos 19 modelos gerados no total.

Nos modelos de previsão de custo do café arábica foram significativas 16, 15, 15, 17 e oito das 30 variáveis climáticas estudadas para prever o custo da mão de obra, das operações com máquinas, dos fertilizantes, dos defensivos e agrotóxicos e de outros itens, respectivamente (Tabela 1).

De maneira geral, observou-se a importância das condições climáticas, principalmente nas fases da dormência das gemas, abotoado e início da florada; da florada, chumbinho e expansão dos frutos e da granação. Nestas fases foram identificados o maior número de variáveis de precipitação e temperatura significativas (sig.  $t < 0,05$ ) presentes nos modelos gerados para prever o custo dos componentes de produção do café arábica. Nesta fase, Weill et. al. (1999) identificaram relações significativas das condições climáticas com a produtividade do cafeeiro.

Para todas as regressões geradas foi obtido somente um modelo significativo (sig.  $F < 0,05$ ) em que os parâmetros da equação, inclusive a constante, fossem significativos (sig.  $t < 0,05$ ), exceto para a regressão entre outros itens e a temperatura mínima média, em que não foi gerado nenhum modelo significativo. De maneira geral, as regressões com a temperatura apresentaram maior preditivo ( $R^2$ ) dos componentes do custo de produção do café arábica do que as variáveis de precipitação. No entanto, a maioria dos modelos obtidos apresentaram problemas de autocorrelação dos resíduos e de multicolinearidade (Apêndice IV), tanto nas com a quantidade e frequência de chuvas quanto com as temperaturas.

Os parâmetros das equações de regressão linear múltipla entre os componentes do custo de produção e as variáveis climáticas evidenciaram a importância da precipitação no terceiro e quarto trimestre, tanto da quantidade quanto da frequência das chuvas (PAT3, PAT4, PFT3 e PFT4). Estas variáveis correlacionaram com quatro, três, cinco e três dos cinco componentes de custo analisados, respectivamente (Quadro 7).

O sinal dos parâmetros das equações mostra o sentido da correlação entre as variáveis dependentes e preditoras. As correlações significativas (sig.  $t < 0,05$ ) entre os componentes de custo e as variáveis climáticas nestes trimestres foram negativas, exceto com a mão de obra, conforme o Quadro 7. Os gastos com a mão de obra, com as operações com máquinas e com

os outros itens estão relacionados ao nível de produtividade das lavouras. Para as operações com máquinas e outros itens este resultado foi semelhante àquele encontrado por Weill et. al. (1999). Em um dos modelos agrometeorológicos selecionados pelos autores, o sinal do parâmetro da equação de regressão entre a produtividade e a precipitação acumulada no terceiro trimestre foi negativo.

**Quadro 7: Síntese dos parâmetros das equações de regressão múltipla ( $R^2$ ) entre os componentes de custo e as variáveis climáticas significativas (sig.  $t < 0,05$ )**

Variáveis Climáticas	Fase ou Estádio Fenológico	Mão de Obra	Operações com Máquinas	Fertilizantes	Defensivos e Agrotóxicos	Outros Itens	Número de correlações (sig. $t < 0,05$ )
PA1	MV	1,78	--	--	--	--	01
PA2	IGF	--	-2,40	--	--	--	01
<b>PA3</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	<b>8,44</b>	--	<b>-3,18</b>	<b>-2,00</b>	<b>-0,41</b>	<b>04</b>
<b>PA4</b>	<b>F / CH / EF</b>	--	<b>-1,71</b>	<b>-1,79</b>	<b>-1,15</b>	--	<b>03</b>
PA5	GD / GE / A / F	--	-2,32	--	--	-0,22	02
PA6	M	--	-2,26	--	-1,49	--	02
PF1	MV	47,79	--	--	--	--	01
PF2	IGF	--	--	--	--	9,67	01
<b>PF3</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	<b>104,02</b>	<b>-52,70</b>	<b>-53,58</b>	<b>-24,09</b>	<b>-7,73</b>	<b>05</b>
<b>PF4</b>	<b>F / CH / EF</b>	--	<b>-31,72</b>	<b>-44,63</b>	<b>-19,44</b>	--	<b>03</b>
PF5	GD / GE / A / F	--	--	--	19,27	--	01
PF6	M	--	--	--	-16,48	--	01
TMAXmt1	MV	397,64	--	--	-128,62	--	02
TMAXmt2	IGF	-704,40	--	--	--	--	01
<b>TMAXmt3</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	--	<b>265,94</b>	<b>265,82</b>	--	<b>45,02</b>	<b>03</b>
<b>TMAXmt4</b>	<b>F / CH / EF</b>	<b>299,00</b>	--	<b>-182,40</b>	<b>178,87</b>	<b>-58,65</b>	<b>04</b>
<b>TMAXmt5</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	--	<b>-137,41</b>	<b>242,13</b>	<b>-268,61</b>	<b>26,75</b>	<b>04</b>
<b>TMAXmt6</b>	<b>M</b>	<b>-372,27</b>	<b>262,41</b>	--	<b>266,43</b>	--	<b>03</b>
TMINmt1	MV	445,83	--	--	-162,19	--	02
TMINmt2	IGF	--	--	--	--	--	00
TMIMmt3	GD / GE / A / F	--	--	--	--	--	00
<b>TMIMmt4</b>	<b>F / CH / EF</b>	<b>-564,15</b>	<b>416,81</b>	<b>500,03</b>	<b>409,58</b>	--	<b>04</b>
<b>TMINmt5</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	<b>548,86</b>	<b>-161,61</b>	<b>-306,29</b>	<b>-199,47</b>	--	<b>04</b>
TMINmt6	M	-337,75	--	--	--	--	01
Tmt1	MV	--	--	--	--	-19,55	01
Tmt2	IGF	-697,72	--	--	319,32	--	02
<b>Tmt3</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	<b>672,82</b>	<b>-478,30</b>	<b>-418,10</b>	<b>-289,12</b>	--	<b>04</b>
Tmt4	F / CH / EF	--	291,98	225,56	--	--	02
<b>Tmt5</b>	<b>GD / GE / A / F</b>	<b>179,84</b>	<b>-241,20</b>	<b>-218,12</b>	--	--	<b>03</b>
Tmt6	M	--	284,52	237,45	--	--	02

Variáveis Climáticas:

PA – Precipitação Acumulada (mm); PF – Frequência de Chuvas (nº dias); TMAXm – Temperatura Máxima média; TMÍN (°C); Temperatura Mínima média (°C); Tm – Temperatura média (°C).

Fase ou Estádio Fenológico:

MV – Máxima Vegetação; IGF – Indução das Gemas Florais; GD – Gema Dormente; GE – Gema Entumescida; A – Abotoado; F- Florada; CH – Chumbinho; EF – Expansão dos Frutos; G – Granação; M – Maturação.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa.

As correlações negativas de fertilizantes com a PA4 e PF4 podem estar relacionadas a necessidade do aumento da umidade para potencializar a absorção dos nutrientes aplicados

ao solo neste trimestre (out-nov-dez), o que pode reduzir o número de aplicações subsequentes.

No caso de defensivos e agrotóxicos as correlações negativas com as condições pluviométricas são justificadas sob o aspecto de que o aumento da quantidade e do número de dias com chuvas podem atuar no controle de algumas pragas, por exemplo, o bicho mineiro. Este comportamento pode reduzir os gastos com defensivos e agrotóxicos.

De maneira geral, observou-se que as temperaturas (máxima média, mínima média e média) foram significativas nos modelos gerados para mais de três componentes de custo, nas fases da dormência das gemas, abotoado, início da florada; da florada, chumbinho e expansão dos frutos; da granação e da maturação. Este resultado diverge de Weill et. al. (1999), pois nos três modelos agrometeorológicos selecionados a temperatura mínima média esteve presente na fase da indução da gema floral.

Diante das evidências de que as correlações das temperaturas com a produção são sempre positivas, exceto a época do florescimento (WEILL et. al., 1999), não foi possível observar nenhum padrão de comportamento das correlações entre esta variável climática e o custo da mão de obra, das operações com máquinas e dos outros itens.

Para os fertilizantes a elevação da temperatura pode facilitar a absorção da adubação foliar recomendada para os meses de janeiro a março e setembro a novembro. Assim, os gastos com fertilizantes poderiam ser reduzidos pela desnecessidade de aplicações subsequentes. No primeiro trimestre (jan-fev-mar) não ocorreu nenhuma correlação significativa desta variável climática com fertilizantes. No quarto trimestre (out-nov-dez) as correlações com a temperatura máxima média e mínima média foram negativas conforme o esperado, porém no caso da temperatura média foi positiva.

Em relação aos defensivos e agrotóxicos a elevação da temperatura favorece o ataque do bicho mineiro, porém pode controlar a infestação da broca do café e da ferrugem das folhas. No caso dos dois últimos o período ideal para o controle vai de novembro a abril, ou seja, ocorre principalmente no quarto e quinto trimestre. Assim, esperava-se que nestes trimestres as correlações das temperaturas com defensivos e agrotóxicos fossem negativas, o que foi possível observar somente no quinto trimestre para as temperaturas máximas médias e mínimas médias (TMAXmt5 e TMINmt5).

No entanto, os resultados das interferências climáticas no custo de produção do café arábica apurados de forma conjunta, nas regressões lineares múltiplas ( $R^2$ ) exigem um estudo mais refinado. Primeiro, em função dos problemas de autocorrelação dos resíduos e de

multicolinearidade apontados nas regressões, conforme pode ser observado no Apêndice IV deste trabalho. Depois pelas divergências encontradas em relação aos trabalhos que investigaram a interferência dos fatores climáticos na produtividade do cafeeiro.

## 6. Considerações Finais

A representatividade econômica da cafeicultura para o Brasil relaciona-se com a sua participação no mercado externo e com a sua importância para muitos municípios brasileiros, pois envolve o desenvolvimento de atividades diretas e indiretas, associadas à produção, ao processamento e ao consumo. Como a comercialização do café ocorre na forma de *commodity*, a gestão de seus custos de produção é fundamental para garantir a sustentabilidade econômica do negócio. A revisão teórica deste trabalho permitiu identificar estudos que verificaram o comportamento dos custos de produção do café em relação ao preço de venda, em relação à tributação e em relação aos preços de *commodity* não agrícolas, tais como: petróleo, minério de ferro, superfosfato, ureia e potássio.

Assim, foi possível observar a interferência de diversos fatores na formação dos custos da cafeicultura. Apesar do avanço tecnológico para a adaptabilidade da cafeicultura a regiões inapropriadas e para a melhoria da resistência da planta as adversidades do ambiente, o clima é considerado o principal fator de influência no desempenho produtivo da planta e, conseqüentemente, na formação dos custos de produção.

Diante disso, o presente estudo se propôs a identificar as principais influências que os fatores climáticos exerceram sobre o custo de produção da cultura do café arábica, no período de 2003 a 2012, nas cidades representantes dos principais estados produtores de café do Brasil. A consecução deste objetivo foi possível com a descrição da composição dos custos de produção e das condições climáticas de cada cidade e com a aplicação da análise de regressão linear múltipla ( $R^2$ ).

Em Luís Eduardo Magalhães ocorreram as temperaturas anuais mais altas, índices pluviométricos insuficientes para a cafeicultura e o maior custo de produção. Londrina e Venda Nova dos Imigrantes ficaram em terceiro e segundo lugar, respectivamente, nas condições térmicas mais elevadas. Nestas duas cidades foram registrados índices pluviométricos propícios a cultura, porem com distribuição inadequada durante o ciclo fenológico da planta. Em Londrina foi apurado o segundo maior custo de produção no período e em Venda Nova dos Imigrantes o menor. A disparidade entre o custo de produção das duas cidades pode ser explicado pelo sistema de colheita seletiva adotado na maioria dos

cafezais de Londrina. Londrina e Venda Nova dos Imigrantes estão entre as cidades com menor produtividade, enquanto que Luís Eduardo Magalhães apresenta a maior produtividade dentre todas as cidades estudadas. Nas demais cidades o comportamento das condições climáticas são favoráveis ao cultivo do café arábica e possuem estrutura de custos mais semelhantes.

A análise dos dados por meio de regressão linear múltipla ( $R^2$ ) entre o custo de produção e as variáveis climáticas destacou a influência da precipitação acumulada e frequência de chuvas nas fases da dormência das gemas, abotoado e início da florada (terceiro trimestre) e da florada, chumbinho e expansão dos frutos (quarto trimestre). No caso das temperaturas, observou-se o maior número de variáveis significativas presentes nos modelos nas fases da florada, chumbinho e expansão dos frutos (quarto trimestre) e da granação (quinto trimestre) para a temperatura máxima média e mínima média. Nas fases da indução da gema floral (segundo trimestre); da dormência das gemas, abotoado e início da florada (terceiro trimestre) e da granação (quinto trimestre) estiveram presentes o maior número de variáveis significativas da temperatura média presentes nos modelos. Este resultado corrobora, em parte, com aqueles obtidos por Weill et. al. (1999). Em relação às condições pluviométricas, de acordo com este autor, a precipitação acumulada no terceiro trimestre demonstrou-se importante para prever a produção. Porém, no caso das temperaturas do terceiro ao sexto trimestre nenhuma delas foi evidenciada nos três modelos selecionados por estes autores. Nestes modelos foi destacada a temperatura mínima no segundo trimestre. A temperatura máxima média na fase da granação foi evidenciada no resultado das correlações simples ( $r$ ) de Weill et. al. (1999).

De maneira geral, nas fases da dormência das gemas, abotoado e início da florada; florada, chumbinho e expansão dos frutos e da granação foram identificados o maior número de variáveis significativas de precipitação e de temperatura presentes nos modelos para prever o custo de produção do café arábica. Nestes modelos foram significativas 16, 15, 15, 17 e oito das 30 variáveis climáticas estudadas com o potencial de prever o custo da mão de obra, das operações com máquinas, dos fertilizantes, dos defensivos e agrotóxicos e dos outros itens, respectivamente.

Todas as regressões múltiplas com os componentes de custos geraram modelos significativos, exceto no caso de outros itens. Para este componente, nenhum dos sete modelos com o bloco da temperatura mínima foi significativo. Os modelos com a temperatura média, somente um modelo dos seis gerados foi significativo.

A relevância deste estudo está associada, principalmente, a contribuição teórica relativa ao comportamento do custo de produção do café arábica em relação aos fatores climáticos, principalmente, as condições térmicas e hídricas. Na prática, este conhecimento teórico pode auxiliar no desenvolvimento de sistema de gerenciamento dos custos de produção da cafeicultura e na compreensão de como eles são formados dentro das propriedades. A utilidade deste conhecimento relaciona-se com a possibilidade de fornecimento de subsídios para o planejamento da atividade por autoridades governamentais, por órgãos de classe e por cooperativas.

No entanto, a inexistência de parâmetros para comparar os resultados deste trabalho, devido a escassez de pesquisas que busquem as relações entre o custo de produção do café e o clima, torna necessária a continuidade de estudos desta natureza. Em função desta limitação, as principais bases teóricas foram construídas a partir de estudos oriundos das ciências agrônomicas, em que são vastas as pesquisas que investigam as relações entre a produtividade do cafeeiro e as condições climáticas. Foram estas pesquisas que estabeleceram as bases para a interpretação do comportamento do custo da mão de obra, das operações com máquinas e dos outros itens em relação aos fatores climáticos. No caso dos fertilizantes se considerou os períodos recomendados para a adubação e os efeitos que as condições climáticas exercem sobre a capacidade de absorção destas substâncias pela planta. Para os defensivos e agrotóxicos, além do critério utilizado para os fertilizantes, observou-se a relação das condições climáticas com a proliferação ou controle de pragas e doenças. Assim, os resultados aqui obtidos são preliminares e carecem de outras investigações. Por esse motivo, este trabalho pode auxiliar futuras pesquisas que objetivem abordar o tema.

O problema da multicolinearidade evidenciado nas regressões múltiplas ( $R^2$ ) sugere a necessidade de investigar outra técnica que possa revelar relações mais significativas entre o custo de produção do café arábica e os fatores climáticos, como por exemplo, análise fatorial.

Diante disso, pesquisas que verifiquem o comportamento do custo de produção do café em relação aos fatores climáticos em outras localidades e/ou em outros períodos são oportunas. De outra forma, investigações integradas do efeito de outros fatores, além dos climáticos, sobre o custo de produção do café arábica representam uma alternativa na busca de respostas sobre a estruturação dos mesmos. Estudos desta natureza podem contribuir com a consolidação do referencial sobre o tema e com a formação de maiores evidências teóricas e práticas.

## 7. Referências

ALMEIDA, L. C. F.; DUARTE, S. L.; TAVARES, M.; REIS, E. A. Análise das variáveis de custo da cultura do café arábica nas principais regiões produtoras do país. In: Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Administração, 34, 2010, Rio de Janeiro. *XXXIV EnANPAD*. Rio de Janeiro: ANPAD, 2010. p. 1 - 17.

ALMEIDA, A. P. S.; REIS, E. A.; TAVARES, M. Impacto do crédito de ICMS sobre o custo de produção da cafeicultura: um estudo nas principais regiões produtoras de café arábica no Brasil. In: Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Administração, 35., 2011, Rio de Janeiro. *XXXV EnANPAD*. Rio de Janeiro: ANPAD, 2011. p. 1 - 17.

ARRUDA, F. B.; WEILL, M. de A. M.; IAFFE, A.; SAKAI, E.; PIRES, R. C. de M. Estudo da influência do clima e do consumo hídrico na produção de cafeeiros (*Coffea Arábica* L) em Pindorama, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000 Poços de Caldas. *Anais do I Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil*. Embrapa, 2000. p. 782 – 785.

BRASIL. Embrapa Café. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Org.). *Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004-2005*. Brasília, 2009a. 128 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880509/1/Fenologiadocafeeiro.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2011.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65 -68. 2001.

CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in brazil. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 1, p.239-247, 2010.

CAMARGO, M. B. P. de; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, A. P.; FAHL, J. I.; FAZUOLI, L. C.; SANTOS, M. A. Modelo Agrometeorológico de estimativa da época da

plena floração do cafeeiro arábica em condições tropicais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. *Anais do II Simposio de Pesquisas dos Cafés do Brasil*. Embrapa, 2001. p. 173 - 180.

CANECHIO FILHO, V. *Cultura do café*. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 84 p.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Braz. J. Plant Physiol.*, Londrina, v. 18, n. 1, p.55-81, 2006.

DUARTE, S. L.; PEREIRA, C. A.; TAVARES, M.; REIS, E. A. Variáveis dos custos de produção *versus* preço de venda da cultura do café no segundo ano da lavoura. *Revista de Gestão: REGE*, São Paulo, v. 18, n. 4, p.675-690, dez. 2011. Trimestral.

DUARTE, S. L.; TAVARES, M.; REIS, E. A. dos. Comportamento das variáveis dos custos de produção da cultura do café no período de formação da lavoura. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE DA UNIVERSIDADE, 10, 2010, São Paulo. *Anais do 10º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade*. 2010: USP, 2010. p. 1 - 17.

FÁVERO, L. P. *Análise Multivariada de Dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Campus – Elsevier, 2009, 646p

FAZUOLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. de. Aquecimento global, mudanças climáticas e a cafeicultura paulista. *O Agrônomo*, Campinas, v. 59, n. 1, p.19-20, 2007.

FEHR, L. C. F. de A.; DUARTE, S. L.; TAVARES, M.; REIS, E. A. Análise temporal das variáveis de custos da cultura do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil. *Custos e agronegócio on line*, Recife, v. 8, n. 1, p.161-187, mar. 2012. Trimestral. Disponível em: <[www.custosagronegocioonline.com.br](http://www.custosagronegocioonline.com.br)>. Acesso em: 10 jun. 2011.

FERREIRA, L. G.; TAVARES, M.; LEMES, S.; REIS, E. A. Um estudo da relação entre os preços de petróleo, minério de ferro, superfosfato, uréia e potássio e o custo de produção da *commodity* café nas principais regiões produtoras do país. In: CONTABILIDADE DE CUSTOS E BEM-ESTAR SOCIAL: CONECTANDO AS ÁREAS PÚBLICA E PRIVADA, 18., 2011, Rio de Janeiro. *XVIII Congresso Brasileiro de Custos*. Rio de Janeiro, 2011. p. 1 - 11.

FIELD, A. *Descobrendo a estatística usando o SPSS*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 688 p.

GUIMARÃES, P. T. G. Respostas do cafeeiro (*coffea arabica* L. cv Catuaí) à adubação mineral orgânica em solos de baixa fertilidade no sul de Minas Gerais. 1986. 140 f. *Tese* (Doutorado) - Curso de Agronomia, Departamento de Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 1986.

IAFFE, A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; PIRES, C. M.; CALHEIROS, R. O. Quantificação do efeito dos elementos agrometeorológicos na produção de um ensaio de café em Ribeirão Preto, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000 Poços de Caldas. *Anais do I Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil*. Embrapa, 2000. p. 794 – 797.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. et. al.. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. Cap. 5, p. 165-274.

MATIELLO, J. B. Fatores que afetam a produtividade do café no Brasil. In: RENA, A. B. et. al.. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. Cap. 1, p. 1-11.

NICOLELI, M.; MOLLER, H. D. Análise da competitividade dos custos do café orgânico sombreado irrigado. *Custos e agronegócio on line*, v. 2, n. 1, fev. 2006. Bimestral. Disponível em: <[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)>. Acesso em: 15 ago. 2011.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEGRO, C. L. R. Custo de produção e rentabilidade na cafeicultura paulista: um estudo de caso. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 34, n. 4, p.33-44, abr. 2004. Mensal.

PAGNANI, E. M.; WAHLMANN, G. C.; MOEIRA, J. M. Do custeio de operações ao custo da safra no agribusiness: o caso da lavoura e da produção do café no Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COSTOS, 10., 2007, Lyon. *Anais do 10º Congresso Internacional de Custos*. Lyon, 2007. p. 1 - 16.

PEREIRA, A. R.; CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. *Agrometeorologia dos cafezais no Brasil*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 127 p.

PEREIRA, V. da F.; VALE, S. M. L. R. de; BRAGA, M. J.; RUFINO, J. L dos S. Riscos e retornos da cafeicultura em Minas Gerais: uma análise de custos de diferenciação. *RESR*, Piracicaba, v. 48, n. 3, p.657-678, set. 2010. Trimestral.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arábica*. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 1, p.169 – 181. 2009.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B . P de. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. *Bragantia*, Campinas, v. 62 n. 3, p. 499 – 505. 2003.

SAES, M. S. M; FARINA, E. M. M. Q. *O Agribusiness Café no Brasil*. São Paulo: Milkbizz, 1999. 218 p.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C.; SANTOS, A. R. dos; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. da; COSTA; L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*coffea arábica* L) para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p.501-509, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; FAHL, J. I; CARELI, M. L. C.; *Café arábica: cultura e técnicas de produção*. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 82 p.

VEGRO, C.L.R. *Formação de Custos na Cafeicultura*. 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2011\\_1/CustosCafe/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2011_1/CustosCafe/index.htm)>. Acesso em: 07 out. 2011.

VEGRO, C. L. R.; MARTIN, N. B.; MORICOCHI, L. Sistemas de produção e competitividade da cafeicultura paulista. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. *Anais do I Simposio de Pesquisas dos Cafés do Brasil*. 2000: Brasília, 2000. p. 301 - 312

VEGRO, C. L. R.; ASSUMPÇÃO, R. de. Acompanhamento do custo de produção em propriedades cafeeiras: síntese parcial de resultados. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 33, n. 4, p.48-56, abr. 2003. Mensal.

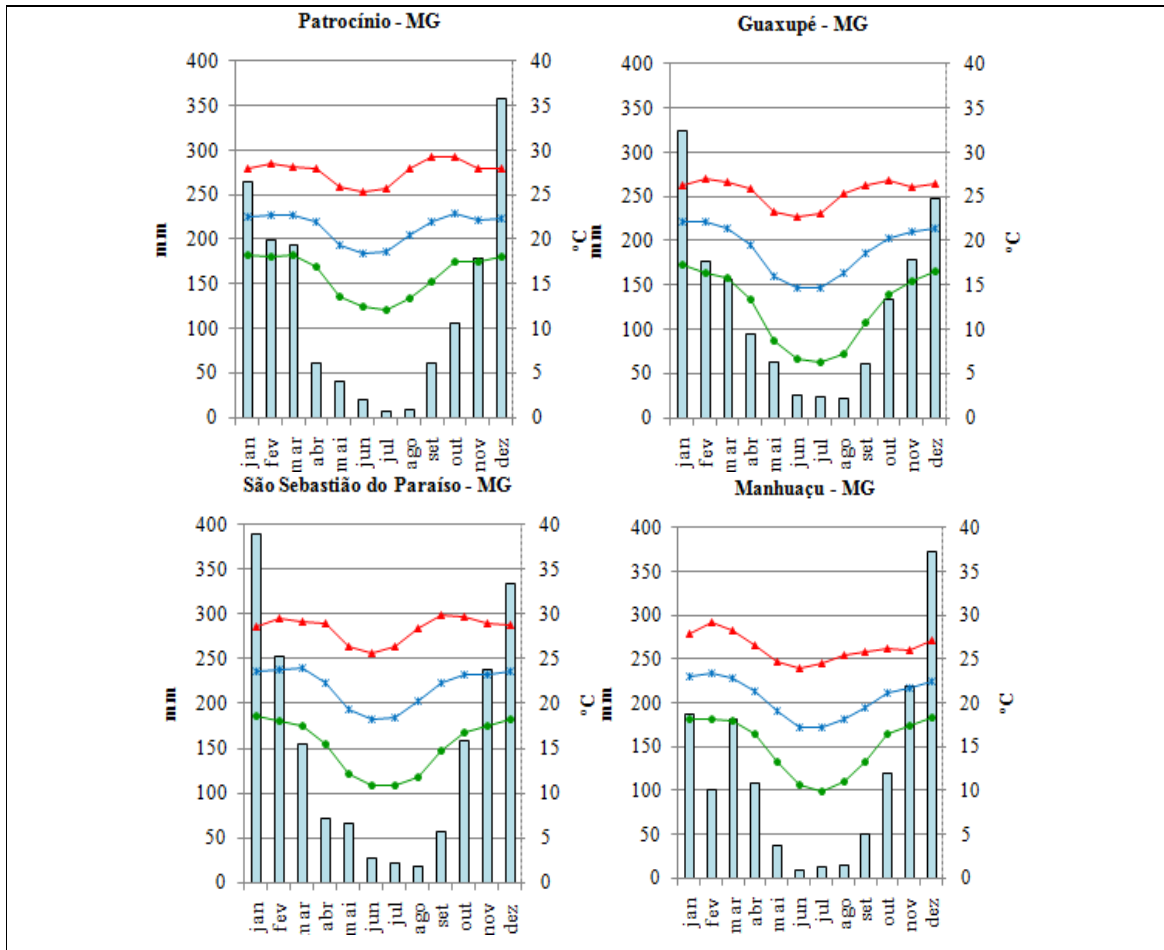
WEILL, M. A. M.; ARRUDA, F. B.; OLIVEIRA, J. B.; DONZELI, P. L; RAIJ, B. van. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (*Coffea Arábica* L) no oeste paulista. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 891 – 901. 1999.

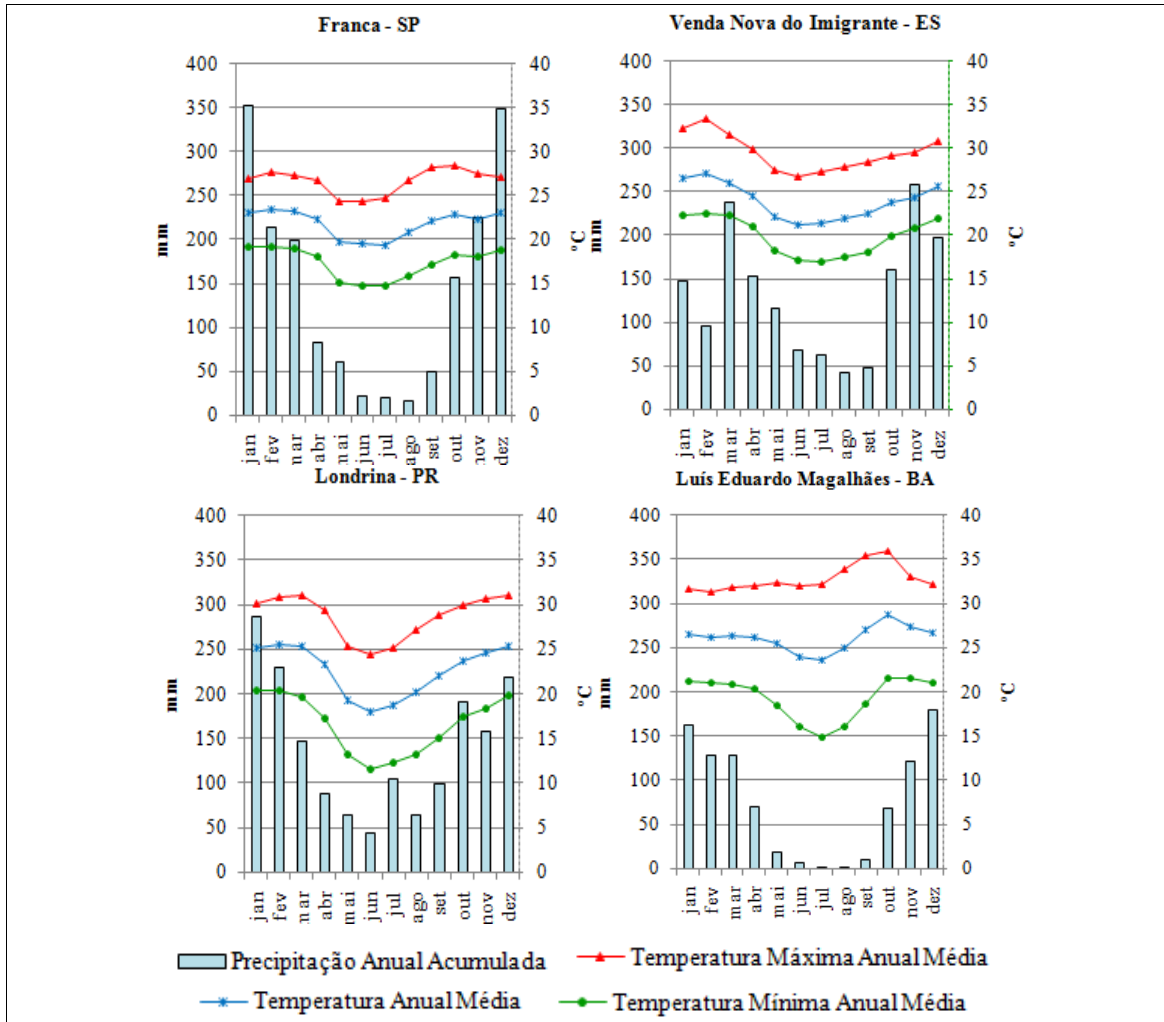
## APÊNDICE I – Composição do custo médio de produção local do café arábica, no período de 2003 a 2012

Componentes do Custo de Produção	Minas Gerais			São Paulo	Espírito Santo	Paraná	Bahia	
	Patrocínio	Guaxupé	São Sebastião do Paraíso	Manhuaçu	Franca	Venda Nova do Imigrante	Londrina	Luís Eduardo Magalhães
<b>Componentes do Custo Total</b>								
Custo Variável	7.185,89	7.306,52	7.002,18	6.353,68	8.079,00	6.054,11	9.079,98	12.210,18
Custo Fixo	880,80	926,41	957,31	894,99	693,66	1.115,10	1.227,89	2.216,60
Custo de Oportunidade	632,91	460,00	707,10	615,25	804,84	628,01	540,93	558,12
<b>Custo Total</b>	<b>8.699,60</b>	<b>8.692,93</b>	<b>8.666,59</b>	<b>7.863,92</b>	<b>9.577,49</b>	<b>7.797,23</b>	<b>10.848,79</b>	<b>14.984,90</b>
<b>Componentes do Custo Variável</b>								
Despesas de Custeio da Lavoura	6.555,77	6.939,67	6.471,35	5.939,93	7.400,76	5.605,62	8.461,79	10.587,82
Despesas Pós-Colheita	237,81	150,51	237,92	324,91	274,77	166,73	440,50	856,80
Despesas Financeiras	392,31	216,34	292,90	88,84	403,47	281,76	177,69	765,57
<b>Custo Variável</b>	<b>7.185,89</b>	<b>7.306,52</b>	<b>7.002,18</b>	<b>6.353,68</b>	<b>8.079,00</b>	<b>6.054,11</b>	<b>9.079,98</b>	<b>12.210,18</b>
<b>Componentes das Despesas de Custeio da Lavoura</b>								
Mão de Obra	3.132,20	4.283,26	3.210,33	3.595,30	4.283,93	3.491,25	5.774,41	1.002,06
Operações com Máquinas	721,55	308,06	782,62	494,54	468,64	548,54	619,17	3.232,37
Fertilizantes	1.476,22	1.375,96	1.820,70	1.410,09	1.685,34	1.201,74	1.723,14	4.017,65
Agrotóxicos / Defensivos	825,70	673,00	365,90	0,00	699,91	0,00	216,74	1.971,10
Outros Itens	400,10	299,40	291,81	440,00	262,94	364,08	128,34	364,63
<b>Despesas de custeio da lavoura</b>	<b>6.555,77</b>	<b>6.939,67</b>	<b>6.471,35</b>	<b>5.939,93</b>	<b>7.400,76</b>	<b>5.605,62</b>	<b>8.461,79</b>	<b>10.587,82</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa.

**APÊNDICE II: Médias mensais locais de precipitação e temperatura, no período de 2002 a 2011**





Fonte: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa.

### APÊNDICE III: Síntese do comportamento local do custo de produção e dos fatores climáticos

Local	Custo Total (R\$/ha)	Custo Variável (R\$/ha)	Despesas de custeio da lavoura (R\$/ha)	Precipitação Acumulada (mm)	Frequência de Chuvas (dias)	Temperatura Máxima Média (°C)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima Média (°C)
Patrocínio - MG	8.700	7.186	6.556	1.518	136	28	16	21
Guaxupé - MG	8.693	7.307	6.940	1.518	124	25	19	12
São Sebastião do Paraíso - MG	8.667	7.002	6.471	1.793	106	28	22	15
Manhuaçu - MG	7.864	6.354	5.940	1.456	117	26	21	15
Franca - SP	9.577	8.079	7.401	1.752	135	27	22	17
Venda Nova do Imigrante - ES	7.797	6.054	5.606	1.365	129	30	24	20
Londrina - PR	10.849	9.080	8.462	1.690	120	29	23	17
Luís Eduardo Magalhães - BA	14.985	12.210	10.588	911	84	33	26	19

**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados da pesquisa.

**APÊNDICE IV: Resultado das regressões múltiplas ( $R^2$ )**

Variáveis de Custo	Variáveis Climáticas	Coefficientes	Sig. t	Tolerancia	FIV	Durbin Watson	Sig. F	$R^2$
Mão de Obra	Constante	1.511,43	0,01					
	PA1	1,78	0,03	0,97	1,03	0,97	0,00	0,35
	PA3	8,44	0,00	0,97	1,03			
	PF1	47,79	0,00	0,34	2,91	0,85	0,00	0,88
	PF3	104,02	0,00	0,34	2,91			
	Constante	11.888,42	0,00					
	TMAXmt1	397,64	0,00	0,42	2,35			
	TMAXmt2	-704,40	0,00	0,13	7,48	1,21	0,00	0,60
	TMAXmt4	299,00	0,01	0,27	3,77			
	TMAXmt6	-372,27	0,01	0,18	5,45			
	TMINmt1	445,83	0,00	0,00	353,12			
	TMINmt4	-564,15	0,00	0,00	464,56	1,17	0,00	0,92
	TMINmt5	548,86	0,00	0,00	480,00			
	TMINmt6	-337,75	0,00	0,02	61,32			
Tmt2	-697,72	0,00	0,00	396,23				
Tmt3	672,82	0,00	0,00	259,29	0,87	0,00	0,90	
Tmt5	179,84	0,03	0,01	161,37				
Operações com Máquinas	Constante	4.297,64	0,00					
	PA2	-2,40	0,03	0,89	1,13			
	PA4	-1,71	0,00	0,99	1,01	0,84	0,00	0,45
	PA5	-2,32	0,00	0,96	1,04			
	PA6	-2,26	0,01	0,91	1,10			
	Constante	2.998,16	0,00					
	PF3	-52,70	0,00	0,99	1,01	0,63	0,00	0,25
	PF4	-31,72	0,01	0,99	1,01			
	Constante	-9.302,62	0,00					
	TMAXmt3	265,94	0,00	0,19	5,23			
	TMAXmt5	-137,41	0,01	0,48	2,09	0,64	0,00	0,74
	TMAXmt6	262,41	0,00	0,14	6,99			
	Constante	-3.713,43	0,00					
	TMINmt4	416,81	0,00	0,16	6,33	0,92	0,00	0,68
TMINmt5	-161,61	0,04	0,16	6,33				
Constante	3.614,71	0,01						
Tmt3	-478,30	0,00	0,19	5,38				
Tmt4	291,98	0,01	0,22	4,62	0,64	0,00	0,47	
Tmt5	-241,20	0,02	0,23	4,44				
Tmt6	284,52	0,01	0,20	5,11				
Fertilizantes	Constante	3.334,76	0,00					
	PA3	-3,18	0,00	0,97	1,03	0,76	0,00	0,27
	PA4	-1,79	0,01	0,97	1,03			
	Constante	4.541,78	0,00					
	PF3	-53,58	0,00	0,99	1,01	0,81	0,00	0,38
	PF4	-44,63	0,00	0,99	1,01			
	Constante	-6.506,34	0,00					
	TMAXmt2	265,82	0,00	0,18	5,57			
	TMAXmt4	-182,40	0,00	0,56	1,80	0,63	0,00	0,67
	TMAXmt5	242,13	0,00	0,21	4,70			
	Constante	-1.536,77	0,01					
	TMINmt4	500,03	0,00	0,16	6,33	1,38	0,00	0,68
	TMINmt5	-306,29	0,00	0,16	6,33			
	Constante	5.287,60	0,00					
Tmt3	-418,10	0,00	0,19	5,38				
Tmt4	225,56	0,04	0,22	4,62	0,61	0,00	0,47	
Tmt5	-218,12	0,02	0,23	4,44				
Tmt6	237,45	0,03	0,20	5,11				

(Continua)  
(Conclusão)

Variáveis de Custo	Variáveis Climáticas	Coefficientes	Sig. t	Tolerancia	FIV	Durbin Watson	Sig. F	R <sup>2</sup>
Defensivos e Agrotóxicos	Constante	1.875,16	0,00					
	PA3	-2,00	0,02	0,93	1,07	0,92	0,00	0,31
	PA4	-1,15	0,00	0,97	1,04			
	PA6	-1,49	0,02	0,97	1,03			
	Constante	1.275,97	0,02					
	PF3	-24,09	0,02	0,89	1,13	0,74	0,00	0,32
	PF4	-19,44	0,02	0,93	1,08			
	PF5	19,27	0,02	0,88	1,13			
	PF6	-16,48	0,03	0,94	1,07			
	TMAXmt1	-128,62	0,04	0,00	957,35	0,85	0,00	0,78
	TMAXmt4	178,87	0,00	0,00	590,71			
	TMAXmt5	-268,61	0,00	0,00	1.018,69			
	TMAXmt6	266,43	0,00	0,00	526,33			
	TMINmt1	-162,19	0,01	0,00	348,44	0,95	0,00	0,76
	TMINmt4	409,58	0,00	0,00	291,92			
	TMINmt5	-199,47	0,00	0,00	469,59			
	Tmt2	319,32	0,00	0,00	396,23	0,56	0,00	0,58
	Tmt3	-289,12	0,00	0,00	259,29			
Outros Itens	Constante	502,40	0,00					
	PA3	-0,41	0,04	0,97	1,03	0,89	0,00	0,17
	PA5	-0,22	0,01	0,97	1,03			
	Constante	233,51	0,00					
	PF2	9,67	0,00	0,81	1,23	1,05	0,00	0,29
	PF3	-7,73	0,00	0,81	1,23			
	TMAXmt3	45,02	0,00	0,00	486,27	0,86	0,00	0,86
	TMAXmt4	-58,65	0,00	0,00	774,19			
	TMAXmt5	26,75	0,03	0,00	428,23			
	TMINm	Não foi gerado modelo significativo a sig. F < 0,05						
Constante	779,42	0,00	0,00	396,23	0,83	0,04	0,06	
Tmt1	-19,55	0,00	0,00	259,29				

Variáveis Climáticas:

PA – Precipitação Acumulada (mm); PF – Frequência de Chuvas (n° dias); TMAXm – Temperatura Máxima média; TMINm (°C); Temperatura Mínima média (°C); Tm – Temperatura média (°C).