

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CAFEIEIRO FERTIRRIGADO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO

RODRIGO CESAR DE ALMEIDA¹; FÁBIO PONCIANO DE DEUS²; ADRIANO VALENTIM DIOTTO³; MYRIANE STELLA SCALCO⁴ E ALBERTO COLOMBO⁵

¹ Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. eng_rodrigocesar@yahoo.com.br

² Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. fabio.ponciano@deg.ufla.br

³ Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. adriano.diotto@deg.ufla.br

⁴ Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. stellascalco@gmail.com

⁵ Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. acolombo@deg.ufla.br

1 RESUMO

Muitos trabalhos têm mostrado que o cafeeiro é responsivo a elevadas dosagens de fósforo, contrariando as principais recomendações vigentes. Assim, objetivou-se avaliar o desempenho técnico e econômico do cafeeiro fertirrigado com doses de fósforo e lâminas de irrigação. O cafeeiro estudado foi o da espécie arábica, cultivar Topázio MG-1190. O experimento foi implantado em janeiro de 2010, com diferenciação dos tratamentos a partir de novembro de 2011, obtendo-se a primeira produção em 2012, e as demais nas duas safras subsequentes (2013 e 2014). O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 5x4, sendo os tratamentos compostos por cinco frações (Ki) da lâmina de irrigação requerida (0,4, 0,7, 1,0 1,3 e 1,6), quatro doses de fósforo (0, 80, 240 e 720 kg ha⁻¹ de - P₂O₅) e quatro repetições. Em resumo, observou-se que os tratamentos referentes às menores lâminas de irrigação e dosagens de fósforo foram suficientes para suprir as demandas da cultura. As doses de fósforo de 240 kg ha⁻¹ associado a frações acima de 0,7, e doses de 720 kg ha⁻¹, apresentaram-se inviável economicamente. Verificou-se que possivelmente solos com ótimos níveis de fósforo o cafeeiro não responde a adubação fosfatada suplementar.

Palavras-chave: adubação fosfatada, custo de produção, *coffea arabica*

ALMEIDA, R. C.; DE DEUS, F. P.; DIOTTO, A. V.; SCALCO, M. S.; COLOMBO, A.
TECHNICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE OF FERTIRRIGATED COFFEE
WITH DIFFERENT PHOSPHORUS CONCENTRATION

2 ABSTRACT

Many studies show coffee crop as a responsive plant when high doses of phosphorus (P) are applied, contradicting the current fertilization recommendation. Therefore, this study aim was to evaluate technically and economically the application of doses of phosphorus with different irrigation depths in a soil that already has high level of fertility. Arabica coffee variety Topázio

MG-1190 was planted in January 2010 and the treatments variation started in November 2011. The first harvest was 2012 following by other two in 2013 and 2014. The experimental design was random blocks in factorial 5x4x4. The five irrigation depths used were based on (Ki) fraction of irrigation requirement (0.4, 0.7, 1.0, 1.3 and 1.6), the four levels of phosphorus applied were (0, 80, 240 and 720 kg ha⁻¹ of P₂O₅), and four replicates were used. The treatments using lower irrigation depth and phosphorus doses showed to be enough to supply crop demand. Doses of 240 kg ha⁻¹ associated with fractions higher than 0.7 were economically infeasible, showing that in soils already containing high levels of phosphorus, the coffee crop does not respond to supplemental application of this element.

Keywords: phosphate fertilization, production cost, *Coffea arabica*

3 INTRODUÇÃO

O fósforo é considerado um dos macronutrientes mais estudados em pesquisas sobre desenvolvimento e rendimento vegetal por sua limitação no solo ser determinante na redução da produção agrícola (MALAVOLTA, 2006). Apesar disso, por muitos anos acreditava-se que o mineral não influenciava significativamente o desenvolvimento do cafeeiro, sendo considerado o menos exigido e exportado pela cultura (BATAGLIA, 2004).

Cresce no meio científico a evidência que dosagens elevadas determinam resultados significativamente superior na produtividade e no crescimento vegetativo (DIAS et al., 2015; GUERRA et al., 2007; MERA et al., 2011; REIS et al., 2013). Sugere-se aplicar no máximo de 80 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (GUIMARÃES et al., 1999) quando houver expectativa de mais de 60 sacas ha⁻¹, no entanto, Guerra et al. (2007) e Mera et al. (2015) observaram incremento linear na produtividade do cafeeiro até a dose máxima (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Mera et al. (2011) ainda acrescentam que a dosagem aplicada não foi o suficiente para expressar o máximo potencial produtivo da cultura. Gallo et al. (1999), por sua vez, analisando dois tipos de solo, constataram incrementos produtivos somente em solos com menores índices de fósforo. Já Valadares et al. (2014) não

observaram efeito da adição de fósforo (dose máxima de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅).

As diferentes respostas à adubação fosfatada relatadas podem estar associadas às diferentes condições ou tipos de solo. De acordo com Souza Júnior et al. (2012), em solos com elevado grau de intemperismo, a capacidade de fixação do fósforo ao meio aumenta, diminuindo assim sua mobilidade. Isso ocorre especialmente em Latossolos (NOVAIS; MELLO, 2007) com elevados teores de argila (SANTOS et al., 2012; SOUZA et al., 2014).

Outra hipótese pode estar relacionada à concentração inicial do fósforo no solo. De acordo com Valadares et al. (2014), as respostas do cafeeiro à fertilização fosfatada não podem ser generalizadas e que ocorrências positivas se devem à baixa disponibilidade do macronutriente no solo (AMARAL et al., 2011; GUZMAN, 2017), característica comum em solos de lavouras cafeeiras no sul de Minas Gerais (CORRÊA et al., 2001). De acordo com Corrêa et al. (2001), 72% das lavouras cafeeiras estudadas apresentaram níveis médio ou baixo de teores de fósforo no solo (2 mg dm⁻³ a 4 mg dm⁻³ e 4,1 mg dm⁻³ a 6 mg dm⁻³ respectivamente), conforme as classes de fertilidade do fósforo para manutenção da lavoura de café proposto pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG (GUIMARÃES et al., 1999). Na mesma região, Figueiredo et al.

(2013) analisaram 2046 amostras de solos em lavouras cafeeiras e constataram que 84% das lavouras apresentaram níveis de médios (30%), baixos (26%) ou muito baixos (28%) de teores de fósforo, segundo a classificação de Rajj et al. (2001).

Uma forma de otimizar a absorção do fósforo pela cultura do cafeeiro é pela aplicação do fertilizante junto à água de irrigação (fertirrigação), visto que a umidade atua sobre o transporte do soluto pelo processo de difusão (AQUINO et al., 2012). Sobreira et al. (2011) salientam que a fertirrigação proporciona economia no uso de fertilizantes e desempenho superior quando comparado à aplicação convencional. Isso se deve principalmente à maior mobilidade do fósforo no solo e consequentemente maior exposição às raízes, podendo ser assim absorvido pelo contato (SANTORO et al., 2013). Costa et al. (2010) verificaram haver influência no uso da adubação fosfatada via água de irrigação no aproveitamento do macronutriente pela cultura.

Muitos experimentos irrigados e de sequeiro indicam a influência de superdosagens de fósforo, em que alguns desses trabalhos relataram baixa concentração inicial deste macronutriente no solo (DIAS et al., 2015; REIS et al., 2013). Já para solos com elevados teores do nutriente, talvez não haja a necessidade de aplicações de doses suplementares. Adicionalmente, do ponto de vista econômico, essa metodologia deve ser avaliada com o intuito de aferir se o incremento de produtividade determinaria em incremento de rentabilidade, haja visto que o uso de superdosagens, ainda mais com o uso de fertilizantes solúveis específicos para a fertirrigação, são os principais fatores de elevação do custo de produção (COELHO et al., 2002). Outro fator que impacta significativamente no custo de produção é o sistema de irrigação localizada, pois requer investimentos

significativos de implantação (SILVA; FARIA; REIS, 2003).

Diversas mudanças inovadoras no sistema produtivo do café são propostas pelo meio científico, determinando por vezes aumento nos investimentos, sendo necessária a avaliação da viabilidade econômica dessas mudanças (OLIVEIRA et al., 2010). Reis (2007) expõe que a estimativa do custo de produção é um dos principais indicadores que apoiam o produtor na tomada de decisão, e sua estimativa está vinculada à gestão eficiente dos recursos produtivos e ao conhecimento dos preços desses recursos (REIS, 2007). A maioria das linhas de pensamento que corroboram com o sucesso ou fracasso de uma empresa é detectada pela avaliação da viabilidade econômica, permitindo que o empreendedor tome decisões mais assertivas sobre o desempenho operacional e organizacional da empresa. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho técnico e econômico do cafeeiro fertirrigado com crescentes doses de fósforo e lâminas de irrigação em um solo com ótimo nível de fósforo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, utilizou-se de dados de produção acumulada de três anos (2012, 2013 e 2014) obtidos em experimento conduzido no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, situada nas coordenadas geográficas 21°14'06" de latitude Sul e 45°00'00" de longitude Oeste, e 910 m de altitude, ocupando uma área de 5516 m². O solo da área foi classificado como "Latossolo Vermelho Escuro Distroférico", de textura argilosa e estrutura granular (EMBRAPA, 2006). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). A Tabela 1, apresenta a

caracterização química do solo da área experimental antes da aplicação dos tratamentos.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental antes da implantação do cafeeiro, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm.

Características	Profundidades		Características	Profundidades	
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40
pH (H ₂ O)	5,10	4,93	Ca - /T%	20,3	13,25
P rem (mg L ⁻¹)	15,10	9,75	K - /T%	4,30	3,13
P (mg dm ⁻³)	31,78	8,64	V - (%)	28,8	19,20
K (mg dm ⁻³)	164,5	123,0	m - (%)	8,25	22,14
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,01	1,32	M.O (dag kg ⁻¹)	3,59	3,24
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,29	Zn (mg dm ⁻³)	8,63	5,73
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,40	0,68	Fe (mg dm ⁻³)	67,5	69,08
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	6,98	8,31	Mn (mg dm ⁻³)	29,0	23,08
T (cmol _c dm ⁻³)	9,83	10,23	Cu (mg dm ⁻³)	6,43	5,08
Mg - /T%	4,27	2,81	B (mg dm ⁻³)	0,55	0,70

pH – Potencial hidrogeniônico; P-rem - Fósforo remanescente; P - Fósforo (Extrator Mehlich-1); K – Potássio; Ca - Cálcio; Mg – Magnésio; Al –Alumínio; H + A – acidez potencial; T – capacidade de troca de cátions a pH 7; V - Saturação por base; m – Saturação por alumínio; M.O – Matéria Orgânica ; Zn - Zinco; Fe - Ferro; Mn Manganês; Cu - Cobre; B - Boro.

O cafeeiro utilizado foi a cultivar “Topázio (MG-1190)” (*Coffea arabica* L.), plantado em janeiro de 2010 espaçamento de 3,0 x 0,6 m. Para garantir a uniformidade entre as parcelas experimentais todas as plantas foram irrigadas com a mesma taxa de aplicação durante 22 meses (até 01/11/2011), a partir do qual iniciou-se a diferenciação dos tratamentos.

Os tratamentos foram baseados na diferenciação de lâminas de irrigação e de doses de adubação fosfatada aplicadas via gotejamento (gotejador autocompensante, com vazão média de 3,75 L h⁻¹, espaçados em 0,40 m).

As irrigações foram realizadas com as mesmas intensidades de precipitação (com tempo variável) entre os tratamentos, em turnos de rega fixos (segunda, quarta e sexta) com lâminas de irrigação diferenciadas através do fracionamento (Ki = 0,4, Ki = 0,7, Ki = 1,0, Ki = 1,3 e Ki = 1,6) da lâmina de referência (ET₀ Kci). Não foi utilizado o tratamento testemunha (sem

irrigação), pois não influenciaria na mobilidade do fósforo.

$$Li = (ET_0 \text{ kci}) Ki - Pe \quad (1)$$

Em que: Li (lâmina de irrigação - mm); ET₀ (valor acumulado entre irrigações da evapotranspiração de referência - mm); kci (coeficiente de cultura do café); Ki (frações da lâmina de referência) e Pe (precipitação efetiva no período entre irrigações - mm).

A lâmina de referência foi baseada na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET₀ Kci). A ET₀ foi estimada pela metodologia de Hargreaves (ALLEN et al., 1998) com dados extraídos de uma estação meteorológica automática local.

Na estimativa da precipitação efetiva (Pe) ocorrida no período entre irrigações sucessivas adotou-se valor nulo para precipitações diárias totais menores ou iguais a 0,5 mm e para precipitações diárias totais maiores que 0,5 mm foi adotado o valor correspondente a 60% da precipitação

total. A estimativa foi baseada na adaptação do método da AGLW/FAO desenvolvido em climas árido e sub úmido.

O coeficiente de cultura do café (kci) foi estimado com base nas dimensões fitotécnicas da cultura seguindo metodologia desenvolvida por Villa Nova et al. (2001).

Foram utilizadas quatro doses de fósforo (P_2O_5) para diferenciar a adubação, sendo uma testemunha (0 kg ha^{-1}) e as demais de 80, 240 e 720 kg ha^{-1} . A adubação foi parcelada em doze vezes durante o ano de produção. Os valores foram definidos com base em intervalo recomendado pela Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais para cultura do café ($80 \text{ a } 100 \text{ kg ha}^{-1}$) (GUIMARÃES et al., 1999).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial com quatro repetições. A análise do desempenho técnico (produtividade) foi realizada pelo teste estatístico baseada em ajuste de regressão para as variáveis que apresentaram diferença significativa pela análise de variância ($P \leq 0,05$).

A análise do desempenho econômico foi realizada pela estimativa do custo de produção, bem como pela análise econômica simplificada com base na rentabilidade da atividade para cada tratamento utilizado no experimento, de acordo com a metodologia de Reis (2007). Segundo o autor, o custo de produção é a soma todos os custos com insumos (fixo) e serviços (variável), onde estão inclusos os custos alternativos e os custos de depreciação.

Na estimativa dos custos com insumos foram considerados os seguintes itens:

- Terra: foi considerado que a terra não deprecia, assumindo um manejo adequado do solo. O valor considerado é seu custo alternativo, baseado no aluguel da terra explorada. O aluguel da área foi

estimado como sendo o valor do litro do leite $\text{ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, visto que é um dos procedimentos mais utilizados na região do sul de Minas Gerais (OLIVEIRA et al., 2010). Neste caso foi considerado valor de $\text{R\$ } 1,2975 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, resultando em $\text{R\$ } 473,59 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CEPEA, 2017).

- Formação da lavoura: utilizou-se o custo médio indicado pela CAFÉ (2017) ($\text{R\$ } 4912,00 \text{ ha}^{-1}$) e para o custo de depreciação foi utilizado referência de 15 anos (tempo de renovação da lavoura praticado na região).

- Benfeitorias: as benfeitorias são os materiais utilizados de forma direta ou indireta na produção do café (casa do administrador, a casa dos empregados, tulha, terreiro e armazém com garagem), com vida útil de 30 anos e valor residual de 20% do valor da benfeitoria nova (CONAB, 2017a).

- Máquinas e implementos: considerou-se para composição desse valor os dados indicados pela CONAB (2017a) para a cafeicultura. Para o cálculo de depreciação foi considerado vida útil de 20 anos e valor residual de 20%.

- Administração: os custos referentes à administração tratam-se do imposto territorial rural (ITR), encargos sociais, manutenção periódica das instalações e seguro do capital fixo. Os valores utilizados foram os indicados pela CONAB (2017a).

- Sistema de irrigação: em trabalho de Vieira et al. (2011) foi estimado o custo do uso de diferentes sistemas de irrigação em diferentes tamanhos de área implantadas com o cafeeiro. Nesse sentido, adotou-se como custo o valor referente ao gotejamento implantado na mesma densidade de plantio do experimento ($3,0 \times 0,6 \text{ m}$), corrigindo o valor no tempo pela metodologia IGP-M (fator calculado que corrige o valor sugerido em 2011 no tempo). Da mesma forma que Evangelista et al. (2011), considerou-se 15 anos como vida útil para o sistema.

A depreciação foi estimada utilizando o modelo linear de acordo com Reis (2007). Para compor o custo alternativo fixo (CA_{fixo}), bem como o custo alternativo variável (CA_{var}), considerou-se a taxa de juros equivalente a um ano correspondente ao investimento em poupança (taxa de juros equivalente de 5,56% ao ano), de acordo com dados do Banco Central do Brasil no ano de 2017.

Para composição dos custos com serviços (custo variável) utilizaram-se as seguintes referências:

- Mão de obra: foram contabilizados nesse item atividades referentes à colheita, manutenção da lavoura e do sistema de irrigação e operação da irrigação e da fertirrigação. Os valores de referência foram extraídos da publicação da CONAB (2017a).

- Insumos: refere-se à aquisição de fertilizantes químicos (macro e micronutrientes), calagem, defensivos, espalhantes adesivos e herbicidas. Os valores correspondentes a essas atividades foram consultados junto a CONAB (2017a). A dosagem correspondente a cada tratamento foi considerada na estimativa do valor.

- Máquinas e implementos: o custo variável com máquinas e implementos foi relativo ao gasto com combustível, lubrificantes, filtros, conservação e reparo por hora de trabalho. Utilizaram-se valores sugeridos na CAFÉ (2017).

- Despesas gerais: refere-se aos gastos com sacaria, recepção e secagem do café. Utilizaram-se valores sugeridos no CAFÉ (2017).

- Utensílios para colheita: são gastos referentes às ferramentas utilizadas na colheita do café, tal como rastelões, rastelos, rodos, peneiras, carrinhos de mão, escovões, lonas, enxadas, foices, limas, enxadões, pás, etc. Esses valores foram consultados junto ao órgão PROCAFÉ (2017).

- Energia elétrica: o custo com energia elétrica (CE) foi estimado utilizando a equação 2, sugerida por Mendonça (2001).

$$CE = V_{\text{kwh}} T \frac{736 \text{ Pot}}{1000 \eta} \quad (2)$$

Em que: CE (custo com energia elétrica-R\$); V_{kwh} (valor médio por unidade energética-R\$ (kWh)⁻¹); T (tempo de funcionamento do sistema de irrigação - h); Pot (potência do conjunto motobomba - Cv) e η (rendimento global).

Utilizou-se R\$ 0,23 por unidade energética em kWh como valor médio entre as tarifas diurna e noturna cobrada pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pois considerou-se a metade o tempo de funcionamento na parte diurna e outra na noturna.

A potência da bomba foi estimada com base em uma altura manométrica de 75 mca para atender o ponto mais crítico do projeto e uma vazão estimada de 14,58 m³ h⁻¹ (considerando uma lâmina bruta máxima corrigida para irrigação localizada de 2,31 mm por dia, aplicada em uma área de 12,60 ha, em uma jornada de trabalho diária de 20 h), referente ao consumo máximo estimado para a região de Lavras-MG para uma lavoura de café de 12,6 ha, referente à área média para o estado (CONAB, 2017b). As variáveis assumidas na estimativa da potência basearam-se nas condições edafoclimáticas da região (clima e topografia), bem como nos tamanhos médios de área cultivado com café na região.

$$P = \frac{Q \text{ HMT}}{2,7 \eta} \quad (3)$$

Em que: P (potência do motor - Cv); HMT (altura manométrica total - mca.); η (rendimento global - decimal); Q (vazão estimada – 14,58 m³ h⁻¹)

- Água: o custo com o uso da água foi estimado utilizando metodologia do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2017), de acordo com a equação 4 descrita abaixo.

$$V_{\text{Cons}} = Q_{\text{Cap}} \text{ PPU}_{\text{Cap}} K_{\text{Consumo}} \quad (4)$$

Em que: V_{Cons} (custo anual pelo consumo de água - R\$ ano⁻¹); Q_{Cap} (volume anual de água captada - m³ ano⁻¹); PPU_{Cap} (preço público unitário correspondente à cobrança pela captação - R\$ m⁻³) e K_{Consumo} (coeficiente que leva em conta a parte da água utilizada na irrigação que não retorna aos corpos d'água).

De acordo com recomendações da CEIVAP, foi utilizado valor de R\$ 0,0005 m⁻³ para PPU_{Cap} e de 1,4 para K_{Consumo} .

Todos os consumos e gastos foram estimados para uma área de 1 hectare.

A análise econômica simplificada foi realizada seguindo a metodologia de Reis (2007). Para o cálculo da receita média utilizou-se o preço pago ao café igual a US\$ 156,00 (R\$ 487,40) por saca de 60 kg líquido, classificado como bica corrida, tipo 6, bebida dura para melhor, conforme sugerido pela Cooxupé (2017). Adicionalmente, também foram realizadas análises econômicas simplificadas de dois cenários possíveis. Considerou-se o menor e o maior valor de cotação do café (R\$ 293,17 saca⁻¹ e R\$ 716,02 saca⁻¹ respectivamente) entre os anos 2008 e 2017 de acordo com a série histórica de cotação da Cooxupé (2017). Os valores foram corrigidos pelo índice IGP-M (FGV).

Os custos operacionais nessa análise foram os recursos utilizados no processo de produção para reposição dos insumos variáveis (curto prazo) e fixos (longo prazo). As variáveis do modelo RMe (receita média recebida por saca de café), CopTMe (custo operacional total médio), CopVMe (custo operacional variável

médio) e CTMe (custo total médio), quando comparado entre eles, permitem classificar o empreendimento dentro de algumas situações: 1a (corresponde ao lucro supernormal, em que a RMe paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de outras alternativas de mercado (RMe > CTMe)); 2a (representa o lucro normal, em que a RMe paga todos os recursos aplicados na atividade em questão, onde nesse caso a remuneração é igual a de outra alternativa considerada (RMe = CTMe)); 3a (representa resíduo positivo, quando são pagos todos os recursos aplicados na atividade, porém a RMe é menor que a do custo alternativo (RMe > CopTMe)); 3b (representa resíduo nulo, quando são pagos todos os recursos de produção e a renda obtida é semelhante a renda que o produtor poderia vir a ter caso optasse pela atividade considerada (RMe = CopTMe)); 3c (representa resíduo nulo, quando a RMe cobre somente parte do custo fixo, sendo pagos somente os recursos variáveis – (CopTMe > RMe > CopVMe)); 3d (representa resíduo nulo, sem cobrir os recursos fixos, pagando somente os recursos variáveis (RMe = CopVMe)); e 3e (representa o resíduo nulo, não cobrindo os recursos variáveis, ou seja, há necessidade de subsidiar os recursos variáveis (RMe < CopVMe)).

E por fim, determinou-se o ponto de nivelamento do resíduo, que indica o nível de produção no qual uma atividade tem seu custo total ou operacional total igual à sua receita total. Neste é possível identificar a produção mínima necessária para que uma atividade gere uma receita igual ao custo, ou seja, não gere prejuízo.

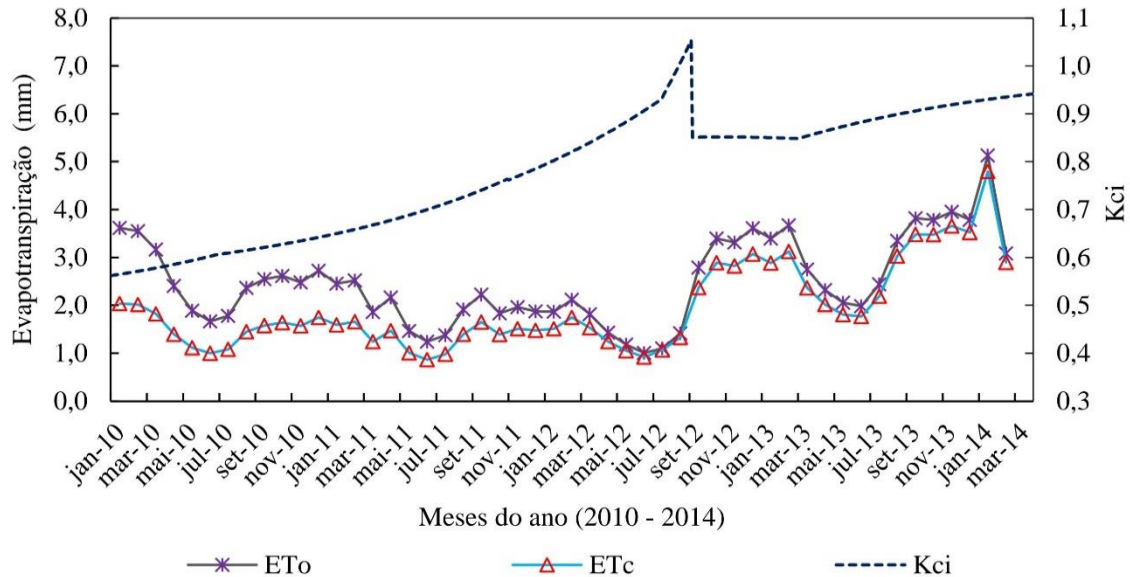
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise técnica da produção do cafeeiro

A Figura 1 mostra a variação temporal do coeficiente de cultura estimado para o cafeeiro (kci) durante o período de avaliação, além das evapotranspirações de

referência (ET₀) e da cultura (ET_c) estimado para o tratamento sem limitação hídrica (K_i = 1,0).

Figura 1. Comportamento do coeficiente de cultura (kci), da evapotranspiração de referência (ET₀) e da evapotranspiração da cultura (ET_c) no decorrer do experimento.



Observa-se aumento do valor de kci de 0,56 para 1,05 a partir de janeiro de 2010 até julho de 2012, com posterior queda no valor, aumentando até o valor de 0,95 até o fim do período de avaliação experimental. A queda observada no valor de kci foi decorrente à operação de colheita com desfolhamento e quebra dos ramos. Segundo Oliveira et al. (2007), os valores de coeficiente de cultivo em cafeeiros progridem até atingir dossel máximo e em seguida tendem a se estabilizar, podendo haver oscilações temporais decorrentes de processos fisiológicos e de manejo, fato observado nesse experimento.

Em cafeeiros cultivados adequadamente em clima sub úmido, Allen et al. (1998) recomendam kc entre 0,9 e

0,95. Doorenbos e Pruitt (1977) recomendam o valor médio de Kc entre 0,9 a 1,1, independente do estágio de desenvolvimento. Pereira, Camargo e Villa Nova (2011) verificaram variação de Kc entre 0,1 e 1,04 (15 a 40 meses de idade). Na mesma região do presente estudo, Sato et al. (2007) encontraram Kc variando de 0,59 a 1,16, estando compatível com os resultados de coeficiente de cultivo estimados utilizando a metodologia de Villa Nova et al. (2001).

Na Tabela 2 estão apresentadas as lâminas de irrigação, precipitações efetivas e lâminas de água aplicadas na cultura do cafeeiro para as diferentes frações da lâmina de referência.

Tabela 2. Lâminas de irrigação, precipitação efetiva e lâmina de água aplicada na cultura do cafeeiro no decorrer do período avaliado (safra 2011/2012, 2012/ 2013 e 2013/2014), para os diferentes tratamentos de fração da lâmina de referência.

Tratamento (Ki)	Lâmina de			Precipitação efetiva -			Lâmina de água - Pt		
	11/12	12/13	13/14	11/12	12/13	13/14	11/12	12/13	13/14
0,4	179	219	171	948	795	491	1127	1014	662
0,7	313	382	300	948	795	491	1260	1177	790
1,0	447	546	428	948	795	491	1395	1341	919
1,3	581	710	556	948	795	491	1529	1505	1047
1,6	715	874	685	948	795	491	1663	1669	1175

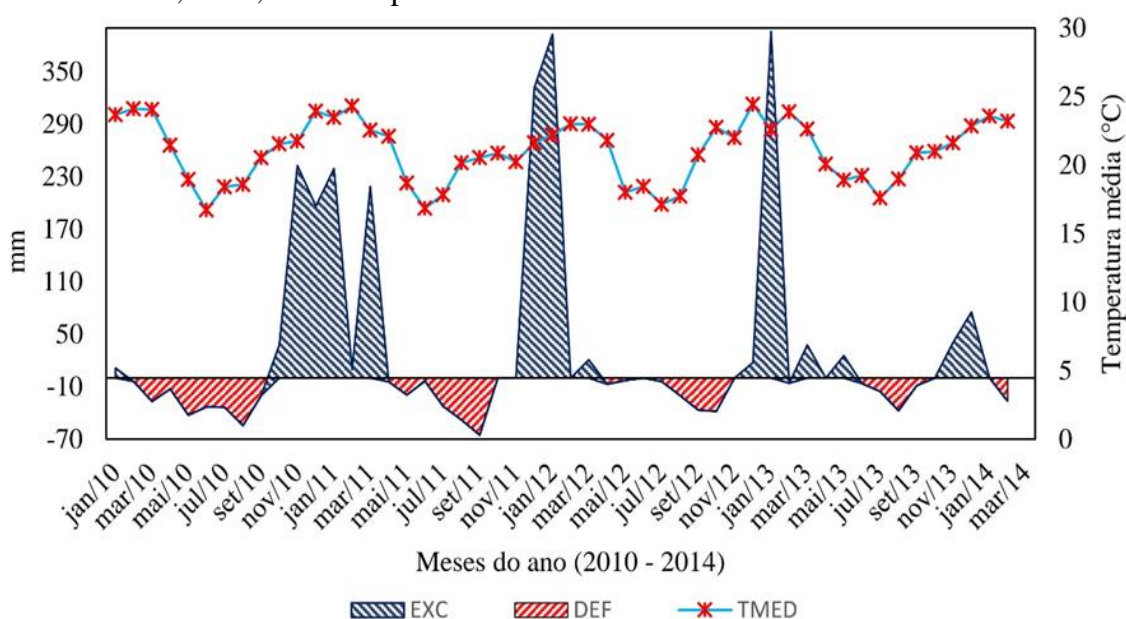
Em todos os tratamentos independentemente da safra a precipitação efetiva acumulada foi superior à lâmina de água aplicada via irrigação nos tratamentos com 100% de reposição da ETc. Ou seja, a entrada de água no solo através das chuvas teve uma participação importante para a manutenção do armazenamento de água no solo, principalmente para os tratamentos com Ki igual a 0,4 e 0,7.

Esse resultado provavelmente contribuiu para que a análise de variância não fosse significativa a 5% de probabilidade para a fonte de variação

lâmina de irrigação no quesito produtividade acumulada. Adicionalmente observou-se que as doses de fósforo e as interações entre os fatores não influenciaram significativamente a produtividade acumulada do cafeeiro. O coeficiente de variação e a média geral foi de respectivamente 11,52% e 44,7 sacas ha⁻¹ ano⁻¹.

Na Figura 2 é apresentado o balanço hídrico (somente com dados de precipitação pluviométrica) no período avaliado, bem como a variabilidade mensal da temperatura média do ar.

Figura 2. Extrato do balanço hídrico e temperaturas médias mensais durante os anos 2010, 2011, 2012, 2013 e o primeiro trimestre de 2014.



EXC - Excedente hídrico; DEF - Déficit hídrico e TMED - Temperatura média mensal.

Nos meses de maior demanda hídrica da cultura (setembro a janeiro), referente às fases fenológicas da florada, pós-florada chumbinho e grão verde (fase de florescimento e enchimento dos frutos) (RICCI; COCHETO JUNIOR; DE ALMEIDA, 2014), somente o regime de chuvas foi suficiente para manter um déficit hídrico controlado (Figura 2), isto é, abaixo do crítico (150 mm) para a cultura do café. Adicionalmente verifica-se que a temperatura média do ar esteve dentro da faixa de temperatura recomendada para o estabelecimento do cafeeiro (entre 18 e 23°C) (CARAMORI et al., 2001; PINTO et al., 2001; SEDIYAMA et al., 2001).

As condições meteorológicas ocorridas durante o período avaliado podem explicar a não significância do fator lâmina de irrigação, principalmente nos meses de novembro a janeiro, fase crítica para formação e enchimento dos grãos. Nesse período não houve limitação hídrica para quaisquer tratamentos e isso provavelmente favoreceu a produtividade nos tratamentos com lâminas de irrigação abaixo da ETc, de modo que, não houve diferenciação produtiva entre as parcelas experimentais com lâminas deficitárias e a ideal. Em trabalhos que avaliaram a influência da irrigação com a mesma variedade de cafeeiro na região de Lavras - MG, verificou-se também a não influência da irrigação na produtividade, independentemente dos períodos com déficit hídrico (KARASAWA; FARIA; GUIMARÃES, 2002). Por outro lado, esses autores notaram que a produção referente ao tratamento irrigado foi 500% maior em relação à testemunha (tratamento não irrigado). Mesmo a região de Lavras - MG classificada como região apta ao cultivo de sequeiro de acordo com os critérios consolidados pela literatura (CARAMORI et al., 2001; PINTO et al., 2001; SEDIYAMA et al., 2001), muitos trabalhos mostram influência positiva do uso da irrigação do cafeeiro no sul de Minas

Gerais, (EVANGELISTA et al., 2011; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; SCALCO et al., 2011) consequência da distribuição temporal irregular das precipitações.

A média geral de produtividade do cafeeiro (134,54 sacas ha⁻¹ para o triênio, ou seja, 44,70 sacas ha⁻¹ ano⁻¹) apresentou valores próximos aos encontrados por Bonomo et al. (2008) (41,68 sacas ha⁻¹) e Fernandes et al. (2016) (45,12 sacas ha⁻¹). No âmbito de Minas Gerais, os valores mostraram-se superiores à média produtiva (entre os anos 2008 e 2016) das regiões com predomínio de campos irrigados (30,95 sacas ha⁻¹) e da região sul de Minas Gerais (23,86 sacas ha⁻¹) (CONAB, 2017b).

O efeito não significativo da adubação fosfatada na produtividade do cafeeiro corrobora com o obtido por Valadarez et al. (2014). Os autores afirmam que respostas positivas da adubação fosfatada se deve ao baixo teor remanescente desse nutriente no solo. Essa afirmação é similar com o observado por Gallo et al. (1999), que salientam que o cafeeiro foi responsivo à adubação fosfatada somente em solos com menores teores de fósforo (P-resina - 13 mg dm⁻³), não apresentando diferença estatística para solos com maiores teores (P - resina - 22 mg dm⁻³).

De modo geral, os resultados experimentais que validam a hipótese que o cafeeiro é responsivo a elevadas dosagens de fósforo (DIAS et al., 2015; MERA et al., 2011; REIS et al., 2013), foram realizadas em solos argilosos com baixos teores de fósforo. De acordo com Amaral et al. (2011) e Guzman (2017), em solos com baixo conteúdo de P as respostas são mais evidentes.

Em resumo, acredita-se que a adubação fosfatada aplicada no plantio (278 kg ha⁻¹), associada aos bons índices do macronutriente no solo (Tabela 1), foi suficiente para suprir a demanda do cafeeiro dentro do período analisado.

Adicionalmente, o conteúdo adequado de água no solo proporcionado pela irrigação e pelas precipitações pluviométricas, podem ter promovido um aumento na mobilidade do nutriente no perfil do solo e conseqüentemente maior disponibilidade para cultura com maior eficiência na utilização independentemente dos tratamentos avaliados.

5.2 Custo de produção e análise econômica simplificada

As Tabelas 3 e 4 apresentam o percentual de participação de cada componente do custo total de produção da atividade cafeeira na combinação dos tratamentos com lâminas de irrigação e dosagens de fósforo. A coluna “Média geral” apresentada na tabela 4 informa a média dos dados de todos os tratamentos contidos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Percentagem dos custos fixos e custos variáveis da produção acumulada de três safras do cafeeiro para as diferentes combinações de lâmina de irrigação ($K_i = 0,3$, $K_i = 0,7$ e $K_i = 1,0$) e doses de adubação fosfatada.

Especificações	Lâminas de irrigação (K_i) e doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)											
	$K_i = 0,4$				$K_i = 0,7$				$K_i = 1,0$			
	0	80	240	720	0	80	240	720	0	80	240	720
Terra	2,1	2,0	1,9	1,8	2,0	2,0	1,9	1,7	2,0	2,0	1,9	1,7
Formação lavoura	3,0	3,0	2,9	2,6	3,0	2,9	2,8	2,5	3,0	2,9	2,8	2,5
Benfeitorias	1,1	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,0	0,9
M. e equipamentos	3,2	3,1	3,0	2,8	3,2	3,1	3,0	2,7	3,1	3,1	3,0	2,6
Sistema de irrigação	4,7	4,6	4,4	4,1	4,7	4,6	4,4	3,9	4,6	4,5	4,4	3,9
Administração	1,1	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9
Custo fixo total	15,2	14,9	14,3	13,1	15,1	14,8	14,2	12,7	14,9	14,6	14,0	12,5
Mão de obra	17,6	17,2	16,6	15,2	17,5	17,1	16,5	14,7	17,2	16,9	16,2	14,6
Calagem	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
M. e equipamentos	16,7	16,3	15,7	14,3	16,5	16,2	15,6	13,9	16,3	16,0	15,4	13,8
Fertilizante fosfatado ¹	2,5	4,6	8,5	19,0	2,5	4,6	8,5	18,5	2,5	4,5	8,4	18,3
Outros fertilizantes ²	26,6	25,8	24,4	19,0	26,4	25,7	24,2	20,6	26,1	25,3	23,9	20,4
Custo total com fertilizantes (1+2)	29,1	30,4	32,9	38,1	28,9	30,2	32,7	39,1	28,6	29,8	32,1	38,7
Defensivo agrícola	5,7	5,6	5,4	4,9	5,7	5,5	5,3	4,8	5,6	5,5	5,3	4,7
Energia elétrica	1,3	1,3	1,2	1,1	2,0	1,9	1,8	1,6	3,2	3,1	3,0	2,7
Gasto com água	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Utensílios	1,7	1,6	1,6	1,4	1,7	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6	1,6	1,4
Despesas gerais	6,8	6,6	6,4	5,8	6,7	6,6	6,3	5,7	6,6	6,5	6,2	5,6
Custo alternativo	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9
Custo variável total	84,8	85,1	85,7	86,9	84,9	85,2	85,8	87,3	85,1	85,4	86,0	87,5
Custo total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 4. Percentagem dos custos fixos e custos variáveis da produção acumulada de três safras do cafeeiro para as diferentes combinações de lâmina de irrigação (Ki = 1,3 e Ki = 1,6) e doses de adubação fosfatada.

Especificações	Lâminas de irrigação (Ki) e doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)								Média geral
	Ki = 1,3				Ki = 1,6				
	0	80	240	720	0	80	240	720	
Terra	2,0	2,0	1,9	1,7	2,0	1,9	1,9	1,7	1,9
Formação lavoura	2,9	2,9	2,8	2,5	2,9	2,8	2,7	2,5	2,8
Benfeitorias	1,1	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0
M. equipamentos	3,1	3,0	2,9	2,6	3,1	3,0	2,9	2,6	3,0
Sistema de irrigação	4,6	4,5	4,3	3,9	4,5	4,4	4,3	3,8	4,4
Administração	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Mão de obra	17,1	16,7	16,1	14,4	16,9	16,6	15,9	14,3	16,3
Calagem	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7
M. equipamentos	16,1	15,8	15,2	13,7	16,0	15,7	15,1	13,5	15,4
Fertilizante fosfatado ¹	2,4	4,5	8,3	18,1	2,4	4,4	8,2	18,0	8,4
Outros fertilizantes ²	25,8	25,1	23,7	20,2	25,5	24,8	23,5	20,0	23,8
Custo total com fertilizantes (1+2)	28,2	29,6	32,0	38,3	27,9	29,2	31,7	38,0	32,2
Defensivo agrícola	5,5	5,4	5,2	4,7	5,5	5,4	5,2	4,6	5,3
Energia elétrica	4,1	4,0	3,9	3,5	5,0	4,9	4,7	4,3	2,9
Gasto com água	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Utensílios	1,6	1,6	1,5	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4	1,6
Despesas gerais	6,6	6,4	6,2	5,5	6,5	6,4	6,1	5,5	6,2
Custo alternativo	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9	4,9	4,8
Custo variável total	85,3	85,6	86,1	87,6	85,4	85,7	86,3	87,7	86,0
Custo total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Os custos fixos e variáveis médios representaram 14 e 86% do custo total, respectivamente, estando próximos aos valores citados pela literatura. Evangelista et al. (2011) encontraram para os custos fixos totais valores entre 17,64 e 21,49% e para os custos variáveis totais valores entre 78,64 e 82,16%. Já Oliveira et al. (2010) encontram participações da ordem de 9,1 e 13,7% para custos fixos totais, e 86,3 e 90,9 % para os custos variáveis totais.

O custo referente às fontes solúveis de fertilizantes (itens 10 e 11) contribuiu significativamente na composição do custo de produção (entre 27,9 % do custo total para a menor dosagem (tabela 4) e 39,1% para a maior dosagem (Tabela 3)). Coelho

et al. (2002) também verificaram uma participação expressiva do item adubação, em torno de 60%.

A combinação da menor lâmina de irrigação com a menor dosagem de fósforo proporcionou a menor participação nos custos variáveis (84,8% - R\$19.540,45 ha⁻¹), enquanto a combinação da maior lâmina de irrigação com maior dose de adubação apresentou a maior participação em relação ao custo total da produção (87,7% - R\$ 24.820,62 ha⁻¹). Esse acréscimo se deu em função principalmente do custo com a adubação fosfatada, pois esta representou participação entre 18,0% e 19,0% na dosagem máxima. Em resumo, observa-se que a adubação fosfatada na maior dosagem

elevou significativamente os custos com fertilizantes (cerca de 50% do custo total da adubação).

Outros itens que apresentaram uma importante participação no custo de produção foi o sistema de irrigação para o custo fixo (4,4%), insumos agrícolas (37,5%) (itens 10, 11, e 12) e com mão de obra (16,3%) para custos variáveis. Esses

resultados corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (2010), Evangelista et al. (2011) e Fernandes et al. (2016).

A Tabela 5 apresenta os custos médios observados na produção de grãos de café, em relação aos diferentes tratamentos combinados de lâmina de irrigação e doses de adubação fosfatada.

Tabela 5. Custos econômicos e operacionais médios por saca de 60 kg da produção de café, referente aos resultados da aplicação de diferentes tratamentos de lâmina de irrigação e doses de adubação fosfatada.

Fator		CVMe	CTMe	CopVMe	CopTMe	Fator		CVMe	CTMe	CopVMe	CopTMe
Ki	D					D	D				
0,4		437,15	515,29	412,55	454,27		469,09	547,23	442,69	484,41	
0,7		440,75	518,89	415,95	457,66		472,69	550,83	446,09	487,80	
1,0	0	447,94	526,08	422,73	464,45	240	479,88	558,02	452,88	494,59	
1,3		453,34	531,48	427,83	469,54		485,28	563,41	457,97	499,68	
1,6		458,73	536,87	432,92	474,64		490,67	568,81	463,06	504,78	
0,4		447,88	526,02	422,68	464,39		520,03	598,17	490,77	532,48	
0,7		451,48	529,61	426,07	467,79		537,30	615,43	507,06	548,78	
1,0	80	458,67	536,81	432,86	474,58	720	544,49	622,63	513,85	555,56	
1,3		464,07	542,20	437,95	479,67		549,89	628,02	518,94	560,66	
1,6		469,46	547,60	443,04	484,76		555,28	633,42	524,03	565,75	

CVMe – custo variável médio; CTMe – custo total médio; CopFMe – custo operacional fixo médio; CopVMe – custo operacional variável médio; LI - Lâminas de irrigação e D – doses de P₂O₅.

Verifica-se que no uso da maior dosagem de fósforo (720 kg ha⁻¹), independentemente da lâmina de irrigação, ocorrerá a descapitalização do recurso empregado, pois a receita média (R\$ 487,40), obtida com a venda do produto, não reembolsa as despesas de custeio com recursos variáveis (3e - RMe < CopVMe). De acordo com Reis (2007), essa situação determina a necessidade de subsidiar a atividade produtiva, sendo o abandono da atividade uma alternativa para minimizar os prejuízos.

Na dosagem de fósforo de 240 kg ha⁻¹, combinado com as lâminas de irrigação iguais ou superiores à fração Ki igual à 1, o cenário econômico também é de prejuízo, visto que parte do custo fixo do capital empatado na atividade não será reembolsado (3c - CopTMe > RMe >

CopVMe). Porém, os custos variáveis são totalmente cobertos pela receita média. A tendência a médio e longo prazo, se persistir essa situação, é de mudança da atividade (REIS, 2007).

Nas demais situações (tratamentos com dosagens de 0 e 80 kg ha⁻¹ e tratamento com a dose 240 kg ha⁻¹ combinado com a fração da lâmina de irrigação de 0,4 e 0,7), o cenário econômico é de viabilidade. A receita média paga todos os recursos aplicados na atividade (3a - CTMe > RMe > CopTMe), contudo a receita média é menor que a que poderia ser obtida em outra atividade. Ou seja, a atividade está rendendo menos do que os juros da base de cálculo para custo alternativo (poupança).

Para esse estudo, o fator dose de fósforo foi determinante para o desempenho econômico da atividade, uma vez que sua

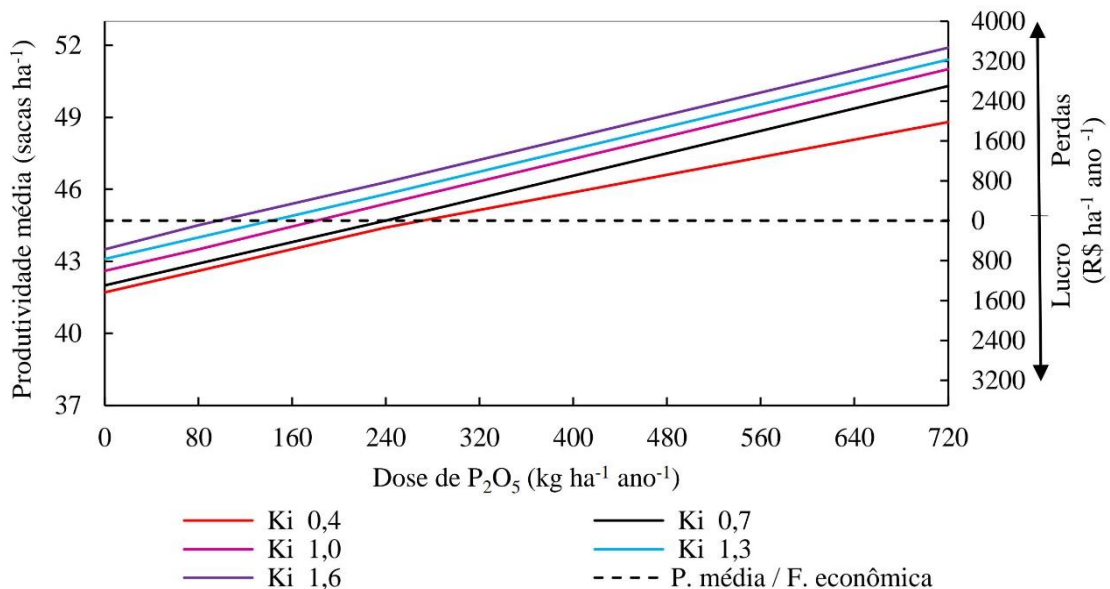
participação definiu viabilidade ou inviabilidade econômica do empreendimento. Em relação a variável fração da lâmina de irrigação, verifica-se que Ki 0,4 proporcionou um retorno econômico suficiente e mais rentável, diferentemente de Oliveira et al. (2010) e Evangelista et al. (2011) que verificaram melhor desempenho monetário na lâmina de irrigação com 100% de reposição da calculada como ideal.

Salienta-se, que a margem de lucro está associada ao preço de venda, que por sua vez, está sujeito a oscilação do mercado e isso pode levar a diferentes respostas quanto à viabilidade econômica da atividade cafeeira (OLIVEIRA et al., 2010). Como exemplo, em abril 2011 a cotação do café atingiu a maior cotação da última década (RMe = R\$ 716,02 saca^{-1} , valores corrigidos pelo índice de correção IGP-M

(FGV)) (COOXUPÉ, 2017). Em um cenário projetado para esta situação, a receita estaria acima do ponto de nivelamento e a RMe pagaria todos os recursos aplicados, além de proporcionar um lucro adicional, superior ao de outras alternativas de mercado (REIS, 2007). Por outro lado, em novembro de 2013 a cotação do café foi de R\$ 293,17 saca^{-1} (valores corrigidos pelo índice de correção IGP-M (FGV)) (COOXUPÉ, 2017), a menor dos últimos dez anos. Já para esta situação todos os cenários seriam de prejuízo (REIS, 2007).

Na Figura 3 estão representadas as curvas do ponto de nivelamento do resíduo nulo (RMe = CopTMe), situação que paga todos os custos operacionais, curva do retorno econômico, além da curva de produtividade média (44,7 $\text{sacas ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Figura 3. Ponto de nivelamento, retorno econômico (curvas) e produtividade média (linha tracejada), referente aos resultados da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação fosfatada.



Ao plotar uma reta vertical no eixo da dosagem até a curva de fração de lâmina ideal de irrigação desejada, verifica-se a produtividade mínima necessária para que aquele tratamento não gere prejuízo. Com isso, é possível observar que no uso das

doses de fósforo entre 0 e 80 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para quaisquer tratamentos de lâmina de irrigação avaliados, não será esperado prejuízo econômico. Já no uso da dose de 240 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, espera-se não haver prejuízo no uso associado aos tratamentos

de reposição de água de 0,4 e 0,7. Nas demais interações, a produtividade alcançada (linha tracejada) está abaixo do mínimo preconizado, ou seja, é insustentável economicamente. Nota-se também, que o tratamento com dosagem de 720 kg ha⁻¹, nas lâminas de irrigação Ki 0,4; 0,7; 1,0; 1,3 e 1,6; seria necessária uma produtividade de 48,8; 50,3; 51,0; 51,4 e 51,9 sacas ha⁻¹, respectivamente, para que a receita fosse igual aos custos operacionais, onde a partir dessas produtividades ter-se-ia lucro.

Diferentemente do que foi encontrado por Oliveira et al. (2010) e Evangelista et al. (2011), em que a produtividade acima do ponto de nivelamento no melhor tratamento foi de 12,3 e 13,6 sacas ha⁻¹ respectivamente, no presente estudo verificou-se margem de 3,0 sacas ha⁻¹ (diferença entre o ponto de nivelamento e a produtividade alcançada).

Para o eixo perdas/receitas, ao plotar uma reta vertical no eixo da dosagem até a curva desejada (referente cada tratamento com frações da lâmina ideal de irrigação), verifica-se o lucro ou prejuízo gerado em cada interação entre os tratamentos e nesse caso a linha tracejada representa a fronteira econômica entre o lucro e perdas. Com isso, constata-se que no tratamento com dose (P₂O₅) de 0 kg ha⁻¹ nas lâminas de irrigação Ki 0,4, 0,7, 1,0, 1,3 e 1,6 margem de lucro foi de R\$ 1478,97, R\$ 1327,25, R\$ 1023,79,

R\$ 796,20 e R\$ 568,61 ha⁻¹ ano⁻¹ respectivamente. Já no tratamento com dose (P₂O₅) de 720 kg ha⁻¹ nas lâminas de irrigação Ki 0,4, 0,7, 1,0, 1,3 e 1,6 as perdas foram de R\$ 2017,14, R\$ 2745,40, R\$ 3048,85, R\$ 3276,44 e R\$ 3504,03 ha⁻¹ ano⁻¹ respectivamente.

Percebe-se que o uso da adubação fosfatada no cafeeiro, por meio da fertirrigação, deve ser avaliada no âmbito econômico, haja vista o grande impacto que o produto acarreta sobre o setor produtivo. Nesse sentido, a avaliação técnica e econômica deve ser feita para auxiliar na tomada de decisão do empreendedor.

6 CONCLUSÕES

Para condição experimental com déficit hídrico abaixo do crítico o uso do tratamento com dosagem de fósforo 240 kg ha⁻¹ associado à lâmina de irrigação acima de 70% da ideal e os tratamentos com dosagem de fósforo 720 kg ha⁻¹ apresentaram-se inviável economicamente.

O uso de fração de Ki correspondentes a lâminas de 40% da ideal foi suficiente para alcançar a máxima produtividade e eficiência econômica.

Em solos com elevados índices de fósforo o cafeeiro não é responsivo a doses suplementares de adubação fosfatada.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

CAFÉ. **Agrianual 2017**: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, p. 520, 2017.

- AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G.; FERNANDES FILHO, E. I.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 621-629, 2011.
- AQUINO, L. A. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 355-361, 2012.
- BATAGLIA, O. C. Resposta à adubação fosfatada na cultura do café. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p. 307-328.
- BONOMO, R.; SILVEIRA NETO, A. N.; OLIVEIRA, L. F. C.; BONOMO, P. Produtividade de Cafeeiros Arábica Irrigados no Cerrado Goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.
- CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; FARIA, R. T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SERA, T.; CHAVES, J. C. D.; KOGUSHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001. Número Especial Zoneamento Agrícola.
- CEIVAP. **Mecanismos e critérios de cobrança**. Rio de Janeiro: CEIVAP, 2017. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/mecobranca.php>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- CEPEA. **PIB do agronegócio brasileiro**. São Paulo: CEPEA, 2017. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- COELHO, G.; SILVA, A. M.; SILVA, P. M.; LIMA, E. P. Custo de produção da cafeicultura irrigada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1534-1540, 2002. Edição Especial.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica custos café arábica 2003 a 2016**. Brasília, DF: Conab, 2017a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/414-planilhas-de-custos-de-producao-series-historicas>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica das safras. Brasília, DF: Conab, 2017b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- COOXUPÉ. **Cotação do Café**. Guaxupé: Cooxupé, 2017. Disponível em: <https://www.cooxupe.com.br/cotacoes/>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- CORRÊA, J. B.; REIS JUNIOR, R. A.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1279-1286, 2001.

COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; HELBEL JÚNIOR, C. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência e Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 571-581, 2010.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DIAS, K. G. L.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T.H. P.; OLIVEIRA, C. H. C. Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 2, p. 110-120, 2015.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

EVANGELISTA, A. W. P.; LIMA, L. A.; SILVA, A. C.; MARTINS, C. P. Viabilidade financeira da produção de café irrigado em regiões aptas ao cultivo não irrigado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 137-146, 2011.

FERNANDES, A. L. T.; TAVARES, T. O.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Viabilidade técnica e econômica da irrigação localizada do cafeeiro, nas condições climáticas do Planalto de Araxá, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 347-358, 2016.

FIGUEIREDO, V. C.; MANTOVANI, J. R.; LEAL, R. M.; MIRANDA, J. M. Levantamento da fertilidade do solo nas lavouras cafeeiras em produção na Região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 306-313, 2013.

GALLO, P. B.; RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; PEREIRA, L. C. E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 341-351, 1999.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **ITEM**, Brasília, DF, n. 73, p. 52-61, 2007.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A.W. R.; ALVAREZ V., V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VEIGA, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.

GUZMAN, R. M. R. Phosphorus isotopic evaluation of a Red Ferralitic soil under various fertilization systems. **Nucleus**, Ciudad de La Habana, n. 61, p. 6-10, 2017.

KARASAWA, S.; FARIA, M. A.; GUIMARÃES, R. J. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG-1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 28-34, 2002.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MERA, A. C.; OLIVEIRA, C. A. S.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 302-311, 2011.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação Solo-Planta. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 133-204.

OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, R. Z.; BORGES, L. B.; WEHR, T. R.; BONOMO, R. Coeficiente de cultura e relações hídricas do cafeeiro, cultivar catucaí, sob dois sistemas de manejo da irrigação. **Revista Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 154-162, set. 2007.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SILVA, M. L. O. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaíá considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 887-896, 2010.

PEREIRA, A. R.; CAMARGO, M. B. P.; VILLANOVA, N. A. Coffee crop coefficient for precision irrigation based on leaf area index. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 946-951, 2011.

PINTO, H. S.; ZULO JUNIOR, J.; ASSAD, E. D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, p. 495-500, 2001. Número Especial.

RAIJ, B. V. ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007.

REIS, T. H. P.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUERRA, A. F.; OLIVEIRA, C. H. C. Estado nutricional e frações foliares de P no cafeeiro em função da adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 7, p. 765-773, 2013.

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; DE ALMEIDA, F. F. D. Microweather conditions, phenology and external morphology of coffee trees in shaded and full sun systems. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2014.

SANTORO, B. L.; SATO, L. M.; BRUNHARA, J. P. B.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Monitoramento da distribuição de uma solução no solo via fertirrigação por gotejamento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 572-586, 2013.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; ZONTA, J. H.; MATOS, A. T.; OLIVEIRA, R. A. Uso da reflectometria no domínio do tempo para avaliar a distribuição de fósforo em colunas de solos fertirrigados. **Idesia**, Arica, v. 30, n. 1, p. 45-53, 2012.

SATO, F. A.; SILVA, A. M.; COELHO, G.; SILVA, A. C.; CARVALHO, L. G. Coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras - MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 383-391, 2007.

SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, p. 193-202, 2011.

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

SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 9-16, 2011.

SOUZA, A. J. J.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; COLOMBO, A. Doses de fósforo no desenvolvimento inicial de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 284-288, 2014.

SOUZA JÚNIOR, R. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; FREIRE, F. J.; ARRUDA, J. A. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 159-169, 2012.

VALADARES, S. V.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ROSA, G. N. G. P.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVAREZ, V. H. Yield gains of coffee plants from phosphorus fertilization may not be generalized for high density planting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 905-911, 2014.

VIEIRA, G. H. S.; MONTIVANI, E. C.; SOARES, A. A.; MONTES, D. R. P.; CUNHA, F. F. Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamento e tamanhos de área. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 53-61, 2011.

VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, J. L.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO-NETO, D.
Estimativa do coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória.
Resumos [...]. Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. p. 582-591.