

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

**PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE CAFEEIRO UTILIZANDO-SE
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO NA REGIÃO
NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

MARINGÁ

PARANÁ – BRASIL

FEVEREIRO - 2010

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

**PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE CAFEEIRO UTILIZANDO-SE
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO NA REGIÃO
NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

MARINGÁ

PARANÁ - BRASIL

FEVEREIRO – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

Costa, André Ribeiro da, 1982-

C837p Produtividade de duas cultivares de cafeeiro
utilizando-se sistema de irrigação localizada por
gotejamento na região noroeste do estado do Paraná /
André Ribeiro da Costa. -- Maringá, 2010.

xv, 96 f. : figs., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Roberto Rezende.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

1. Cafeicultura - Adubação. 2. Fertirrigação -
Gotejamento - Café - Produtividade. 3. Cafeicultura -
Irrigação - Gotejamento - Produtividade - Noroeste do
Paraná (BR). 4. Cultivar IAPAR-59. 5. Cultivar Obatã.
6. Café - Plantio adensado. I. Rezende, Roberto,
orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.ç III. Título.

CDD 21.ed. 633.7387

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

**PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE CAFEEIRO UTILIZANDO-SE
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO NA REGIÃO
NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2010.

Prof. Dr. Paulo Sérgio L. de Freitas

Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

Prof. Dr. Roberto Rezende

(Orientador)

A Deus por renovar as minhas forças e permitir que eu enfrentasse as barreiras encontradas nesta árdua caminhada.

A meus pais por sempre me mostrarem que o estudo é algo de tão grande valor e que nunca poderá ser retirado ou perdido e também pelo apoio e compreensão.

A todos que de uma forma ou de outra deixaram a sua contribuição ao longo desta jornada.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter permitido a realização do milagre da vida e de qualquer realização que seja impossível aos olhos dos seres humanos.

Ao professor Orientador, Dr. Roberto Rezende, pela sua amizade, pelo seu apoio, por seu companheirismo, pelo convívio, pelos conselhos dados, pela orientação e pela oportunidade concedida para a realização deste estudo;

Ao professor Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas pelo valioso auxílio na análise estatística dos dados;

Aos professores do curso de Pós Graduação, pelos ensinamentos obtidos nas mais diversas disciplinas ministradas ao longo desta caminhada;

Aos funcionários da secretaria do curso de Pós Graduação, pelo apoio durante o trabalho;

Aos amigos Sidnei Douglas Cavalieri e Rodrigo Garcia de Oliveira (*in memoriam*) pelos constantes incentivos a realização deste curso;

À minha família pelo apoio, incentivo, compreensão e motivação durante o transcorrer do curso;

Aos funcionários do Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá que contribuíram para a implantação, manejo do experimento, permitindo o estudo dos resultados alcançados neste trabalho: Eduardo Generoso, Osmar Passolongo, Amaurídio, Nelson, Jorge e Genias;

Ao Doutor em Agronomia pelo Programa de Pós – Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá Celso Helbel Junior por iniciar estes estudos na cultura do cafeeiro possibilitando também a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Agronomia - PGA pela oportunidade de realização deste curso;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Finalmente, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização e sucesso desse trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANDRE RIBEIRO DA COSTA, filho de Daniel Ribeiro da Costa e Maria Helena da Costa, nascido em São Paulo, Estado de São Paulo, no dia 21 de fevereiro de 1982.

Em 2005, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Estadual de Maringá, no Estado do Paraná.

Em março de 2008, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, com ênfase na linha de pesquisa Engenharia de Água e Solo, Irrigação e Drenagem na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL	4
2.1 A cafeicultura no contexto do mercado agrícola brasileiro e mundial	4
2.2 Aspectos botânicos e morfológicos do cafeeiro	6
2.2.1 Botânica do cafeeiro	6
2.2.2 Espécie <i>Coffea arabica</i> L.	6
2.2.3 Morfologia do cafeeiro	7
2.3. Cultivares de cafeeiro	8
2.3.1 A Cultivar IAPAR – 59	8
2.3.2. A Cultivar Obatã	9
2.4. Irrigação e produtividade do cafeeiro	9
2.5 Fertirrigação e produtividade do cafeeiro	13
2.6 Nutrição mineral do cafeeiro	18
2.6.1 Nitrogênio na cultura do café	18
2.6.2. Fósforo na cultura do café	23
2.6.3. Potássio na cultura do café	26
3. Capítulo I – Produtividade de duas cultivares de cafeeiro, utilizando-se irrigação localizada	31
3.1. Resumo	32
3.2. Abstract	33
3.3. Introdução	34
3.4 Material e Métodos	36
3.5 Resultados e Discussão	40
3.6 Conclusões	48

4. Capítulo II – Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro, utilizando irrigação por gotejamento	49
4.1. Resumo	50
4.2. Abstract	51
4.3. Introdução.....	52
4.4. Material e Métodos	54
4.5. Resultados e Discussão	59
4.6. Conclusões.....	71
5 CONCLUSÕES GERAIS	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICES	87

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	Análise de variância para a característica da produtividade (PROD), para as cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR – 59.....	40
Tabela 2	Valores médios obtidos para a característica da produtividade, em função dos diferentes cultivos, para as cultivares de cafeeiro IAPAR – 59 e Obatã.....	45

CAPÍTULO II

Tabela 1	Resumo da análise de variância, para a variável resposta número total de ramos plagiotrópicos, das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR – 59.	59
Tabela 2	Valores médios obtidos para a característica número de ramos plagiotrópicos (NTRP), para as cultivares Obatã e IAPAR – 59.....	60
Tabela 3	Estimativa e significância dos parâmetros da regressão linear, para o número de ramos plagiotrópicos dos cultivos irrigados e da regressão quadrática, para o número de ramos plagiotrópicos, dos cultivos fertirrigados do cafeeiro Obatã.....	61
Tabela 4	Estimativa e significância dos parâmetros da regressão quadrática, para o número de ramos plagiotrópicos totais, no cultivo irrigado da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59.....	63
Tabela 5	Resumo da análise de variância, para a variável resposta produtividade das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR – 59.....	64

Tabela 6	Estimativa e significância dos parâmetros da regressão quadrática, para a produtividade das lavouras da cultivar de cafeeiro Obatã.....	65
Tabela 7	Estimativa e significância dos parâmetros da regressão quadrática, para a produtividade dos cultivos do cafeeiro IAPAR – 59.....	67
Tabela 8	Valores médios obtidos para a característica da produtividade (PROD) e produtividade relativa (P.R), em função dos diferentes cultivos, para as cultivares de cafeeiro IAPAR – 59 e Obatã.....	68

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1	Precipitação pluvial, ocorrida no período do experimento.....	37
Figura 2	Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, no cultivo não irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	41
Figura 3	Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, no cultivo irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	42
Figura 4	Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, no cultivo fertirrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	42
Figura 5	Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59, no cultivo não irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	43
Figura 6	Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59, no cultivo irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	44
Figura 7	Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59, no cultivo fertirrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.....	44

CAPÍTULO II

Figura 1	Temperaturas médias mensais do ar, registradas no período compreendido, entre agosto de 2006 e abril de 2008.....	55
Figura 2	Totais mensais de precipitação pluvial e lâminas aplicadas de irrigação no período compreendido, entre agosto de 2006 e abril de 2008.....	56
Figura 3	Número total de ramos plagiotrópicos do cafeeiro, nos cultivos irrigados (A) e fertirrigados (B), da cultivar Obatã, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.....	62
Figura 4	Número total de ramos plagiotrópicos do cafeeiro, nos cultivos irrigados da cultivar IAPAR – 59, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.....	63
Figura 5	Produtividade do cafeeiro, nos cultivos não irrigados (A), irrigados (B) e fertirrigados (C) da cultivar Obatã, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.....	66
Figura 6	Produtividade do cafeeiro, nos cultivos não irrigados (A), irrigados (B) e fertirrigados (C) da cultivar IAPAR – 59, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.....	67

RESUMO

RIBEIRO DA COSTA, André, M.S., Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando-se sistema de irrigação localizada por gotejamento na região noroeste do Estado do Paraná.** **Professor Orientador:** Roberto Rezende. **Professor Conselheiro:** Paulo Sérgio L. de Freitas

As técnicas de irrigação, possibilitam a introdução das culturas agrícolas, em áreas que, até então, são consideradas como inaptas ao plantio, em virtude da ocorrência de adversidades climáticas. Além disso, no caso da cultura do café, contribuem para o aumento da produtividade e da melhoria da qualidade, da bebida e, até mesmo, em áreas tradicionalmente produtoras dos grãos, como as Regiões Norte e Noroeste, do Estado do Paraná. Busca-se na irrigação, a regularidade no suprimento de água necessário às plantas. É possível utilizar-se da aplicação de fertilizantes, por meio da água de irrigação, sendo que a esta técnica denomina-se fertirrigação. Desta maneira, os fertilizantes são aplicados, com maior eficiência e com a utilização de menor mão-de-obra e, conseqüentemente, acarretando uma diminuição nos custos de produção, o que favorece o aumento do lucro dos cafeicultores e a realização de novos investimentos nas lavouras. Dentro deste contexto apresentado, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de cultivos (não irrigados, irrigados e fertirrigados), combinados com as porcentagens de doses de NPK (50%, 100%, 150%, 200%), na produtividade e no número de ramos plagiotrópicos, das cultivares de cafeeiro IAPAR – 59 e Obatã. O experimento foi conduzido em uma área experimental, do Centro Técnico de Irrigação (CTI), do órgão vinculado ao Departamento de Agronomia (DAG) e da Universidade Estadual de Maringá (UEM). A observação dos resultados, permite inferir que foram detectadas diferenças significativas, nas duas variáveis analisadas. A irrigação e a fertirrigação, promoveram aumentos na produtividade e no número de ramos plagiotrópicos totais dos cafeeiros, em estudo. Em relação à primeira variável, foi encontrada uma resposta em comum, ou seja, a dose mais

adequada de NPK. Para ambas cultivares, nos diversos cultivos, foi a de 150%, que correspondeu à aplicação de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹, de K₂O. E, em relação a segunda variável, pode-se dizer que não foi encontrado um comportamento uniforme; isto é, foram encontradas respostas distintas, referentes às doses de NPK, nos diversos cultivos para cada cultivares de cafeeiro, estudada.

Palavras chave: adubação, cafeicultura, estratégias, fertirrigação, rendimentos.

ABSTRACT

RIBEIRO DA COSTA, André, M.S. State University of Maringá, Maringá – Paraná/Brazil, February, 2010. **Productivity of two cultivars of coffee using up system for drip irrigation located in the northwest region of the state of Parana. Supervisor:** Dr Roberto Rezende. **Assistant supervisor:** Paulo Sérgio L. de Freitas.

The techniques of irrigation, permits the introduction of the agricultural cultures in areas, that even are considered as unsuited to crop, because of the incident of climactic adversity. Besides, in the case of coffee culture contributes for the increase of productivity, and of the improvement of the quality of drink, even same in traditionally producer of grains, as the Northwest and North Regions of Parana State. Search – if in the irrigation the regularity in the water supply necessary for the plants. It is possible to take place the application of the fertilizers, through of the irrigation water, being this technique called fertirrigation. Thus, the fertilizers are applied, with more efficiency and with the use of smaller labor, therefore leading a reduction in the production costs, what favors the increase of the gain of coffee – growth and the realization of new investments in the tillings. Inside this context presented, this work has for objective to value the effect of cultivations (non irrigated, irrigated and fertirrigated) combined with percentages of doses of NPK (50%, 100%, 150%, 200%) in the productivity and in the number of plagiotropic branches, in the coffee cultivars IAPAR – 59 and Obatã. The experiment was conducted in a experimental area of the Technical Center of Irrigation (CTI), bound institution to Department of Agronomy (DAG) of the State University of Maringá (UEM). The observation of the results, permits infer what were detected significant differences, in the two analyzed variables. The irrigation and fertirrigation, promoted increases in the productivity and in the number of plagiotropic total branches of the coffee plants, in study. In respect to first variable been found an answer common, in other words, the dose more appropriate of NPK for both cultivars in the various cultivations been the of 150% that corresponded the

application of 225 kg ha⁻¹ of N, 45 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 225 kg ha⁻¹ of K₂O and in relation to second variable can to claim to be what been not found an uniform behaviour, that is were found different answers, concerning doses of NPK in the different cultivations for each grow coffee, studied.

Key words: fertilization, coffee growing, fertirrigation, income, strategies.

1. INTRODUÇÃO

As plantas de café são oriundas do continente africano e, hoje, ocupam as mais diversas áreas agricultáveis mundiais. Existem cerca de 10 mil espécies de cafeeiro. Todavia, as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, são as únicas que têm seu produto cotado internacionalmente, sendo que a primeira espécie, a qual possui maior qualidade, corresponde à maior parte do café comercializado mundialmente. O cultivo do café, sempre teve uma grande importância no panorama do mercado agrícola brasileiro, bem como na economia também.

Atualmente, o Brasil lidera, de uma forma absoluta, a produção de café em nível mundial, chegando a responder por aproximadamente 35% do total (ABIC, 2009a). O nosso país possui uma vasta área territorial e clima tropical, sendo estas, condições favoráveis ao cultivo do grão e a adaptação da planta.

Os sistemas agrícolas, devem sempre passar por inovações tecnológicas, que proporcionem a garantia de produtividade, o que viabiliza a atividade rural e ao mesmo tempo, a produção de alimentos de alta qualidade em larga escala. Dentro deste cenário, a irrigação engloba um conjunto de técnicas, que tem por objetivo regularizar o fornecimento de água as culturas, em especial, as de interesse agrônômico, a fim de que as adversidades climáticas não representem fatores limitantes à produção.

Em épocas menos remotas, costumava-se praticar a cafeicultura em áreas não irrigadas, contudo, a cafeicultura brasileira passou por algumas modificações na década de 90 e, em âmbito geral, foi necessário que o sistema de produção crescesse em nível tecnológico.

Para atender a estas necessidades, a irrigação do cafeeiro ganhou uma grande importância no sistema de produção brasileiro, visto que, é uma técnica que se mostra como uma das soluções mais eficientes para a redução das baixas produtividades, devido à ocorrência de períodos de estiagem denominados veranicos. A realização da irrigação do cafeeiro, não é apenas uma característica de regiões com restrições hídricas, sendo que em áreas

tradicionais de cafeicultura de sequeiro, é uma técnica que auferiu ganhos a produtividade da lavoura, bem como, a qualidade da bebida.

Assim como uma grande parte das culturas, o cafeeiro também necessita da água, que deve estar disponível no solo, para que ocorra o crescimento dos ramos laterais e de suas respectivas ramificações, no período de formação, que corresponde à fase em que a planta lança suas bases para poder começar a sua vida produtiva.

Através da água de irrigação, podem ser veiculados os mais diversos produtos químicos, dentre os quais, a saber: inseticidas, nematicidas, fungicidas, herbicidas e, principalmente, fertilizantes. O processo de aplicação destes produtos, denomina-se Quimigação.

A evolução da irrigação e principalmente dos sistemas localizados, possibilitou a introdução da técnica de fertirrigação na cafeicultura. Por meio desta prática inerente a agricultura irrigada, os fertilizantes químicos são transportados e distribuídos à cultura, através da água de irrigação.

A irrigação e a fertirrigação constituem práticas modernas de condução das lavouras cafeeiras, que poderão contribuir intensamente para a elevação da produtividade em áreas, em que as restrições hídricas são fatores limitantes e até mesmo em áreas que possuem grande disponibilidade de água, em virtude de uma melhor nutrição das plantas. Ao mesmo tempo, são técnicas que podem contribuir para a diminuição dos custos de produção, o que favorece o aumento da margem de lucro do cafeicultor.

Dentre os elementos minerais mais aplicados, por meio da água de irrigação, destacam-se o nitrogênio e o potássio, os quais são altamente solúveis, sendo também de fácil mobilidade no solo. Em relação ao fósforo, é um elemento de menor solubilidade, mas, pode ser aplicado no sulco de plantio em fertirrigação, uma vez que, desta forma, sua mobilidade aumenta, tornando-se, assim, menos fixado no solo.

Atualmente, não existem muitas informações referentes ao uso da fertirrigação na cultura do café, de modo que, as informações referentes à adubação da cultura sugerem a aplicação dos nutrientes, através do solo ou da prática da adubação foliar.

Alguns autores relataram que a prática da fertirrigação, trouxe incrementos significativos à produtividade da cultura do cafeeiro. Contudo, uma

boa parte dos trabalhos relacionados, com seu efeito na produtividade da cultura do cafeeiro, é oriunda de outros Estados que não o Estado do Paraná. Tal fato, reforça a importância da realização de um maior número de experimentos, em condições paranaenses a fim de que novas informações referentes a esta prática possam ser divulgadas.

Considerando-se as hipóteses de que a irrigação trará ganhos, principalmente, a produtividade da cultura, contribuindo para a racionalização dos custos de produção e que a aplicação dos fertilizantes, por meio da água de irrigação, aumenta a eficácia dos mesmos, bem como, também traz ganhos em especial a produtividade do café. A realização deste trabalho tem por finalidade, avaliar a resposta do cafeeiro à irrigação e fertirrigação, através da aplicação de quatro porcentagens de doses de NPK (50%, 100%, 150% e 200%), em relação à dose recomendada (MATIELLO et al., 2005) e de três cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), na produtividade e no número de ramos plagiotrópicos, das plantas das cultivares de café arábica Obatã e IAPAR - 59.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

2.1. A cafeicultura no contexto do mercado agrícola brasileiro e mundial

A cultura do café começou a ser conduzida no Brasil, a partir do ano de 1727, com a chegada das primeiras mudas e sementes trazidas da Guiana Francesa, pelo sargento-mor Vicente de Melo Palheta, e cultivadas, primeiramente, no Estado do Pará. Posteriormente, a cultura expandiu-se para os Estados do Maranhão, da Bahia, do Rio de Janeiro, de São Paulo, do Paraná e do Espírito Santo (MATIELLO et al., 2005).

Atualmente, alguns Estados brasileiros têm participação mais destacável na atividade cafeeira, dentre os quais, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Rio de Janeiro (CONAB, 2009b).

O Brasil produziu na safra 2008/2009, aproximadamente 39 milhões de sacas beneficiadas do grão (CONAB, 2009b). Este dado, representa uma redução de 14,18%, em relação à safra anterior, quando a produção brasileira chegou a cerca de 46 milhões de sacas.

Este declínio, ocorreu na produção nacional de café arábica, sendo que, deixaram de ser produzidas nesta safra cerca de 6,6 milhões de sacas do grão, o que corresponde a uma defasagem de 18,7% na produção (CONAB, 2009b).

Atualmente, a produção de café arábica responde por 73,1% da safra nacional de café. A produção de café conillon, por sua vez, representa aproximadamente 26,9% da produção brasileira do grão. Os maiores produtores nacionais de café arábica e café conillon, são os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente (CONAB, 2009b).

No Estado do Paraná, tem-se apenas o cultivo do café arábica. Os estudos comparativos dos dados, referentes aos levantamentos anteriores, apontaram queda na produtividade de 8% (CONAB, 2009a), de modo que, esta tendência foi mantida (CONAB, 2009b). Este declínio pode ser explicado pela

estiagem, que ocorreu entre os meses de fevereiro a abril de 2009, que prejudicou a frutificação e, também, pelo excesso de precipitação pluvial, ocorrido na época da colheita, que se estendeu de junho a outubro, que prejudicou a qualidade do produto, bem como, da bebida (CONAB, 2009b). Entretanto, este excesso de precipitação pluvial, favoreceu as lavouras cafeeiras na fase de pré-floração, fato que poderá beneficiar a produção paranaense em 2010 (CONAB, 2009a).

O Brasil é o maior produtor mundial de café, participando com 34,28% da produção, seguido do Vietnã, com 14,53% e da Colômbia com 9,17%. O nosso país também se destaca, por ser o maior exportador de grãos, respondendo por 30,52%, do volume mundial de exportações, também seguido pelo Vietnã, com 19,06% e pela Colômbia, com 12,73% (ABIC, 2009a).

Atualmente, o agronegócio café corresponde a 6,5% das exportações do agronegócio brasileiro, considerando o ranking de exportação, compreendido entre os meses de janeiro a novembro de 2009 (MAPA, 2009). No ano de 2008, o produto agrícola café, contribuiu com 6,6% das exportações nacionais, ocupando a quinta posição no ranking, de produtos agrícolas brasileiros (MAPA, 2008).

A produtividade média das lavouras nacionais aumentou, em 2008, chegando a aproximadamente 21 sacas por hectare, em comparação com a safra 2007/2008, onde o desempenho produtivo médio registrado, foi em torno de 16,6 sacas, por hectare. Entretanto, na safra 2008/2009, a produtividade nacional de café sofreu declínio, atingindo uma média de 18,86 sacas por hectare (CONAB, 2009b).

O café contribui, diretamente, na formação da renda nacional, na criação de receitas cambiais, na transferência de renda aos diversos setores da economia, na geração de empregos e na formação de capital na agricultura (Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, 2006).

2.2. Aspectos botânicos e morfológicos do cafeeiro

2.2.1. Botânica do cafeeiro

O cafeeiro é pertencente ao grupo das plantas Fanerógamas, classe Angiosperma, subclasse Dicotiledônea, ordem Rubiales, família das Rubiáceas, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae e gênero *Coffea* (MATIELLO et al. 2005).

As plantas fanerógamas, caracterizam-se por apresentar sementes e por se reproduzirem a partir delas. São plantas que também possuem raiz, caule e folhas. Podem possuir frutos ou não. As plantas de cafeeiro são consideradas como integrantes da classe das Angiospermas, por apresentarem frutos.

As espécies *Coffea arábica* (café arábica) e *Coffea canephora*, (café robusta), são as mais cultivadas, nas mais diversas regiões produtoras de café no mundo, respondendo praticamente por 100% de todo café comercializado. A primeira espécie, destaca-se por ser mais amplamente comercializada.

2.2.2. Espécie *Coffea arabica* L.

Trata-se de uma espécie de cafeeiro, originada em uma região localizada entre o sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, que ocorre entre 8 a 12º de latitude norte, com altitude média, que varia de 800 a 3000 metros (CARVALHO, 1946).

É uma espécie de cafeeiro, que se caracteriza por possuir ampla variabilidade morfológica, mesmo tendo base genética, pouco a pouco, diversificada (BERTHAUD e CHARRIER, 1988).

As plantas do gênero *Coffea arabica* L. se reproduzem por autogamia, de modo que, de 90 a 99% de suas flores, são geradas por autofecundação (CARVALHO e MONACO, 1965). Apesar deste fato, não foram encontrados relatos, indicando que este processo de reprodução possa ter afetado, negativamente, seu vigor e sua produtividade.

2.2.3. Morfologia do cafeeiro

As plantas de café podem ser classificadas, botanicamente, como arbustos de crescimento contínuo, com ramos dimórficos (CARVALHO et al., 1950; RENA e MAESTRI, 1986), sendo que a sua altura pode variar de 2 a 4 metros, conforme as condições climáticas da região.

Segundo Carvalho e Monaco (1965), a raiz principal do cafeeiro é pivotante e amplamente ramificada, na camada superior do solo. Entretanto, esta raiz é pequena e termina, abruptamente, não ultrapassando os primeiros 30 a 50 cm da superfície do solo. Deste modo, diz-se que as plantas apresentam raízes pseudopivotantes (NUTMAN, 1933; RENA e GUIMARAES, 2000).

O dimorfismo está relacionado, com a direção dos ramos em seu crescimento (MATIELLO et al., 2005). Os ramos que crescem em sentido vertical e que formam as hastes e troncos, são denominados ramos ortotrópicos. Os ramos que saem destas hastes e crescem na direção horizontal, são os ramos plagiotrópicos e correspondem aos ramos produtivos. Ramos que crescem sobre o caule da planta, também são ramos ortotrópicos, mas, são popularmente denominados de “ladrões”.

De acordo com Matiello et al. (2005), as folhas das plantas de cafeeiro são opostas inteiras, coriáceas e persistentes, a maior parte das espécies, apresentam coloração verde mais escura e, brilhante, na face superior do limbo; e mais clara e opaca, com nervuras salientes, na parte inferior.

Existe uma relação entre as folhas e a produtividade. Segundo Favarin et al. (2002), o índice de área foliar (IAF) é um parâmetro indicativo de produtividade, visto que, o processo fotossintético é dependente da incidência de radiação solar, assim como, da interceptação desta fonte de energia e sua conversão em energia química.

As práticas de irrigação, também necessitam do conhecimento do índice de área foliar, uma vez que, as informações fornecidas por esta variável, permitem avaliar a perda de água pelo cafeeiro, o que contribui para seu uso econômico (FAVARIN et al. 2001). Segundo Martins et al. (2007), existe uma grande necessidade da implantação, de sistemas de manejo para a agricultura

irrigada, pois, uma grande parte dos irrigantes não pratica o uso racional da água. Um manejo adequado da lavoura, promove aumento da produtividade e da qualidade da bebida, assim como, diminui os riscos de perdas na produção.

Existe uma relação entre produção e folhas, em sistemas fertirrigados. A produção aumenta em cafeeiros, conduzidos através da fertirrigação e uma das causas desta elevação, está relacionada com um maior enfolhamento das plantas. Carvalho & Chalfoun (1998), afirmaram que, em plantas de cafeeiro que apresentaram baixo enfolhamento, ocorreu pouco vingamento da florada, favorecendo a queda das flores e o chochamento de frutos, contribuindo para a redução da produção e, por conseguinte, a morte dos ramos e deformação das plantas, mediante a ocorrência de cercosporiose em anos consecutivos.

As flores do cafeeiro são de coloração branca, mas, também podem ser amareladas e até mesmo rosadas, como por exemplo, em algumas seleções da espécie *Coffea canephora*. São flores de aspecto tubuloso, as quais têm, em sua corola, variável número de lóbulos. Na espécie *Coffea arabica*, possuem cinco pétalas. O fruto do café pode ser classificado como uma drupa, apresentando duas sementes (MATIELLO et al., 2005).

2.3. Cultivares de cafeeiro

2.3.1. A cultivar IAPAR – 59

Trata-se de uma cultivar de cafeeiro, que apresenta 94% das plantas resistentes ao fungo causador da ferrugem (*Hemileia vastatrix*), de modo que, sua produtividade inicial, considerando-se quatro safras é cerca de 20% superior a alcançada pela cultivar Catuaí, em um mesmo espaçamento de plantio. A maturação é medianamente precoce e os frutos apresentam coloração vermelha. Os brotos são de cor predominantemente bronze. O vigor vegetativo das plantas é inferior ao do Catuaí, sendo o IAPAR - 59, indicado preferencialmente, para regiões mais frias e chuvosas, para solos de maior fertilidade e para plantios adensados (MATIELLO et al., 2005).

2.3.2. A cultivar Obatã

As plantas de cafeeiro pertencentes a cultivar Obatã, apresentam porte baixo, folhas largas e de cor verde nos brotos, frutos grandes, vermelhos e de maturação tardia. Pode ser recomendada para plantios adensados, ou em renque e apresenta menor tolerância a seca. É uma cultivar de boa capacidade produtiva, sendo sua produtividade ligeiramente superior a obtida, com a cultivar Catuaí, considerando-se as primeiras colheitas (MATIELLO et al., 2005).

2.4. Irrigação e produtividade do cafeeiro

Nos mais diversos sistemas de produção agrícola, principalmente, das culturas de interesse agrônômico, devem ser desenvolvidas estratégias, que visem aperfeiçoar a produção mundial de alimentos. A agricultura irrigada está inserida neste processo, sendo que, mais da metade da população mundial depende de alimentos, produzidos em áreas irrigadas (MANTOVANI et al., 2006).

A condução das culturas, por meio das técnicas de irrigação, pode representar uma garantia de produtividade. Além disso, pode permitir que determinada cultura, seja implantada em áreas que, antes, poderiam ser consideradas como restritas ao plantio, devido à ocorrência de adversidades climáticas.

Segundo BERNARDO et al. (2005), a irrigação possui muitas vantagens, dentre elas: elevação da produção e da produtividade, criação de empregos diretos e permanentes, elevação da renda, diminuição do êxodo rural e melhoria da saúde, educação, habitação e lazer dos irrigantes. Em regiões semi-áridas, para cada hectare irrigado, ocorre a criação de 0,8 a 1,2 empregos diretos e cerca de 1,0 a 1,2 empregos gerados indiretamente, ao passo que, em áreas não irrigadas, os índices de empregos gerados giram em torno de 0,22. Ainda segundo estes autores, as vantagens de um eficiente sistema de irrigação agrícola se estendem a: otimizar o uso de fertilizantes,

proporcionar a redução dos riscos na agricultura, possibilitar trabalhos em escala na colheita e elevar o número de colheitas para cultivos de ciclo curto.

Em relação à cultura do café, tem-se notado nos últimos anos, um grande aumento na adoção de sistemas de irrigação. Trata-se de uma técnica que proporciona menores riscos e maior eficiência na aplicação de insumos, além de maior produtividade e qualidade do produto final (MANTOVANI, 2000).

A produção nacional irrigada de café, sofreu incrementos em termos de área nesta última década. De acordo com Saturnino (2007), 22% da produção nacional de café era oriunda de lavouras irrigadas, o que correspondia a apenas 220 mil hectares, 10% da área total plantada com café. Todavia, Fernandes (2009), indica que o Brasil já tem a capacidade de irrigar cerca de 233 mil hectares de seu parque cafeeiro, correspondendo atualmente a quase 10% da área total ocupada pela cultura no país. A análise destes dados ainda aponta que a produção irrigada, já responde por cerca de 25% da produção nacional do grão, o que mostra a grande competitividade da cafeicultura brasileira irrigada.

As estiagens prolongadas, nos períodos críticos de demanda de água pela cultura, têm provocado quedas na produtividade das lavouras, fato este que favorece a prática de irrigação (SILVA et al., 2002).

Faria & Rezende (1997), afirmaram que a adoção de irrigação, em regiões, com déficit hídrico anual superior a 150 mm (áreas marginais) e nas regiões, em que o déficit hídrico não é fator limitante, mas que estão sujeitas à ocorrência de veranicos ou secas prolongadas nos períodos críticos; e que é essencial para se obter elevada produtividade. Segundo Santinato et al., (1996), sem a prática de irrigação, nas áreas onde o déficit hídrico chega a comprometer a produção, o país deixaria de produzir de 2 a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano.

Resultados obtidos por Camargo et al. (1984 e 1986), citados por Faria e Rezende (1997), indicam que déficit hídrico, na fase de expansão e floração (chumbinho), atrasa o crescimento dos frutos, resultando em peneira baixa e reduzindo a produtividade. Se o déficit hídrico ocorrer na fase de granação (janeiro a março), afetará a granação dos frutos, induzindo o maior percentual de grãos chochos. Na fase de maturação e abotoamento (abril a junho), o

déficit não afeta a maturação dos frutos, nem a produtividade do ano, no entanto, prejudica a abotoação e frutificação do ano seguinte.

A prática da irrigação, permitiu a extensão da cafeicultura para áreas, que eram tidas como inaptas, devido à ocorrência de adversidades climáticas. Dentre estas áreas, destacam-se o Triângulo Mineiro, o Oeste da Bahia e o Estado de Goiás (SANTINATO et al., 2008).

Contudo, os projetos de irrigação também são montados, em áreas que não apresentam restrições hídricas. No Estado do Paraná, o café pode ser conduzido sem a necessidade de irrigação, visto que, a análise dos dados do zoneamento agrometeorológico realizado, nas mais diversas regiões produtoras, apontou que os índices de deficiência hídrica variaram de 0 a 20 mm (CARAMORI et al., 2001). Entretanto, seu uso permite a antecipação do plantio, fato que aperfeiçoa os recursos financeiros e a mão de obra o que favorece a antecipação da primeira colheita (MANTOVANI et al., 2000).

Para se recomendar sem qualquer tipo de dúvida, a prática da irrigação aos cafeicultores paranaenses, deve-se considerar o aspecto da economicidade, que depende de dados referentes à produtividade da cultura, obtidos mediante a aplicação de água, e através de práticas de manejo da mesma, que proporcionem os maiores rendimentos e melhor eficiência de seu uso (FARIA & SIQUEIRA, 2005).

A irrigação do cafeeiro, tem sido realizada através de sistemas de irrigação pressurizados, por aspersão ou localizada (SOARES, 2001). Nestes últimos, ocorre economia de água, visto que, sua aplicação ocorre com maior eficiência, diretamente na região radicular das plantas.

Segundo Mantovani et al. (2002), o sistema de irrigação localizada por gotejamento, é o de maior relação de aplicabilidade com a cultura do cafeeiro, motivo pelo qual está apresentando uma grande expansão. Normalmente se distribui a tubulação, ao longo da linha de plantio sobre a superfície do solo.

Em sistemas de irrigação localizada, por gotejamento, a água é aplicada com alta uniformidade. Souza et al. (2003), afirmam que a uniformidade de aplicação de água, interfere diretamente na produtividade da cultura, podendo até provocar sua elevação (SOARES et al., 1993, citado por SOUZA et al., 2003).

Santinato et al. (2008), apresentam mais algumas vantagens da

utilização da irrigação localizada por gotejamento como: a) maior eficiência na adubação e no controle fitossanitário; b) maior produtividade; c) menor interferência nas práticas culturais; d) boa adaptação a distintas topografias e solos; e) possibilidade de sua utilização em solos salinos e com água salina; f) economia de mão-de-obra.

Nos últimos projetos de irrigação localizada, vem-se debatendo a questão relacionada com o uso de sistemas enterrados, assim como, os efeitos desta prática nos tratos culturais e colheita (MANTOVANI, 2000). Vicente et al. (2003a), em um experimento, verificaram que a prática de gotejamento subsuperficial ou superficial, trouxe incrementos significativos à produtividade da variedade de cafeeiro Catuaí 144, em comparação com as lavouras de sequeiro.

A possibilidade de aumento de produção, relacionada com o emprego da técnica de irrigação, nas mais diferentes regiões produtoras do grão no país, faz com que a variável resposta da produtividade, que corresponde à quantidade de sacos de 60 kg de café beneficiado, produzidos em uma área de 1 hectare, seja a mais estudada nos mais diferentes trabalhos de pesquisa, realizados na cultura do cafeeiro (ROTONDANO et al., 2005).

As Regiões Norte e Nordeste do Estado do Paraná, possuem escassas informações a respeito da irrigação na cultura do cafeeiro. Uma grande parte dos trabalhos realizados, encontra-se em outros estados produtores do grão no país. Deste modo, existe uma grande necessidade do desenvolvimento de trabalhos dentro de condições paranaenses, a fim de que sejam geradas informações de extrema importância aos cafeicultores do Estado.

Drummond et al. (2005), em um experimento realizado em Uberaba – MG, tiveram por finalidade avaliar a produtividade da cultivar de cafeeiro Catuaí Vermelho, em diferentes sistemas de irrigação. Os resultados obtidos, permitiram concluir que, tendencialmente, os incrementos trazidos à produtividade obtida, com os sistemas de irrigação, por gotejamento autocompensado, gotejamento não autocompensado, pivô central, aspersão em malha e tubos perfurados a laser (tripa), foram de 133%, 102%, 100%, 84% e 80%, respectivamente superiores a testemunha (cafeeiros não irrigados).

Rezende et al. (2006), em um experimento realizado em Lavras - MG, avaliaram a influência de distintas lâminas de água, através da utilização de um

sistema de irrigação, localizada por gotejamento na produtividade da cultivar Topázio MG - 1190 e concluíram que, as melhores produtividades, foram obtidas nos tratamentos irrigados, em comparação com os tratamentos não irrigados.

Gomes et al. (2007), realizaram um experimento em Lavras - MG, avaliando o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro Rubi, ao longo de cinco safras (safra 2000/2001, safra 2001/2002, safra 2002/2003, safra 2003/2004, safra 2004/2005). Foram utilizadas cinco lâminas de irrigação, as quais foram aplicadas em função da evaporação do Tanque Classe A: 0% (T₁), 60% (T₂), 80% (T₃), 100% (T₄), 120% (T₅), 140% (T₆). Foram encontradas diferenças significativas, no número de nós e de internódios do ramo plagiotrópico, diâmetro de caule, altura de planta, sendo que, estes resultados foram obtidos, com a aplicação de uma lâmina de água, correspondente a 60% da evaporação do Tanque Classe A (T₂). Com esta lâmina, a produtividade média dos cafeeiros, foi cerca de 100%, superior a alcançada pelos cafeeiros não irrigados, considerando-se a média de cinco safras.

Sousa et al. (2007), realizaram um experimento com a finalidade de avaliar a influência da aplicação de lâminas de irrigação, na produtividade do cafeeiro catuaí, em quatro safras: (safra 2000/2001, safra 2001/2002, safra 2002/2003, safra 2003/2004). Ao final do experimento, a análise dos resultados obtidos, indicou que com a irrigação, a produtividade das lavouras sofreu incrementos de 86 a 105%, considerando os anos de alta produção (safra 2000/2001 e safra 2002/2003). Conforme o autor anteriormente citado, em média, os incrementos trazidos à produtividade com a prática da irrigação, variaram de 26 a 45%, considerando-se altas e baixas produtividades ao longo das quatro safras.

2.5. Fertirrigação e produtividade do cafeeiro

Quimigação é a técnica de aplicação de produtos químicos na lavoura, utilizando-se a água de irrigação como veículo. Os principais produtos aplicáveis são: fertilizantes (fertirrigação ou fertigação), herbicidas (herbigação), inseticidas (insetigação), fungicidas (fungigação) e nematicidas

(nematização) (VIEIRA, 1994). Portanto, a fertirrigação é um dos componentes da quimização, a qual é muito mais abrangente.

Escolhido o sistema de irrigação, os proprietários rurais podem optar pelo fornecimento dos nutrientes, as plantas via água de irrigação. Denomina-se fertirrigação, a prática pela qual os fertilizantes químicos são aplicados, simultaneamente, à água de irrigação (ELOI et al. 2004). Sendo que, neste processo, ocorre a aplicação de água e fertilizantes ao solo e à planta, simultaneamente, conforme Santinato et al. (1996).

O sucesso da aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, em países nos quais a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado a utilização desta tecnologia no Brasil. A fertirrigação apresenta vantagens e desvantagens, em relação a outros métodos convencionais de fornecimento de nutrientes, porém existe certo consenso de que as vantagens são majoritárias (BURT et al., 1995; COSTA et al., 1998; VIEIRA e BONOMO, 2000).

Dentre as vantagens, destacam-se: economia de mão-de-obra, pouco contato do operador com os produtos, possibilidade de aplicação em épocas críticas, redução dos danos causados à planta e ao solo, já que não ocorre o tráfego de máquinas e implementos, na área de plantio, maior uniformidade de aplicação da adubação, maior flexibilidade, maior eficiência de uso do produto e menores custos de aplicação (COSTA, FRANÇA e ALVES, 1986).

Em contrapartida, a fertirrigação apresenta algumas desvantagens como: alto custo de implantação do sistema de irrigação, possíveis entupimentos dos gotejadores, inexistência de treinamento de mão-de-obra.

Um importante aspecto, que tem sido observado na implantação de projetos de cultivo de café irrigado, é a associação do atendimento das necessidades hídricas da cultura à fertirrigação. VIEIRA e BONOMO (2000), afirmam que para se obter o sucesso na fertirrigação, o ideal é que a água seja distribuída na lavoura com alta uniformidade. Pelo fato da fertirrigação poder ser realizada, em todos os sistemas de irrigação, alguns critérios devem ser analisados cautelosamente, dentre eles, a qualidade da água, sua uniformidade de distribuição, o tipo de fertilizante utilizado e a dinâmica dos nutrientes no solo.

O êxito da fertirrigação, também sofre influências de características, pertinentes ao dimensionamento hidráulico do projeto, bem como de sua manutenção e também a sua distribuição em nível de campo.

Nos últimos anos, a fertirrigação vem-se firmando como uma técnica promissora no Brasil, em especial entre os proprietários de sistemas de irrigação pressurizados (aspersão e localizada). Através deles, a água juntamente com os fertilizantes é conduzida em condutos fechados e em baixa pressão, o que permite um melhor controle (LEITE JUNIOR, 2003).

A fertirrigação, em princípio, pode ser utilizada em todos os métodos de irrigação. Entretanto, em função do processo de distribuição da água e do espaçamento da cultura, existem aqueles que melhor se adaptam a este processo. O tipo de fertilizante a ser utilizado e a sua mobilidade no solo, podem ser afetados pelo sistema de irrigação utilizado, devendo ser ressaltado que, para o cafeeiro, as irrigações por gotejamento e por pivô central são as mais utilizadas (SOARES, 2001).

Abreu et al.(1987), relatam que, com a prática da fertirrigação nos sistemas de irrigação localizada, podem-se obter melhores eficiências na aplicação dos adubos, pois, os nutrientes são aplicados diretamente na região do sistema radicular das plantas, sendo distribuídos uniformemente.

O sistema de gotejamento, é o mais indicado para a prática da fertirrigação no cafeeiro, devido à alta uniformidade de aplicação de água, e por manter o teor de água no solo adequado, para a absorção dos nutrientes (SANTINATO et al., 1996). Mantovani (2002), afirmam que a condução do cafeeiro, por meio de gotejo, facilita a prática da fertirrigação.

Bucks et al. (1982) e Rolston (1986), enumeram algumas características pertinentes aos produtos, a serem aplicados na água de irrigação, a saber: a) O produto deve ter baixa capacidade corrosiva e não danificar as tubulações de polietileno; b) A solubilidade dos diferentes produtos, deve ser alta, a fim de se evitar eventuais entupimentos, dos componentes do sistema; c) Possuir baixa toxicidade; d) Não reagir incompativelmente, com sais e outros produtos encontrados na água de irrigação.

Segundo Sousa e Sousa (1993), deve-se considerar na fertirrigação, principalmente, a solubilidade do fertilizante, visto que, trata-se de uma característica que está relacionada, com o manejo operacional do sistema e

com a uniformidade de aplicação dos produtos. As aplicações de nitrogênio e potássio, não apresentam nenhum tipo de restrição.

Com relação a fósforo, alguns cuidados devem ser tomados, existem alguns problemas relacionados com seu fornecimento, via água de irrigação. Uma grande parte dos fertilizantes fosfatados, sofre reações de precipitação de ordem química e física, o que pode provocar o entupimento nos sistemas de irrigação.

Sorice (1999), em um experimento, em que teve por objetivo avaliar a influencia de épocas de irrigação e de aplicação de doses de N, P e de K, via água em diferentes épocas de irrigação, na produtividade da cultivar de cafeeiro Catuaí em Lavras - MG. Com 12 anos de idade, verificou que os melhores resultados de produtividade, em relação à testemunha, foram obtidos, com a prática da fertirrigação e com maiores períodos de irrigação.

Vilela (2001), realizou um experimento em Lavras - MG, teve por objetivo, avaliar os componentes do crescimento e a produtividade da cultivar Acaiá MG-1474, na safra 1999/2000, mediante a influência de cinco lâminas de irrigação ($L_0 = 0\%$ ECA (testemunha), $L_1 = 100\%$ ECA, $L_2 = 80\%$ ECA, $L_3 = 60\%$ ECA e $L_4 = 40\%$ ECA) e de diferentes parcelamentos de adubação, a qual teve como fonte de N e de K, uréia e cloreto de potássio, respectivamente. A análise dos resultados, indicou que a produtividade foi cerca de 146,38% superior a da testemunha, quando se aplicou a lâmina L_1 . Melhores desempenhos produtivos, também, foram alcançados com o parcelamento triplo dos nutrientes, via lâmina de irrigação anteriormente citada. Os frutos obtiveram melhor granação nos tratamentos irrigados.

Neto et al. (2001), conduziram um experimento, cuja finalidade foi avaliar os efeitos das práticas de irrigação e de fertirrigação, na produtividade das cultivares de cafeeiro Catuaí e Acaiá Cerrado, em Viçosa - MG. A produtividade dos cafezais irrigados e fertirrigados das duas cultivares, foi cerca de 38% superior a dos cafezais não irrigados.

Coelho et al. (2004), realizaram um experimento em Lavras – MG, em que avaliaram o efeito da aplicação de $112 \text{ g planta}^{-1}$, de N 21 g planta^{-1} de P_2O_5 e 84 g planta^{-1} , de K_2O , através da aplicação manual e da fertirrigação e também de diferentes épocas de irrigação, na produtividade da cultivar de cafeeiro Catuai IAC - 144. Não foram encontradas diferenças significativas, na

produtividade relacionada, com a adubação via água. Todavia, pôde ser observada a tendência de que um parcelamento, das doses, anteriormente citadas, dos nutrientes, em 36 vezes na fertirrigação, propiciou maiores produtividades, em comparação com os outros parcelamentos.

Soares et al. (2005), em um trabalho realizado em Viçosa - MG, avaliaram a produtividade da cultivar de cafeeiro Catuaí, em cultivos não irrigados (testemunha), irrigados e fertirrigados, mediante a aplicação do formulado comercial 20 – 05 – 20, nas lavouras de sequeiro e irrigadas, do formulado Hidran Plus 19 – 04 – 19, dos adubos nitrato de cálcio e nitrato de potássio e dos fertilizantes uréia, sulfato de amônio e cloreto de potássio, nas lavouras fertirrigadas. A análise dos resultados obtidos, mostrou que a produtividade foi cerca de 55%, superior nas lavouras irrigadas e fertirrigadas, em relação à testemunha. Não ocorreram diferenças significativas, entre os tratamentos fertirrigados. Entretanto, tendencialmente, as melhores médias de produtividade destes tratamentos, foram obtidas com aplicação do nitrato de potássio e cálcio, seguido do formulado Hidran Plus.

Miranda et al. (2006), em um experimento realizado na cidade de Lavras - MG, no qual se estudou a intensidade da ferrugem em cafeeiros fertirrigados, chegaram à conclusão de que os melhores desempenhos produtivos da cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, deram-se quando se procedeu a aplicação de N e de K, através da lâmina de 100% da evaporação do Tanque Classe "A" (ECA).

Muitos aspectos, ainda necessitam ser conhecidos, estudados e monitorados na prática da fertirrigação, dentre os quais, a possibilidade de salinização, acidificação ou alcalinização e de perdas de nutrientes no solo; a real distribuição de raízes do cafeeiro irrigado; a disponibilidade de fertilizantes formulados no mercado e os custos associados; os impactos ambientais; o retorno do investimento, dentre outros, para que esta técnica seja compreendida e aceita pelos produtores (SOARES, 2001).

Santinato et al. (1996), afirmam que não há ainda informações precisas sobre os níveis adequados de fertilizantes, aplicados junto à água de irrigação, necessárias às diversas idades e produção do cafeeiro e sob diferentes condições edafo-climáticas. As presentes indicações, são baseadas na experiência dos autores e nos poucos dados de literatura.

2.6. Nutrição mineral do cafeeiro

Existem distintos fatores, que podem interferir na produtividade das lavouras cafeeiras, dentre eles, destaca-se a nutrição mineral, que está, intrinsecamente, relacionada com seus desempenhos, assim como também, com a qualidade dos grãos e, conseqüentemente, da bebida. As plantas, para expressarem seu potencial produtivo, são extremamente dependentes da absorção dos nutrientes (CHAVES, 1982).

Em tempos, em que os preços do café estão baixos no mercado, há uma tendência de redução geral nos investimentos para a lavoura, principalmente no uso de fertilizantes. Os fertilizantes, representam cerca de 25% do custo de produção na cultura do cafeeiro, contudo, a sua utilização influencia diretamente a produtividade (PREZOTTI, 2001).

2.6.1. Nitrogênio na cultura do café

O nitrogênio (N) é encontrado no solo, predominantemente, na forma orgânica o que corresponde a 95% do total. As formas inorgânicas deste nutriente, correspondem, principalmente, aos íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), mas, em algumas situações, o solo também poderá apresentar concentrações de íons nitrito (NO_2^-). A atmosfera e a solução do solo, em alguns casos, poderão conter teores de gás nitrogênio (N_2) e outros gases NO_x (CANTARELLA et al., 2007). As plantas absorvem nitrogênio, na forma inorgânica.

Denomina-se mineralização, o processo de transformação do nitrogênio orgânico, em formas inorgânicas e é realizado por microrganismos.

A maioria das plantas de interesse agrônômico, absorve nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), de modo que, este ânion é oriundo das reações de nitrificação, as quais fazem parte do processo de mineralização (CANTARELLA, et al., 2007); o qual sofre influência da umidade, da temperatura, do pH do solo e da quantidade e natureza desta matéria orgânica e, particularmente, da importante relação C/N (MALAVOLTA, 1986a).

De acordo com Brady (1989), a temperatura mais favorável à nitrificação, varia de 27 a 32°C. Segundo Schimidt (1982), este processo é maximizado entre 25 e 40°C, dependendo do solo e da região estudada. Com relação à umidade, as reações químicas de nitrificação, poderão ser inibidas quer haja baixa ou alta umidade no solo, de modo que, estas reações tendem a ser estimuladas, quando o mesmo apresenta umidade variando de 50 a 70% da sua capacidade de retenção de água (CANTARELLA et al., 2007).

O pH, também exerce influência sobre a nitrificação. Diversos autores, observaram aumentos na taxa de nitrificação e, conseqüentemente, na disponibilidade de nitrogênio às plantas, com o aumento do pH (DANCER et al., 1973; GILMOUR, 1984). Em solos com pH neutro, existe uma maior quantidade de bases trocáveis e segundo Brady (1989), este fator acelera a nitrificação.

Conforme Malavolta (1981), a nitrificação é um processo aeróbico, devendo haver, pelo menos, uma tensão mínima de oxigênio (O₂) no solo. Um solo bem aerado, favorece este processo.

A relação C/N, também afeta a disponibilidade de nitrogênio. Materiais orgânicos, adicionados ao sistema solo, que possuam alta relação C/N, isto é, materiais pobres em nitrogênio, terão este último imobilizado, por um maior período pelos microrganismos (MELLO et al., 1989). Estes organismos, utilizam o nitrogênio inorgânico para atender a demanda de sua população, devido à alta quantidade de carbono, ou seja, energia. Neste caso, as plantas poderão ter deficiência de nitrogênio, pois, haverá competição entre elas e os organismos anteriormente citados (CANTARELLA, et al., 2007).

Segundo Meirelles (1980), a importância do nitrogênio se destaca, principalmente, em solos de região de clima tropical úmido, em que há grande mobilidade do nutriente e intensa mineralização da matéria orgânica, além do custo dos fertilizantes nitrogenados. Sendo assim, é fundamental o uso eficiente destes fertilizantes, para o qual é necessário o conhecimento dos processos e interações, que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera, visando o seu máximo aproveitamento pela planta.

A maioria das plantas de interesse agrônômico, absorve nitrogênio na forma de nitrato (NO₃⁻). A implantação da irrigação, visa regularizar o fornecimento de água às culturas, em regiões propensas à ocorrência de secas

e verânicos. Entretanto, seu manejo merece atenção especial. Malavolta (1986b), cita que períodos de seca intensa agravam a deficiência de nitrogênio no solo, pois, prejudicam a mineralização da matéria orgânica, assim como, o caminhar de nitratos para a raiz pelo processo de fluxo em massa. Os nitratos, por sua vez, apresentam baixa reatividade com os minerais do solo e os solos brasileiros, predominantemente, apresentam cargas eletropositivas. Desta forma, estes ânions podem estar sujeitos a lixiviação para camadas mais profundas, podendo atingir águas superficiais ou o lençol freático (CANTARELLA et al., 2007).

O nitrogênio é o nutriente exigido, em maior quantidade, pela cultura do café, o segundo mais translocado para os grãos, e o mais exportado pelos grãos (CATANI; MORAES, 1958; MALAVOLTA, 1993), e está presente nos mais diversos processos vitais, das plantas de cafeeiro. Ele é importante na expansão da área foliar, no crescimento da vegetação e na formação dos botões florais, sendo constituinte dos aminoácidos (proteínas). Localiza-se, principalmente, nos cloroplastos das folhas das plantas, sendo um dos participantes da atividade fotossintética.

Santinato et al. (2002) e Matiello et al. (2002), afirmam que as exigências nutricionais das plantas de cafeeiro, até os 18 meses de idade, seguem a seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P=S para os macronutrientes e, Fe>Mn>Cu>B=Zn, para os micronutrientes. Na fase adulta, o nitrogênio continua a ser o elemento mais exigido. Em um trabalho realizado, com plantas de cafeeiro de 6,5 anos de idade, Malavolta (1993), estabelece a seguinte ordem de extração dos nutrientes:

- Macronutrientes: N>K>Mg>S>P;
- Micronutrientes: Fe>Mn>Zn>B≥Cu.

Segundo Chaves (1982), a extração de nutrientes, no período que compreende o início de formação dos frutos, até a sua maturação, segue a seguinte seqüência: potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, manganês, cobre, boro e zinco.

O nitrogênio é um nutriente essencial que, em geral, responde mais rapidamente quando bem utilizado e que produz retornos. A análise das partes constituintes do cafeeiro, especialmente folhas e frutos, revela uma elevada exigência em nitrogênio e potássio, fato esse confirmado, em diversos

experimentos de campo (MALAVOLTA, 1993). Dados obtidos, cultivando o cafeeiro em solução nutritiva, no período que vai da pré-floração, até a metade do crescimento do fruto, revelam que plantas de café absorvem 60%, do nitrogênio total, de que acumulam no ano agrícola.

Carvajal, Acevedo e Lopes (1969), realizaram uma avaliação da absorção líquida, dos macronutrientes de cafeeiros arábica, da variedade Bourbon, dentro de um ciclo vegetativo e reprodutivo. A análise dos resultados, permitiu afirmar que o nitrogênio foi, quantitativamente, o mais importante elemento, na absorção das plantas de café, seguido do potássio.

Este efeito da aplicação de nitrogênio, na produtividade, também é evidenciado por Carvajal et al. (1984), em uma revisão bibliográfica, sobre o cultivo e fertilização do cafeeiro, a qual apontou que o aumento de produção das plantas de cafeeiro, está mais relacionado com nitrogênio e potássio, com maior destaque ao primeiro elemento.

Um adequado fornecimento de nitrogênio, favorece o rápido desenvolvimento vegetal, pois, ocorre o aumento do número de folhas, ramos plagiotrópicos, número de nós por ramo, número de flores e frutificação, que, em conjunto, estão associados com maiores rendimentos de café (FAHL et al., 1994; NAZARENO et al., 2003).

Todos os nutrientes, são fundamentais para o pleno desenvolvimento das plantas de cafeeiro. Todavia, a falta de nitrogênio é a que mais limita seu crescimento e produção, além de representar uma fatia destacável, no custo de produção da cultura (VAAST et al., 1998).

Nota-se a deficiência de nitrogênio, quando as folhas passam da coloração verde-escura para verde-limão. Em estágios mais avançados, as folhas amarelecem, sendo este processo iniciado nas nervuras e caminhando para as folhas mais novas, visto que, o nitrogênio é um elemento de alta mobilidade. Pode ocorrer queda de algumas folhas. Existem casos em que as folhas velhas, tornam-se esbranquiçadas, não havendo mais a presença da cor verde. Tem início o processo de desfolha, seca de ponteiros (“die back”) e depauperamento da planta. As plantas de cafeeiro deficientes, são mais suscetíveis ao ataque de *Cercospora coffeicola* e *Hemileia vastatrix*, fungos causadores da cercosporiose e da ferrugem, respectivamente (MATIELLO et al., 2005).

A falta de suprimento de nitrogênio é mais destacável, na época de granação dos frutos, e está relacionada com práticas de adubações insuficientes, problemas no sistema radicular das plantas, épocas de estiagens, que afetam negativamente sua absorção, níveis elevados de precipitações, que contribuem para a lixiviação dos adubos nitrogenados. Na fase de granação, ocorre um deslocamento de nitrogênio das folhas para os frutos, o que provoca maior deficiência, nos ramos carregados (MATIELLO et al., 2005).

O excesso de nitrogênio, também, é prejudicial às plantas de cafeeiro. Malavolta (1986b), afirma que a ocorrência de toxidez de nitrogênio, provoca alterações nas relações N/P e N/K das folhas, diminuindo a produção, pois, estimula-se à vegetação, em detrimento da produção. Malavolta (1981) e Barbosa Filho & Fonseca (1994), afirmam que o excesso de nitrogênio, prejudica a qualidade da bebida. Além disso, aplicações de altas doses deste elemento, podem prejudicar o meio ambiente, devido à lixiviação dos íons nitrato (SILVEIRA et al., 2003).

Tisdale & Nelson (1991), afirmam que o nitrogênio apresenta alta mobilidade no solo, bem como, livre movimentação na água de irrigação, principalmente, na forma de íons nitrato (NO_3^-), não sendo retido pela argila. Os fertilizantes nitrogenados, são adequados para a fertirrigação, inclusive, quando são utilizados em sistemas de irrigação, por gotejamento e, segundo Vieira (2000), isto se deve ao maior aproveitamento dos produtos aplicados.

Segundo Coelho et al. (1994), o nitrogênio é o elemento mais aplicado, através da água de irrigação, por possuir boa solubilidade, e esta alta movimentação, anteriormente descrita. Entretanto, esta característica pode trazer, como conseqüência, perdas na aplicação, principalmente, por lixiviação. Através da fertirrigação, pode-se fazer o parcelamento das doses de nitrogênio, a serem aplicadas, conforme as exigências das culturas, em seus distintos estádios de desenvolvimento, o que reduz as perdas, diminuindo o custo de produção e, também, não afetando as relações N/P e N/K das folhas, o que afeta também a produção.

2.6.2. Fósforo na cultura do café

Tanaka et al. (1993) e Marschner (1995), afirmam que o fósforo é um elemento químico importante, para a produtividade das plantas. Ele compõe as moléculas de fosfolipídeos e está presente, também nos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e nos compostos, que armazenam energia como as moléculas de ATP (Adenosina Trifosfato). Esta energia é utilizada na germinação, nos processos de absorção do nutriente do solo, bem como, também, na síntese de compostos orgânicos, como carboidratos, lipídeos e proteínas.

Segundo Gatiboni (2003), os minerais primários são a fonte de fósforo nos sistemas naturais. Para que o fósforo contido nestes compostos, possa ser utilizado pelas plantas, ele deve ser liberado de suas estruturas cristalinas e isto acontece, através do processo de intemperismo, o qual por sua vez depende de processos e fatores de formação do solo.

Mello et al. (1989), afirmam que os minerais fosfatados, de natureza primária, compreendem as apatitas. De uma forma geral, ocorrem as fluorapatitas, a hidroxiapatitas e as cloroapatitas. A fluorapatita, de fórmulas químicas $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$ ou $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, são os minerais de maior ocorrência e contém a maior parte do suprimento de fósforo do solo.

A absorção de fósforo, está relacionada, predominantemente, com a faixa de pH no solo. As plantas, terão condições satisfatórias de crescimento e desenvolvimento em valores de pH entre 6 e 7. Neste intervalo, predominam na solução do solo os íons ortofosfato (H_2PO_4^-).

Valores mais altos ou mais baixos de pH, afetam a absorção de fósforo pelas plantas. Em solos ácidos, existem grandes concentrações solúveis de íons de ferro (Fe^{3+}), alumínio (Al^{3+}) e manganês (Mn^{2+}). Desta forma, ocorrem reações de precipitação, entre estes íons e os íons de ortofosfato H_2PO_4^- , resultando na insolubilidade e inassimilabilidade de fósforo (BRADY, 1989).

Em solos alcalinos, os quais possuem uma maior quantidade de íons cálcio (Ca^{2+}), ocorrem reações entre este cátion bivalente e os ânions de H_2PO_4^- gerando fosfatos de cálcio, o que também afeta, negativamente, a disponibilidade do elemento.

Malavolta (1986b), afirma que as exigências de fósforo são pequenas, em comparação com as de nitrogênio e de potássio, de modo que são destacáveis, no período de pré-floração e floração (MALAVOLTA, 1993). Corrêa et al. (1984), citados por Malavolta (1993), concluíram que, a acumulação de fósforo, em plantas de cafeeiro de seis anos de idade, é muito baixa, situando-se na ordem de 11 gramas. Segundo Bataglia (2004), quando se considera uma saca de frutos, a exportação de fósforo não chega nem a 10 kg ha⁻¹. Tal comportamento, pode explicar a ausência de respostas ao elemento, na fase produtiva da cultura do cafeeiro.

Fósforo é um elemento de maior importância para a cultura do cafeeiro, em sua fase de formação, na qual aplicam-se grandes quantidades do nutriente, mas, quando a cultura adentra a fase produtiva, o sistema radicular das plantas, já está em maior grau de desenvolvimento, o que permite a mesma obter fósforo, diretamente do solo (MALAVOLTA, 1986b). As plantas de cafeeiro, também podem obter fósforo, por meio de associações micorrizicas, as quais, por sua vez, ampliam a capacidade de absorção do elemento (SAGGIN – JUNIOR & SIQUEIRA, 1992; SAGGIN – JUNIOR et al., 1994).

A absorção de fósforo, segue a tendência de nitrogênio, nas várias estações do ano, sendo mais intensa, na estação chuvosa e na época de crescimento dos frutos (MALAVOLTA, 1986b).

Segundo MATIELLO et al. (2005), os sintomas de deficiência de fósforo, manifestam-se nas folhas mais velhas, que perdem o brilho, apresentando manchas amareladas, desuniformes, que evoluem para cores vermelho-arroxeadas, que podem tomar toda a região do limbo foliar. Deficiências mais severas, que aparecem no período seco (pós-colheita), mostram, ainda, manchas marrons e necrose da extremidade da folha, que podem ocupar mais da metade do limbo. Ocorre, ainda, desfolha e redução do sistema radicular fino. Em cafeeiros jovens e em mudas no viveiro, até 2,5 anos, teores inadequados de fósforo, provocam amarelecimento geral das folhas e também ocorrem lesões, causadas por *Cercospora Negra*, sendo que, nota-se seca de ramos.

As plantas de cafeeiro jovens, são mais suscetíveis à deficiência do nutriente fósforo, o qual é um elemento importante na formação das mudas, plantio e formação do cafezal, período este último, em que o sistema radicular

da planta é pouco desenvolvido, não explorando grandes volumes de solo (MARTINEZ, NEVES e ZABINI, 2003), e apresenta pequeno tamanho (MELO et al., 2005). Desta forma, pode-se concluir que a ausência de fósforo, afeta o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (MATIELLO, et al., 2005).

Malavolta (1986b), indica que, ainda, não foram encontrados relatos na literatura, relativos à toxidez de fósforo, na cultura do cafeeiro. Contudo, Andrade et al. (2001), afirmam que a toxidez de fósforo, caracteriza-se por uma aparente deficiência de ferro, cobre, zinco e manganês, mesmo as plantas estando regularmente nutridas.

A produção de alimentos, é extremamente dependente de fósforo. Um trabalho realizado por Rieder (1986), mostrou a estimativa da porcentagem, de crescimento da demanda de fosfato, em nível nacional e mundial. Os resultados permitiram afirmar que, quanto maior for à demanda de fosfato, em um curto espaço de tempo, as reservas do nutriente tendem a diminuir de uma forma abrupta, no caso brasileiro.

Malavolta (2006), afirma que a quantidade de fósforo pode aumentar devido a seu efeito residual. Contudo, o efeito residual apenas prolonga a vida útil das reservas de fósforo. Albuquerque (1986), em um trabalho sugeriu algumas medidas, que poderiam contribuir para o aumento da vida útil das reservas de fósforo. Dentre estas medidas, tem-se o aumento da eficiência da adubação fosfatada.

Segundo Rozane et al. (2009), a fertirrigação assegura que os fertilizantes sejam aplicados na região, de maior concentração de raízes das plantas, permitindo o fracionamento das doses de nutrientes e o aumento da eficiência da adubação. Esta última medida, reduz as perdas de nutrientes, favorecendo a economia de mão-de-obra e energia (CABELLO, 1990).

Segundo Burt et al. (1995), um dos fatores que possibilitam o aumento da eficiência das adubações, é o posicionamento dos fertilizantes, aplicados na região radicular das plantas. Esta exigência é atendida ao praticar-se a fertirrigação, com sistemas de irrigação localizada por gotejamento. Além disso, estes sistemas favorecem a mobilidade de fósforo no solo (RAUSCHKOLB et al., 1986), a qual, por sua vez, sofre grande influência da textura do solo, da taxa de aplicação e da quantidade de água aplicada (VILLAS BÔAS et al.,

2002), bem como, também do pH do solo (ARGO & BIERNBAUM, 1996) e do pH do fertilizante utilizado (PAPADOPOULOS, 1999).

Somadas as condições anteriormente citadas, Folegatti (1999), cita fatores como: a saturação de fósforo, próxima dos emissores e, também, o arraste do elemento pela água. De acordo com este autor, cerca de 25 a 35% do fósforo, aplicado através do gotejamento, pode ser aproveitado pelas plantas.

Bar - Yosef & Sheikholmi (1976), realizaram um estudo, cuja finalidade foi avaliar a movimentação da água e dos íons de fosfato no solo. O elemento foi aplicado, em solo argiloso e solo arenoso, via sistema de irrigação, por gotejamento. A análise dos resultados, permitiu concluir que, o fósforo aplicado no solo argiloso, atingiu 4 cm abaixo da superfície do solo, após a primeira irrigação e chegou a 6 cm de profundidade, após a terceira irrigação. Em contrapartida, nos solos arenosos, o alcance dos íons de fosfato foi duas vezes maior, no sentido horizontal e três vezes superior, na direção vertical.

Vivancos (1993), realizando fertirrigação, com aplicação de fósforo, verificou que os íons de fosfato, chegaram a ser encontrados, em até 50 cm de profundidade, de modo que, entre 20 e 30 cm, foram encontradas as maiores concentrações, em ambos os sentidos (horizontal e vertical).

2.6.3. Potássio na cultura do café

O potássio (K) está envolvido em diversas reações químicas, sendo que, cerca de cinquenta enzimas, dependem de sua presença, para realizarem suas funções. É, também, elemento necessário, para a formação dos açúcares nas plantas e para seu transporte, para outros órgãos como, por exemplo, os frutos do cafeeiro. Plantas bem providas de potássio, apresentam uma maior resistência à seca, ao frio, a pragas e moléstias. Seus produtos, conservam-se melhor, durante o armazenamento e o transporte (MALAVOLTA, 2002).

Cerca de 98% do potássio dos solos, está localizado nos minerais primários e minerais secundários e, somente uma pequena porção do elemento, está prontamente disponível às plantas (SPARKS, 2000). Os minerais primários, compreendem o grupo das micas, feldspatos e

feldspatóides, enquanto que, os minerais secundários têm a presença de potássio na illita, na vermiculita e nos minerais de argila (ERNANI et al., 2007).

Existem diversas formas de potássio nos solos, algumas são mais destacáveis, outras são menos, no que diz respeito à absorção pelos vegetais. Como foi anteriormente dito, predominam nos solos as formas de potássio, encontradas em minerais primários e secundários. Para que o potássio destes minerais, possa estar disponível às plantas, eles devem ser intemperizados. Entretanto, a quantidade de potássio liberada, mediante processo de intemperismo, é baixa e, infelizmente, não atende às necessidades das plantas. Mello et al. (1989), até consideram que o potássio vindo dos minerais primários é praticamente não disponível.

O potássio é considerado trocável, quando o mesmo está ligado às cargas negativas dos minerais de argila e dos óxidos e hidróxidos do solo. Corresponde à fonte do elemento mais, intrinsecamente, relacionada à nutrição vegetal, de modo que, quando o potássio da solução do solo está em baixa quantidade, este potássio renova seus níveis (ERNANI et al., 2007).

O potássio pode ser não trocável, quando está vinculado aos minerais primários e, secundários, não podendo ser substituído. Esta forma de potássio, não está diretamente disponível às plantas. Todavia, está em equilíbrio com as formas mais disponíveis (K^+ trocável e K^+ solúvel), atuando como reservatório para suas quantidades no solo (BRADY, 1989). Alguns autores, verificaram esta relevante capacidade de fornecimento de potássio, por formas não trocáveis, quando seus níveis na solução do solo eram baixos (NACHTIGALL & VAHL, 1991; SILVA et al., 1995).

O potássio também pode ser fixado. Malavolta (2006), define este processo, como a conversão do potássio da solução do solo, ou o trocável para a forma não trocável. A fixação de potássio, praticamente, não ocorre em solos brasileiros, visto que, não se caracterizam por apresentarem argilas do tipo 2:1.

As plantas podem, também, contar com potássio, oriundo de precipitados que precisam, primeiramente, ser dissolvidos. Contudo, a participação de precipitados, contendo potássio no solo, é inexpressiva, em relação a fósforo, por exemplo. O potássio, contido na matéria orgânica do solo, não atende adequadamente às necessidades das plantas, visto que, o

elemento, não está contido em nenhum composto orgânico estável, fazendo parte somente da fração orgânica viva (ERNANI et al., 2007).

O potássio é absorvido na forma iônica (K^+), principalmente, na forma solúvel, de modo que, esta forma é repostada, principalmente, pela forma trocável do elemento. A absorção de potássio se dá, predominantemente, pelo processo de difusão. Diversos resultados de pesquisa, apontam para esta tendência (VARGAS et al., 1983; OLIVEIRA et al., 2004).

O aumento de temperatura, favorece a absorção de potássio pelas plantas, pois, ocorre a aceleração de suas reações metabólicas (MELLO et al., 1989), o que favorece o aumento da velocidade da difusão (ERNANI et al., 2007), visto que, aumenta a disponibilidade de energia para este processo (MALAVOLTA, 1981). Segundo MUNSON (1980), aumentos de temperatura entre 15 e 29 °C, favorecem a absorção do elemento.

O aumento da umidade do solo, favorece a absorção de potássio pelos diferentes mecanismos, principalmente, pela difusão, acelerando as reações metabólicas. Além disso, condições de solo úmido, favorecem o contato do cátion monovalente de potássio (K^+) com a raiz. Entretanto, esta condição de alta umidade, pode ser prejudicial, pois, pode afetar a absorção do elemento, prejudicando a aeração do solo, em virtude de seus macroporos, conseqüentemente, serem ocupados, majoritariamente pela água.

Solos bem aerados, favorecem a respiração das raízes, de modo que, a energia oriunda para a absorção, é fornecida por este processo (MALAVOLTA, 1981). As raízes poderão explorar, um maior volume de solo, caso este esteja bem arejado, captando assim, maior quantidade de potássio. Condições como a compactação do solo e de excessiva umidade, afetam, negativamente, a aeração e, conseqüentemente, a absorção do nutriente.

Solos com pH ácido, apresentam em sua solução íons de alumínio (Al^{3+}), que inibem o crescimento e o desenvolvimento das raízes (ERNANI et al., 2007). Desta forma, as plantas não poderão explorar maiores volumes de solo, o que prejudica a absorção do elemento.

Com o aumento do pH, tem-se o aumento da concentração dos íons de cálcio (Ca^{2+}) e de magnésio (Mg^{2+}), na solução do solo. Segundo Marschner (1995), a interferência de cálcio favorece a absorção de potássio. Todavia, altos teores dos íons Ca^{2+} , na solução do solo, prejudicam a absorção do

potássio (BRADY et al., 1989); visto que, ambos irão competir pela mesma proteína carregadora, a qual será responsável pelos seus transportes, até as células das raízes (MALAVOLTA, 1981).

Por muito tempo, tem-se considerado potássio como o elemento da qualidade, no contexto da nutrição de plantas (ZEHLER et al., 1986; MALAVOLTA et al., 1997). Reconhecidamente, é um dos nutrientes que mais contribuem para o aumento da produção. É o segundo nutriente mais importante para o ciclo da cultura do cafeeiro, ficando atrás somente do nitrogênio (MALAVOLTA, 1993; SILVA et al., 2001). Os solos dos países tropicais, apresentam escassez em suas reservas de potássio, o que contribui para o aumento da demanda na adubação potássica (SILVA et al., 2005a). Contudo, não se costuma considerar os benefícios, que ela traz às culturas agrícolas.

A deficiência de potássio é pouco observada em nível de campo, devido à repentina queda das folhas. Os sintomas de falta de potássio são encontrados nas folhas velhas, que apresentam a ponta e os bordos sem brilho e amarelados, evoluindo para pontos escuros e necrose, das margens das folhas. Ocorre desfolha, seca de ramos e os frutos tornam-se chochos. A carência aparece mais, no período de granação dos frutos. As causas da deficiência, estão relacionadas com a falta de potássio disponível, real ou induzida, por seca ou excesso de calagem, em virtude do antagonismo entre os cátions de Mg^{2+} e Ca^{2+} (MATIELLO et al., 2005).

O alto teor de potássio, nas partes vegetativas e reprodutivas do cafeeiro, é suficiente para mostrar que esse elemento desempenha um papel preponderante, na nutrição da planta. A exigência de potássio, aumenta com a idade, sendo, particularmente intensa, quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nas cerejas. Os frutos em desenvolvimento, retiram grandes quantidades de potássio das folhas adjacentes. A importância do potássio na produção é demonstrada, ainda, pelo fato que, uma reserva suficiente desse elemento tende a diminuir a quantidade de frutos chochos (ANTUNES et al., 2000a).

Hagin & Tucker (1982), afirmam que a aplicação de potássio, através da água de irrigação, não apresenta qualquer tipo de problema, visto que, os sais do elemento apresentam alta solubilidade. Esta constatação, também é

defendida por Vitti, Boareto e Penteado (1994). Segundo Folegatti (1999), em sistemas de irrigação localizada por gotejamento, o aproveitamento obtido com a aplicação de potássio, pode chegar a 90%.

**3. CAPÍTULO I - PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE
CAFEIRO, UTILIZANDO-SE DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

3.1. RESUMO

RIBEIRO DA COSTA, André, M.S. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Produtividade de duas cultivares de cafeeiro, utilizando-se do sistema de irrigação localizada na região noroeste do Paraná.** Professor Orientador: Roberto Rezende. Professor Conselheiro: Paulo Sérgio L. de Freitas

Conduziu-se um experimento, no Centro Técnico de Irrigação (CTI), da Universidade Estadual de Maringá - UEM, em que se avaliou a influência da combinação de diferentes cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), com distintas porcentagens de doses de NPK (50%, 100%, 150%, 200%), em relação à recomendada pela literatura, na produtividade das cultivares de cafeeiro IAPAR – 59 e Obatã. As mudas foram plantadas, em um espaçamento de 2,0 m. entre linhas e 1,0 m. entre plantas, o que caracterizou um sistema adensado de plantio. Para a condução do experimento, adotou-se o sistema de irrigação localizada por gotejamento. Utilizou-se o delineamento, inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas, foram compostas pelas doses de NPK e, as subparcelas, formadas pelos cultivos. A interação entre os cultivos e doses de NPK, apontou diferenças significativas na produtividade, permitindo concluir qual a dose mais indicada para cada cultivo, ao final do experimento. Os melhores desempenhos produtivos, foram obtidos nos cultivos fertirrigados e não foram encontradas diferenças de produtividade, entre as duas cultivares.

Palavras – chave: água, adubação, cafeicultura, estratégias, rendimento.

3.2. ABSTRACT

COSTA, André Ribeiro da, M.S. State University of Maringá. February, 2010.
Productivity of two coffee cultivars and crops, in the different doses of NPK using localized irrigation in the northwest region of state of Parana.
Adviser: Roberto Rezende. Co-Adviser: Paulo Sérgio L. de Freitas

We carried out an experiment in the Technical Irrigation Center of the State University of Maringá, which evaluated the influence of combination of different crops (not irrigated, irrigated and fertirrigated), with different percentages of NPK (50%, 100%, 150%, 200%) than the recommended in the literature on productivity of coffee cultivars IAPAR - 59 and Obatã. The seedlings, were planted at a spacing of 2.0 m., between rows and 1.0 m. between plants, which featured a dense system of planting. For the experiment, we used the system of drip irrigation. We used a completely randomized split plot, with four replications. The plots were composed by the doses of NPK and subplots formed by the crops. The interaction between crops and doses of NPK, showed significant differences in productivity, what allows us to conclude what the dose for each crop at the end of the experiment. The highest yields were obtained in cultures fertirrigated and found no differences in productivity, between the two cultivars.

Key Words: coffee, fertilizer, strategies, water, yield.

3.3. INTRODUÇÃO

A cultura do café ocupa um lugar de destaque, no mercado agrícola brasileiro. Segundo as últimas estimativas, o país colheu aproximadamente, 46 milhões de sacas na safra 2008, sendo que o estado de Minas Gerais, foi o maior produtor nacional do grão (ABIC, 2009a).

De acordo com Mantovani et al. (2006), a agricultura irrigada, mostra-se como uma importante estratégia para a otimização da produção mundial de alimentos, visto que, pode proporcionar a geração de desenvolvimento sustentável no campo, por meio da geração de empregos e de renda de forma estável.

No contexto da cafeicultura, a utilização da irrigação tem aumentado, consideravelmente, nos últimos anos, em virtude da ocorrência de dificuldades climáticas encontradas, nas mais diversas áreas produtoras do grão. Segundo Matiello et al. (2005), sem a irrigação para aperfeiçoar o suprimento de água ao cafeeiro, o desenvolvimento das plantas e todo seu processo produtivo, ficariam comprometidos.

Conforme estudos realizados por Gopal & Visveswara (1971), a ocorrência de secas prolongadas e precipitações insuficientes, provocam o retardamento do desenvolvimento normal do cafeeiro. Tal afirmativa, ilustra a importância da irrigação como um mecanismo, que pode proporcionar adequação e regularidade, na disponibilidade de água para a cultura.

Estima-se que, 300 mil hectares de café utilizam a irrigação, seja tecnológica ou de socorro, existindo um potencial de expansão, para áreas marginais, onde existem mais cerca de 100 mil hectares de lavouras, além do aproveitamento de novas áreas de plantio, já de início, com irrigação (Matiello et al., 2005). Os cafezais irrigados, estão concentrados, especialmente, nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia. E, em menores áreas, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Rondônia e São Paulo.

Bonomo et al. (2008), em um experimento realizado em Jatai - GO., avaliaram os efeitos da irrigação, na produtividade de cinco cultivares de cafeeiro (Catuai IAC44, Acaiá Cerrado MG-1474, Rubi MG-1192, Topázio MG-

1190, Oeiras MG-6851 e Katipó), ao longo de quatro safras (safra 2003, safra 2004, safra 2005 e safra 2006). A produtividade média alcançada, no sistema de irrigação por gotejamento ($41,68 \text{ sacas ha}^{-1}$), foi tendencialmente superior à obtida no sistema de irrigação por aspersão ($38,61 \text{ sacas ha}^{-1}$). Os melhores desempenhos médios produtivos, foram obtidos com a cultivar Katipó.

Segundo Oliveira e Boás (2008), a aplicação de fertilizantes junto a água de irrigação, caracteriza a técnica denominada fertirrigação. A utilização desta técnica, tem permitido a otimização do insumo em diferentes culturas irrigadas, em aspectos relacionados à produtividade. A adoção da fertirrigação é a mais notável, em sistemas de irrigação localizada.

De acordo com Godoy et al. (2008), o sistema de irrigação por gotejamento, é o que melhor se adapta à cultura do cafeeiro, permitindo a prática da fertirrigação. Em virtude disso, muitos produtores têm recorrido à sua adoção.

Desta maneira, este trabalho tem por objetivo, avaliar a influência da aplicação de diferentes porcentagens (50%, 100%, 150%, 200%), de doses de fertilizantes para NPK, em relação à dose sugerida pela literatura (MATIELLO et al., 2005); em combinação com diferentes cultivos (não irrigados, irrigados e fertirrigados), na produtividade das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho, foi instalado no ano de 2005 e conduzido até o ano de 2008, em uma área do Centro Técnico de Irrigação (CTI), da Universidade Estadual de Maringá – UEM localizado na cidade de Maringá, estado do Paraná; cujas coordenadas geográficas são de 23°25' de latitude sul e 51°57' de longitude oeste. O relevo apresenta declividade média de 6%, podendo ser considerado como homogêneo e suavemente ondulado.

Segundo Koppen, o clima da área é do tipo Cfa Mesotérmico Úmido, caracterizado por chuvas abundantes no verão e invernos secos. As médias de precipitação anual chegam a 1500 mm. As médias das temperaturas mínimas e máximas atingem 10,3°C e 33,6°C, respectivamente. A temperatura média anual, chega a 21,8°C e a umidade relativa média do ar, é igual a 66%.

Na Figura 1, observam-se os dados referentes à precipitação pluvial ocorrida, entre a época de condução do experimento, os quais foram obtidos junto a Estação Climatológica da Universidade Estadual de Maringá, que se localiza próxima à área experimental.

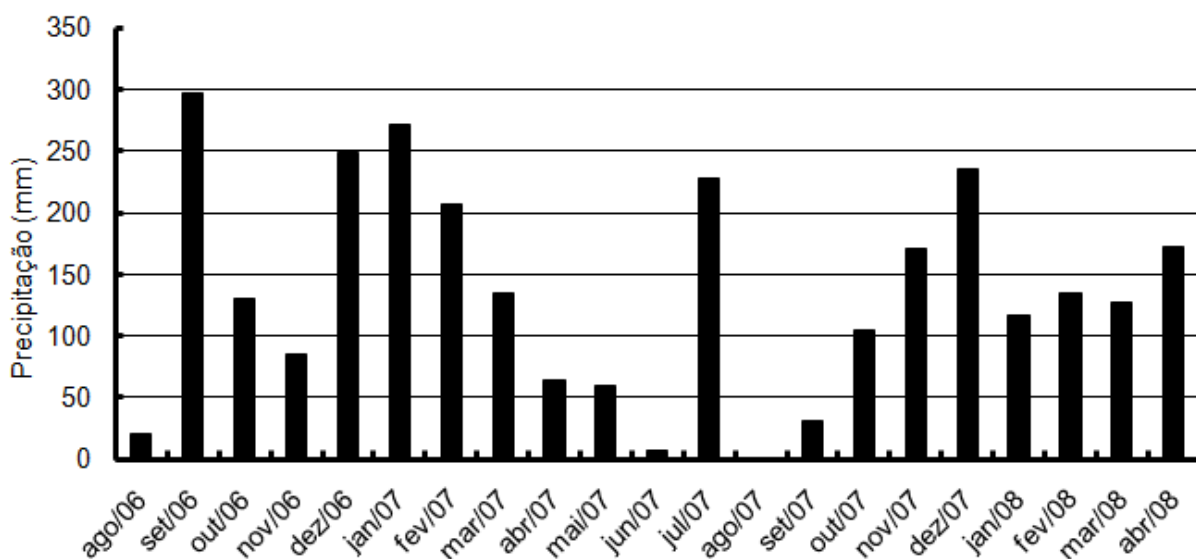


Figura 1 - Precipitação pluvial, ocorrida no período do experimento.

Realizou-se o plantio em dezembro de 2005, e as mudas de cafeeiro pertencentes às cultivares IAPAR - 59 e Obatã, foram plantadas com espaçamento de 2,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas, caracterizando um sistema adensado. O solo da área pertence à classe Nitossolo Vermelho Distroférico, com Horizonte A moderado, textura argilosa, fase florestal subperenifólia (EMBRAPA, 1999).

O solo da área é de textura muito argilosa com 18% de areia, 7,5% de silte e 74,5% de argila, e apresenta as seguintes características químicas: pH em CaCl₂, 5,2; matéria orgânica, 2,17 dag kg⁻¹; P disponível (Mehlich - 1), 1,4 mg dm⁻³; teores de K⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ de 0,60; 2,57 e 0,00 cmol_c dm⁻³, respectivamente; acidez de troca (H⁺ + Al³⁺), 4,37 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 de 14,49 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases (V%) igual a 68,75%.

Tendo-se a lavoura recém-formada e visando promover o pegamento das mudas, procedeu-se a irrigação, através do sistema de irrigação, localizada por gotejamento. A diferenciação dos tratamentos, aconteceu em agosto de 2006. Para as operações de tratos culturais e controle fitossanitário, seguiu-se a recomendação de Matiello et al. (2005).

Os emissores autocompensantes da marca Goldentrip, instalados na linha, operaram com vazão nominal e pressão de serviço de 1,2 L h⁻¹ e 10 m.c.a, respectivamente. Os gotejadores, foram instalados a uma distância de 20 cm do caule das plantas, sobre a superfície do solo, para que a superfície molhada pudesse formar uma faixa contínua, ao longo da linha de plantio. Os gotejadores distaram 0,40 metros, nas linhas de plantio e 2,0 metros entre elas.

Para o manejo da irrigação, recorreu-se a utilização do programa computacional IRRIPLUS, de modo que, os dados climatológicos necessários para a alimentação deste software, tais como, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média do ar e precipitação foram obtidos, diariamente junto a Estação Climatológica da Universidade Estadual de Maringá.

A recomendação das doses de N, de P e de K, foi baseada em Matiello et al. (2005), que indicam a dose de 150 kg ha⁻¹ para N e K₂O, a qual corresponde à porcentagem de 100%. Além desta dose, foram testadas doses inferiores (75 kg ha⁻¹) e doses superiores (225 e 300 kg ha⁻¹), que equivalem aos percentuais de 50%, 150% e 200%, respectivamente. Para o P, a dose correspondente ao percentil de 100% é de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Deste modo, também foram avaliadas doses inferiores (15 kg ha⁻¹) e superiores (45 e 60 kg ha⁻¹), que correspondem às variações percentuais de 50%, 150% e 200%, respectivamente.

Os tratamentos aplicados às plantas de cada cultivar de cafeeiro (Obatã e IAPAR – 59), deste trabalho, foram formados através da combinação das quatro doses de NPK, com três cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), tendo-se um total de 24 tratamentos, com quatro repetições, com dez plantas, representando uma repetição.

Adotou-se, neste experimento, o delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas. As doses de NPK formaram as parcelas, por meio de sorteio, de modo que cada uma formou um setor da área do experimento. Posteriormente, no interior de cada setor, as subparcelas foram compostas pelas linhas de plantas, as quais receberam, através de sorteio, os três cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado).

Cada unidade experimental, foi constituída de um grupo de dez plantas, selecionadas aleatoriamente, nas linhas de plantio, tendo como

bordadura as linhas de plantas periféricas da área experimental, e as três plantas iniciais e finais de cada linha.

Foram usadas como fontes de nitrogênio, de fósforo e de potássio, nos cultivos fertirrigados, nitrato de cálcio, fosfato monomamônico e nitrato de potássio. Na adubação convencional empregada, nos cultivos irrigados e não irrigados, procedeu-se ao uso do formulado comercial 20-05-20.

As plantas conduzidas nos cultivos fertirrigados, receberam as doses de N, de P e de K, por meio da injeção, na linha principal do sistema de irrigação, antes do sistema de filtragem. Utilizou-se, como equipamento injetor, uma bomba centrífuga de 0,5 cv, com rotor de Noryl[®], instalada de maneira afogada. Esta promovia a sucção da solução, composta de água e fertilizantes, a partir de um reservatório, com capacidade de 150 L. O tempo de fertirrigação foi de 30 minutos.

A colheita ocorreu em abril de 2008, de modo que, a produtividade foi medida nas quatro unidades experimentais para cada tratamento. Para tal, derriçou-se o café colhido sobre um pano e, posteriormente, procedeu-se a pesagem para a avaliação da massa de café em coco, colhida em cada planta. Logo após, tomou-se a amostras e realizou-se a correlação em massa de café em coco, para café limpo. Em seguida, obteve-se a média de produção de cada unidade experimental, as quais foram convertidas em quilogramas por hectare, utilizando-se de um fator relacionado, com o estande de plantas que, neste caso, foi de 5000 plantas por hectare. Estes dados, foram convertidos em número de sacas beneficiadas (60 kg), por hectare.

Tendo-se os dados, realizou-se a análise de variância. Na ocorrência de diferenças significativas, aplicou-se o teste de Scott-Knott, para as variáveis qualitativas (cultivos); e, a análise de regressão, para as variáveis quantitativas (doses de NPK). Nestas análises, foi utilizado o software estatístico Sisvar.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã, os tratamentos cultivos, doses de NPK, assim como, a interação entre eles, influenciaram, significativamente, as médias de produtividade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Análise de variância para a característica produtividade (PROD), para as cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59.

Causa de Variação	Cultivares	
	Obatã	IAPAR – 59
	PROD	PROD
Doses de NPK	0,0000*	0,0000*
Cultivos	0,0000*	0,0000*
Dose de NPK x Cultivos	0,0139*	0,0356*
Média Geral (sacas ha ⁻¹)	30,5	28,9
CV1 (%)	1,99	2,42
CV2 (%)	1,92	2,50

* significativo em nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância para os desdobramentos, no caso em que se fixaram os cultivos e variaram-se as doses de NPK, indicou efeitos significativos, nos três cultivos das duas cultivares. Deste modo, foi aplicada uma análise de regressão. A variação das doses, apresentou diferenças significativas para as plantas de todos os cultivos.

Em todos os casos, a equação que melhor se ajustou aos dados observados da produtividade das duas cultivares, foi uma equação de segundo grau. Nas Figuras 2, Figura 3 e Figura 4, pode-se observar a relação existente, entre as porcentagens de doses de NPK, na produtividade da cultivar Obatã.

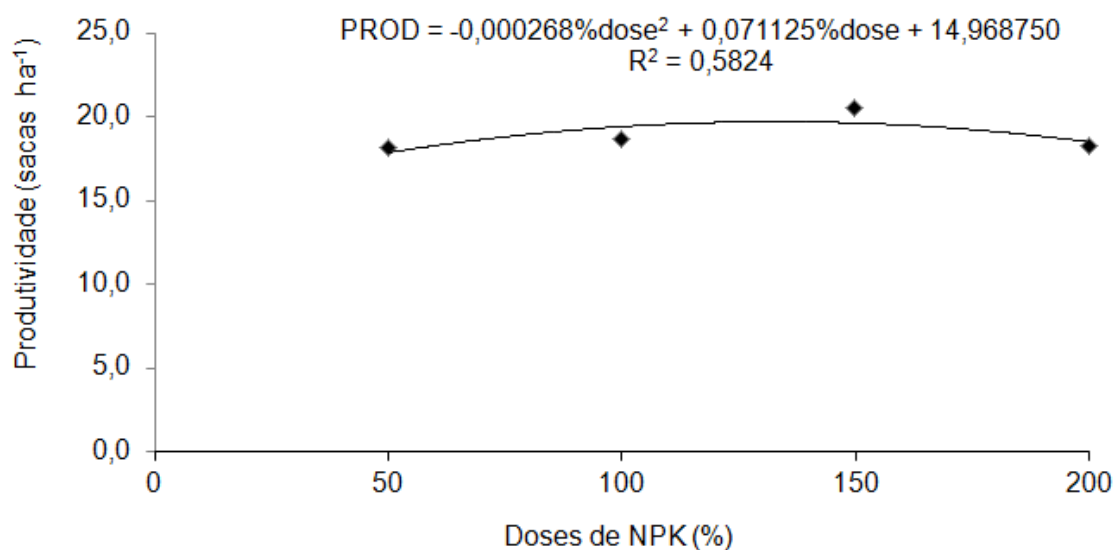


Figura 2 – Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã no cultivo não irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

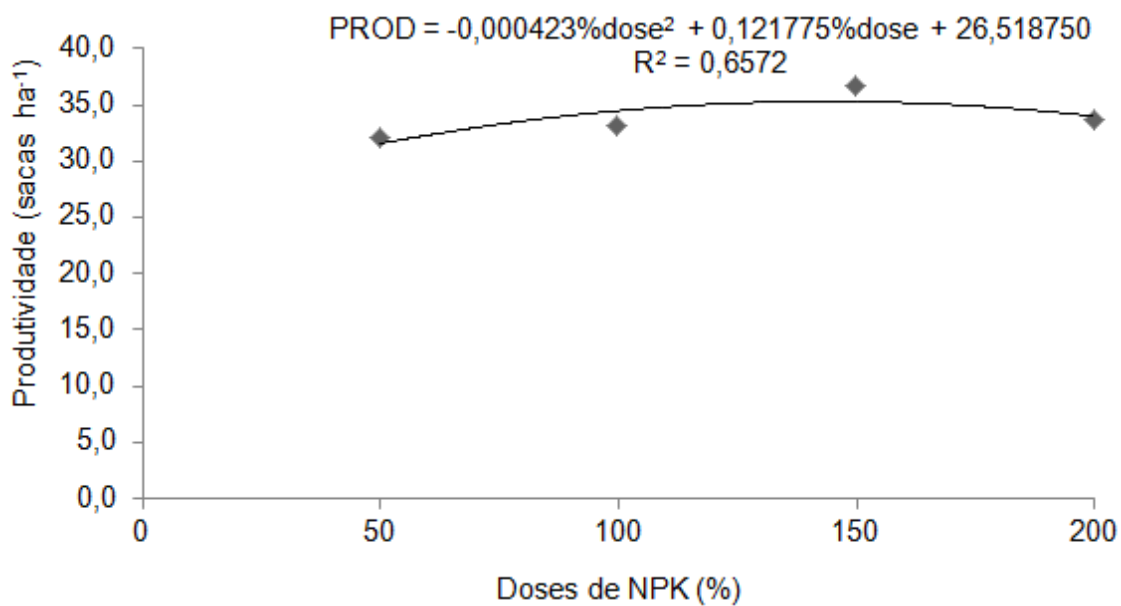


Figura 3 – Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, no cultivo irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

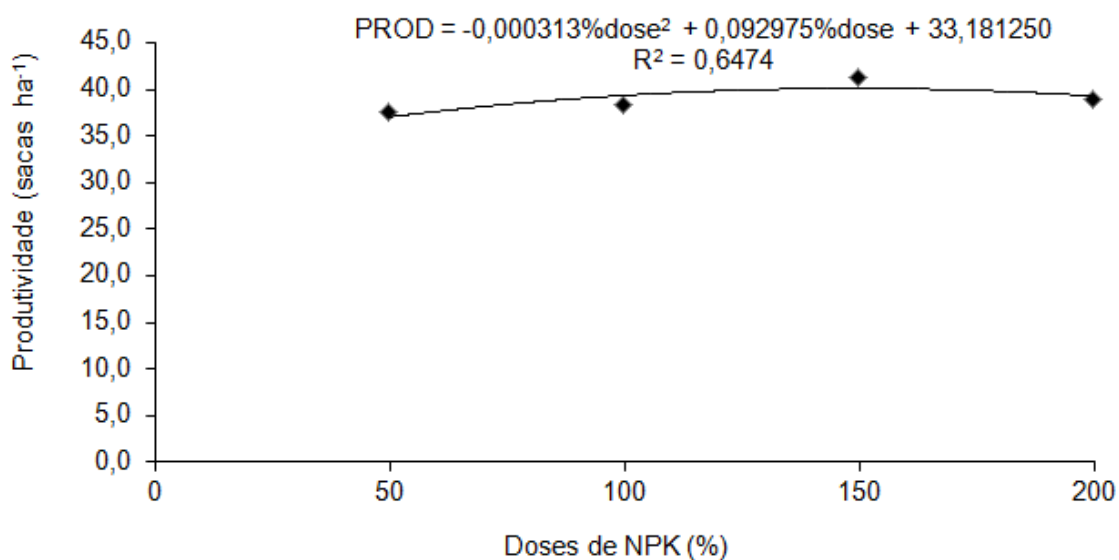


Figura 4 – Produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, no cultivo fertirrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

Observa-se nas Figuras 2, 3 e 4, que, a produtividade da cultivar de cafeeiro Obatã, aumentou até a dose de 150%, que corresponde ao fornecimento de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Os piores resultados, foram obtidos com as aplicações das porcentagens de 50% e de 200%, em relação à literatura sugerida. Tal fato, pode ser indicativo de que tanto o déficit, quanto o excesso de nutrientes afetam, negativamente, a produtividade da cultivar estudada. Observa-se o mesmo comportamento, na produtividade da cultivar IAPAR -59, conforme as Figuras 5, Figura 6 e Figura 7.

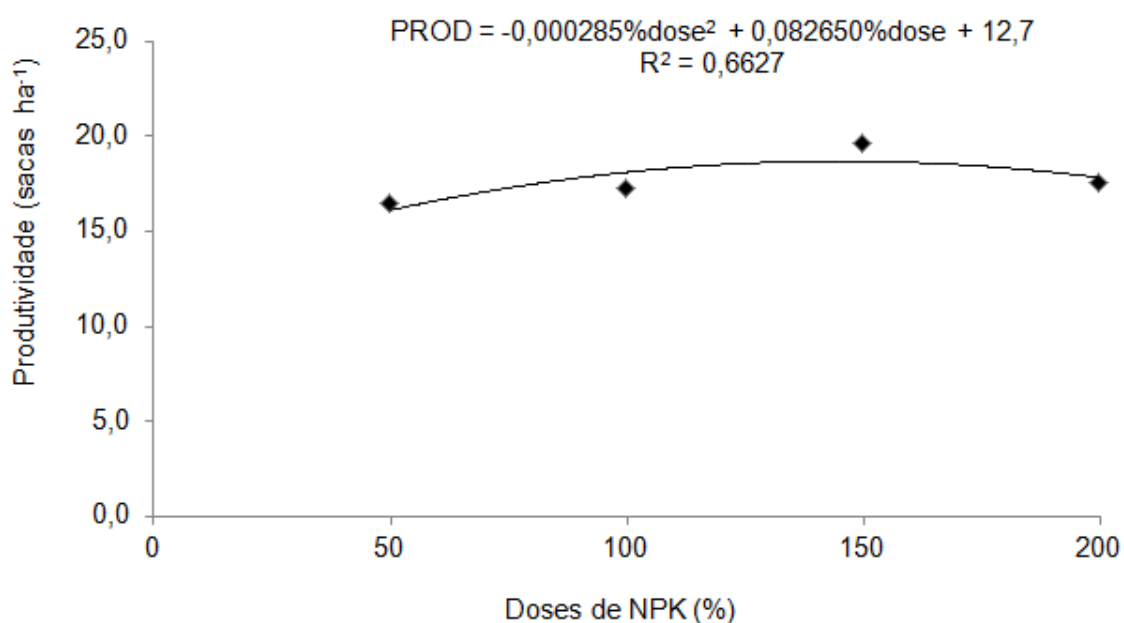


Figura 5 – Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59, no cultivo não irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

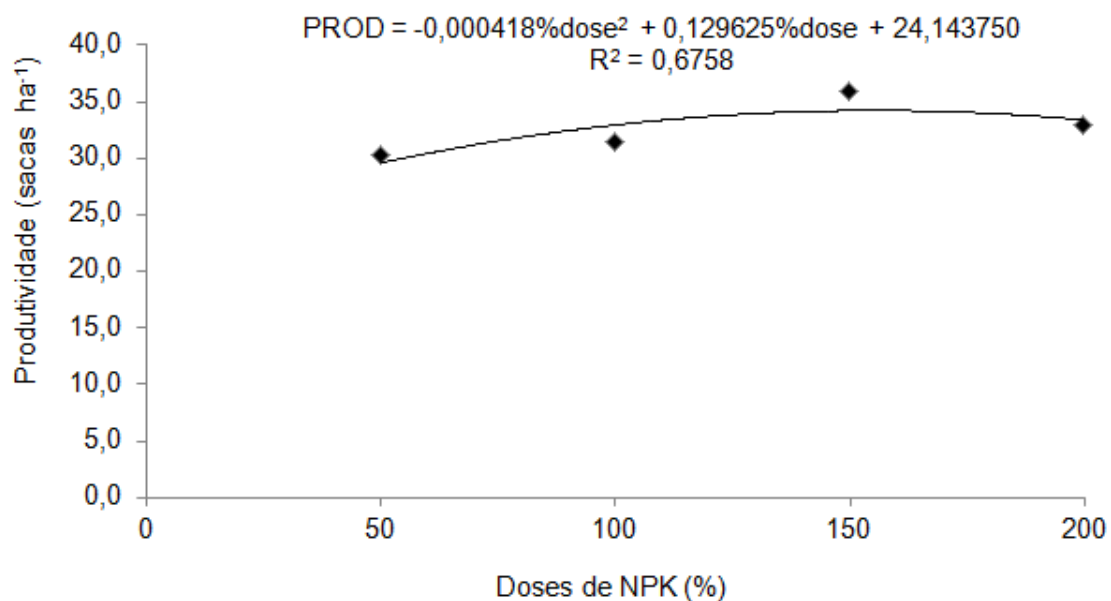


Figura 6 – Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR – 59, no cultivo irrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

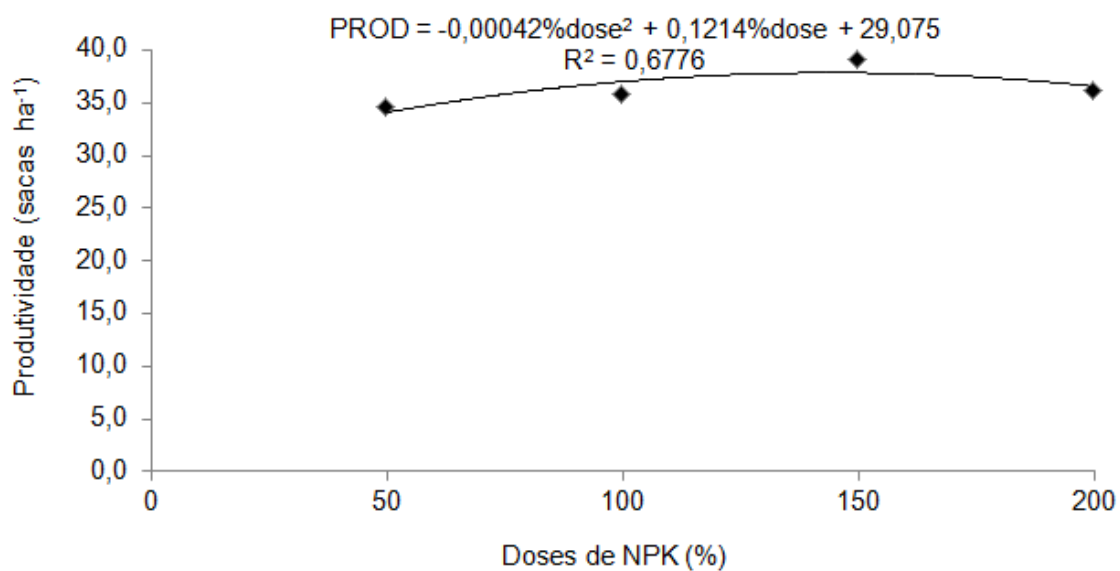


Figura 7 – Produtividade da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59, no cultivo fertirrigado, em função das porcentagens de doses de NPK.

Aumentos na produtividade do cafeeiro, em virtude de aplicações de NPK, também foram encontrados em outros trabalhos. Em relação a nitrogênio, existem várias respostas positivas (CARVAJAL, 1984; CERVELLINI et al., 1986; VIANA et al., 1987; RAIJ et al., 1996; BRAGANÇA et al., 2009). Em se tratando de fósforo, alguns autores também encontraram ótimos desempenhos (CARVAJAL, 1984; URIBE, 1983; BRAGANÇA et al., 2009). No que diz respeito a potássio, existem respostas muito variáveis (VIANA et al., 1987; RAIJ et al., 1996; SILVA et al., 1998; GARCIA et al., 2002).

A Tabela 2, mostra o desempenho produtivo alcançado, pelas cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã, nos cultivos. As maiores produtividades, foram alcançadas nos cultivos fertirrigados, não havendo diferenças entre as cultivares.

Tabela 2 - Valores médios obtidos, para a característica produtividade, em função dos diferentes cultivos, para as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã.

Cultivos	Cultivares	
	Obatã	IAPAR - 59
	PRODUTIVIDADE (sacas ha ⁻¹)	PRODUTIVIDADE (sacas ha ⁻¹)
Fertirrigado	38,9 a	36,4 a
Irrigado	33,8 b	32,5 b
Não Irrigado	18,8 c	17,7 c

Médias acompanhadas de letras distintas na coluna, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de médias de Scott-Knott.

A prática da fertirrigação, promoveu incrementos significativos, na produtividade das duas cultivares de cafeeiro. Resultados semelhantes, foram encontrados em outros trabalhos (ANTUNES et al., 2000b; MUDRIK et al., 2002). Este comportamento, pode ser explicado pelo fato de que, na

fertirrigação, os adubos são aplicados diretamente, na região de maior concentração radicular, em doses adequadas às necessidades da cultura, em cada estágio do seu ciclo fenológico (COELHO & SILVA, 2005).

Nitrato de cálcio (15%N), fosfato monoamônico (48%P₂O₅, 10%N) e nitrato de potássio (13%N, 44%K₂O), os quais foram os fertilizantes utilizados nas lavouras fertirrigadas, apresentam uma maior porcentagem de nitrogênio, potássio e fósforo, em comparação com o formulado 20 – 05 – 20 (20%N, 5% P₂O₅, 20%K₂O). É possível que, a produção nestas duas últimas lavouras, possa ter sido inferior, em virtude destes elementos não estarem presentes, em quantidades suficientes na solução do solo, no período de maior exigência da cultura (MALAVOLTA, 1981).

As plantas fertirrigadas, também receberam água, oriunda das precipitações pluviais. Este é um fato, que também pode ter beneficiado estas lavouras, pois, as plantas de cafeeiro conduzidas nestas condições, podem ter tido uma maior quantidade disponível de nutrientes, além das quantidades fornecidas, por meio da água de irrigação, uma vez que, pode ter ocorrido uma maior dissolução dos nutrientes do solo, o que pode ter aumentado suas concentrações em sua fase sólida.

Os resultados obtidos neste ensaio, mostraram que a irrigação produziu incrementos de 15 sacas, na produtividade das cultivares IAPAR - 59 e Obatã, em comparação com plantios não irrigados. Estes ganhos se aproximam dos obtidos por Fernandes & Drummond (2000), Soares (2001) e Silva et al. (2003), os quais relataram que, com a irrigação na cultura do cafeeiro, obtiveram-se ganhos médios de 20 a 30 sacas. Os índices mais baixos de produtividade das duas cultivares, foram obtidos em cultivos de sequeiro.

Neste caso, a água pode ter sido um dos fatores, que afetou a absorção de nutrientes, limitando o desempenho produtivo das cultivares IAPAR - 59 e Obatã. A distribuição das precipitações pluviais, não segue um padrão, e houveram meses em que não foram registradas lâminas, como no caso de agosto de 2007, conforme pôde ser observado na Figura 1. Uma melhor absorção dos nutrientes, depende de alta umidade no solo, o que pode favorecer a regularidade de seu fornecimento. Sem a ocorrência de chuvas ou

de irrigação, o efeito do adubo pode ficar comprometido, total ou parcialmente (MALAVOLTA, 2002).

Não ocorreram diferenças de desempenho produtivo, entre as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã, contrariando os resultados obtidos, por Vicente et al. (2003b), em um experimento em Patrocínio - MG; cujo objetivo, foi avaliar a produtividade de cultivares de cafeeiro, em um sistema de irrigação localizada por gotejamento, no qual a cultivar Obatã apresentou um melhor desempenho, em comparação com a cultivar IAPAR - 59.

3.6. CONCLUSÕES

As aplicações de NPK, promoveram aumentos de produtividade, nas lavouras das duas cultivares de cafeeiro, sendo que a dose mais adequada para as altas produtividades, foi a de 150% da dose recomendada pela literatura, a qual equivale à aplicação de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O.

A produtividade das cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã foi superior, quando o cultivo foi fertirrigado, em comparação com as lavouras irrigadas e não irrigadas. Não existiram diferenças de desempenho produtivo, entre as duas cultivares em todos os cultivos.

**4. CAPÍTULO II – NÚMERO DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS E
PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE CAFEIRO, EM
DIFERENTES CULTIVOS**

4.1. RESUMO

RIBEIRO DA COSTA, André, M.S. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro, em diferentes cultivos.** Professor Orientador: Roberto Rezende. Professor Conselheiro: Paulo Sérgio L. de Freitas.

Este experimento, foi conduzido em uma área do Centro Técnico de Irrigação (CTI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Com a finalidade de avaliar o efeito da aplicação, de distintas porcentagens de doses de NPK (50%, 100%, 150%, 200%), em relação à recomendada pela literatura, no número de ramos plagiotrópicos; e na produtividade das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59, em diferentes cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado). As mudas de cafeeiro, foram plantadas em um espaçamento de 2,0 metros, entre linhas e 1,0 metro, entre plantas, o que caracterizou um sistema adensado. Utilizou-se, neste experimento, o sistema de irrigação localizada por gotejamento. O experimento foi esquematizado, em um delineamento, inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas e subparcelas, foram compostas pelas porcentagens de doses de NPK e pelos cultivos, respectivamente. A interação, entre estes dois fatores, influenciou, significativamente, a produtividade e o número de ramos plagiotrópicos, permitindo concluir, qual a dose de fertilizante, mais indicada para cada cultivo. As plantas conduzidas, sob irrigação e fertirrigação, apresentaram maior número de ramos plagiotrópicos, e os melhores desempenhos produtivos médios, foram obtidos nos cultivos fertirrigados.

Palavras – chave: Café, Cultura, Fertilizantes, Fertirrigação, Rendimentos.

4.2. ABSTRACT

COSTA, André Ribeiro da, M.S. State University of Maringá. February, 2010. **Number of primary branches and productivity of two cultivars of coffee, in different crops.** Adviser: Roberto Rezende. Co - Adviser: Paulo Sérgio L. de Freitas.

This experiment was conducted, in an area of the Technical Center of Irrigation of the State University of Maringá. With the purpose of to value the effect of the application of different percentages of doses of NPK (50%, 100%, 150%, 200%), in relation the recommended by literature, in the number of plagiotropic branches; and in the productivity in the cultivars of coffee plant Obata and IAPAR - 59. The seedlings of coffee plant, were planted in a spacing of 2,0 meters, between lines and 1,0 meter, what characterized a dense system of planting. In this experiment, was used the system of located irrigation by drip. The experiment was schemed in a design entirely delimited, in split plots with four replications. The plots and subplots, were composed by percentages of doses of NPK by crops, respectively. The interaction between those two factors, influenced significantly, the productivity and the number of plagiotropic branches, allowing concluding which the dose of fertilizer, more indicated for each cultivation. The plants conducted under irrigation and fertirrigation, presented superior number of plagiotropic branches, and the better middle productive, was obtained in the fertirrigated cultivations.

KEY WORDS: Crop, Coffee, Fertilizers, Fertirrigation, Yields.

4.3. INTRODUÇÃO

Segundo Coelho et al. (2002), a cafeicultura irrigada é uma atividade agrícola de muito prestígio. Em virtude de sua rentabilidade, a utilização de irrigação nas lavouras cafeeiras, favorece o pleno desenvolvimento e produção das plantas.

Caramori et al. (2001), apontam que o estado do Paraná é apto a cafeicultura sem irrigação. Entretanto, segundo Mantovani et al. (2004), a implantação de projetos de irrigação, em áreas tradicionais de cafeicultura de sequeiro, trazem uma maior produtividade às lavouras, assim como, melhor qualidade ao produto final.

Os ramos plagiotrópicos, correspondem aos ramos produtivos, e crescem na direção horizontal. São originários dos ramos ortotrópicos, que crescem em sentido horizontal, e formam as hastes e os troncos das plantas de café. O número de ramos plagiotrópicos, é uma variável de crescimento que está relacionada com a produtividade.

Nazareno et al. (2003), em um experimento, avaliaram o número de ramos plagiotrópicos de cafeeiros conduzidos, com e sem irrigação. A adoção da irrigação, promoveu aumento de 16% no número de ramos plagiotrópicos. Bonomo et al. (2008), avaliaram a produtividade de cafeeiros conduzidos, por meio de sistemas de irrigação. Os resultados mostraram que a produtividade média das lavouras irrigadas, por aspersão e gotejamento, ao longo de quatro safras, não diferiu entre si. Entretanto, registrou-se que, a tendência de maiores produtividades, foram alcançadas com o sistema de irrigação por gotejamento.

A introdução de sistemas de irrigação localizada por gotejamento, na cafeicultura brasileira, ocorreu no início da década de 90. Na segunda metade desta década, os sistemas de gotejamento se popularizaram, e sua aplicação em lavouras de café, cresceu de forma significativa (SILVA et al., 2003).

Segundo Santana et al. (2004), em sistemas de irrigação localizada, ocorre economia de água, uma vez que se umidece somente a região próxima à planta, com maior eficiência de aplicação de água. Além disso, no primeiro

ano de cultivo do cafeeiro, a evaporação da água do solo, prevalece sobre a transpiração da cultura, o que favorece a irrigação localizada.

Santinato et al. (2008), apresentaram mais algumas vantagens da utilização da irrigação localizada por gotejamento, na cultura do cafeeiro, como: a) maior eficiência no uso da água, na adubação e no controle fitossanitário; b) maior produtividade; c) menor interferência nas práticas culturais; d) boa adaptação a distintas topografias e solos; e) possibilidade de sua utilização, em solos salinos e com água salina; f) economia de mão-de-obra.

A irrigação possibilita a prática da fertirrigação. Segundo Vitti et al. (1994), a fertirrigação pode ser definida, como uma combinação das práticas de fertilização e irrigação, ou seja, os adubos minerais são injetados na água de irrigação, que assim torna-se “enriquecida”. Os modernos sistemas de irrigação localizada, dispõem de equipamentos, para a aplicação de fertilizantes químicos, através da água de irrigação (ANDRADE et al., 2004).

Silva et al. (2005b), afirmam que a fertirrigação apresenta algumas vantagens, tais como: a não compactação do solo e o fim de injúrias mecânicas às plantas, pois, os maquinários pesados, não ingressam mais na área de plantio, para a realização da adubação convencional - menor quantidade de equipamento exigido e menor gasto de energia. Além disso, a dosagem dos fertilizantes é mais bem regulada, monitorada, parcelada e distribuída ao longo do perfil do solo; de acordo com as necessidades da cultura, no decorrer do seu ciclo fenológico.

Duenhas et al. (2002), afirmam que apesar de existirem publicações sobre a aplicação de fertilizantes, por meio da água de irrigação, existe a necessidade de pesquisas sobre doses, concentração e parcelamentos dos nutrientes para as culturas, visto que, esta técnica sofre a influência de diversas variáveis.

O contexto deste trabalho, tem por finalidade avaliar a influência da aplicação de diferentes porcentagens de doses de NPK, e de diferentes cultivos no número de ramos plagiotrópicos, e na produtividade de duas cultivares de cafeeiro.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado, em uma área experimental do Centro Técnico de Irrigação (CTI), da Universidade Estadual de Maringá - UEM, localizada na cidade de Maringá – PR.; cujas coordenadas geográficas, são de 23°25' de latitude sul e 51°57' de longitude oeste. O relevo apresenta diferença de nível média de 6%, podendo ser considerado como homogêneo e suavemente ondulado.

O clima da área é do tipo Cfa Mesotérmico Úmido, caracterizado por chuvas abundantes no verão e invernos secos, segundo Koppen. As médias de precipitação pluvial anual, chegam a 1500 mm. As médias das temperaturas mínimas e das máximas atingem 10,3 °C e 33,6 °C, respectivamente. A temperatura média anual chega a 21,8 °C e a umidade relativa média do ar é igual a 66%.

Na Figura 1, estão dispostas as temperaturas médias, registradas no decorrer do experimento. Santinato et al. (2008), citam que a faixa de temperatura média anual ótima, para regiões aptas ao cultivo do café arábica, situa-se entre 19 e 23 °C, sendo que os cafeeiros jovens toleram temperaturas médias, maiores que este limite superior.

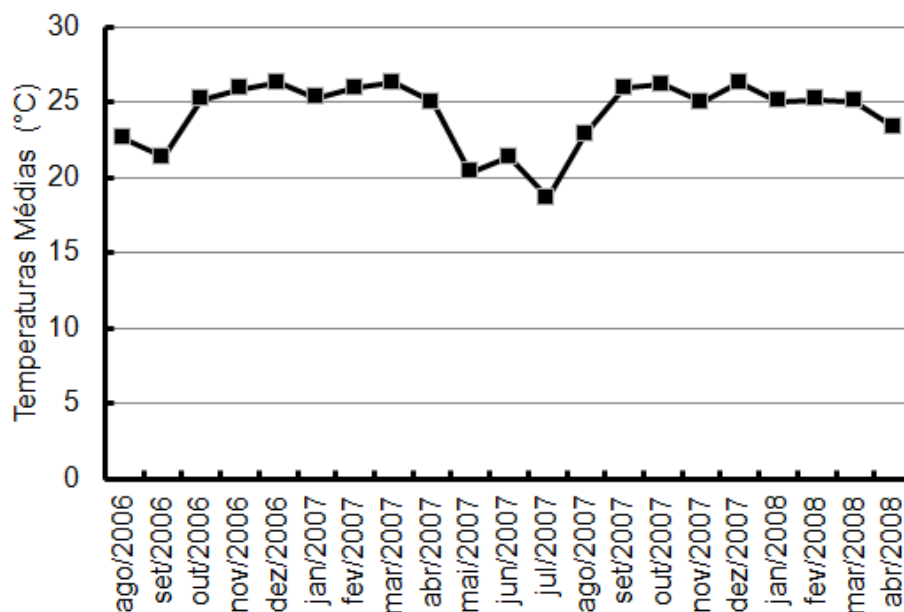


Figura 1 - Temperaturas médias mensais do ar registradas, no período compreendido, entre agosto de 2006 e abril de 2008.

Na Figura 2 são mostrados os totais mensais de precipitação e as lâminas mensais aplicadas de irrigação no decorrer do experimento. Nota-se que os maiores volumes de precipitação ocorreram no mês de setembro de 2006. No mês de agosto de 2007 não houve incidência de precipitações na área experimental.

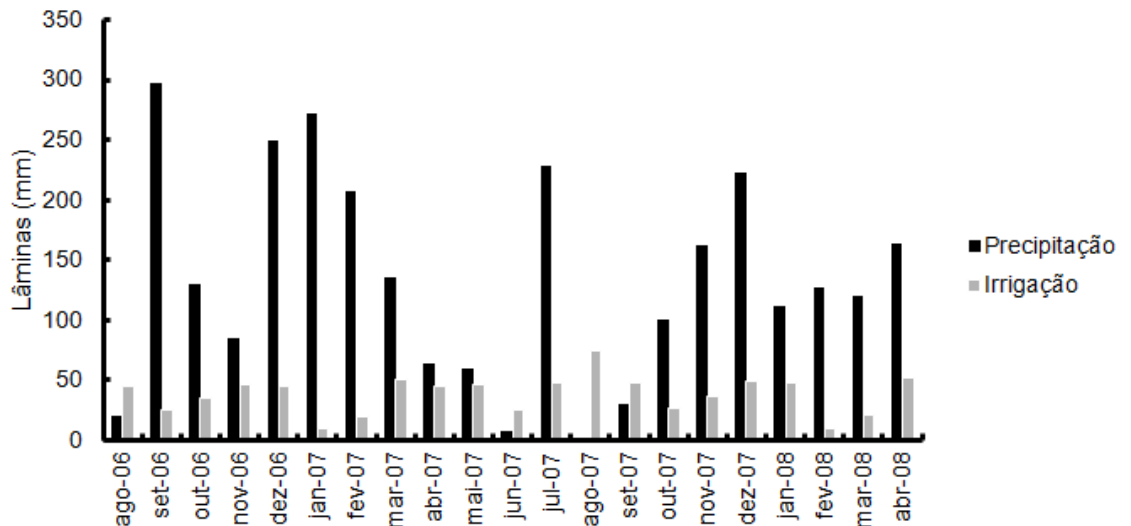


Figura 2 – Totais mensais de precipitação e lâminas mensais aplicadas de irrigação no período compreendido entre agosto de 2006 e abril de 2008.

Realizou-se o plantio em dezembro de 2005. As mudas de cafeeiro das cultivares IAPAR - 59 e Obatã, foram plantadas, com espaçamento de 2,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas. Tal arranjo, caracterizou-se em um sistema adensado.

O solo da área pertence à classe Nitossolo Vermelho Distroférico, com Horizonte A moderado, textura argilosa, fase florestal subperenifólia (EMBRAPA, 1999). O solo da área é de textura muito argilosa, com 18% de areia, 7,5% de silte e 74,5% de argila e apresenta as seguintes características químicas: pH em CaCl₂, 5,2; matéria orgânica, 2,17 dag kg⁻¹; P disponível (Mehlich - 1), 1,4 mg dm⁻³; teores de K⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ de 0,60; 2,57 e 0,00 cmol_c dm⁻³, respectivamente; acidez de troca (H⁺ + Al³⁺), 4,37 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 de 14,49 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases (V%) igual a 68,75%.

Tendo-se a lavoura recém-formada e visando garantir o “pegamento” uniforme das mudas, procedeu-se a irrigação através do sistema de irrigação localizada por gotejamento, até a diferenciação dos tratamentos que aconteceu em agosto de 2006. Para as operações de tratos culturais e controle fitossanitário, seguiu-se a recomendação de Matiello et al. (2005).

Os emissores autocompensantes da marca Goldentrip, instalados na linha, operaram com vazão nominal e pressão de serviço de $1,2 \text{ L h}^{-1}$ e 10 m.c.a, respectivamente. Os gotejadores foram instalados a uma distância de 0,2 m, do caule das plantas, sobre a superfície do solo, para que a superfície molhada pudesse formar uma faixa contínua, ao longo da linha de plantio. Os gotejadores distaram 0,40 metros nas linhas de plantio e 2,0 metros entre elas.

Para o manejo da irrigação, recorreu-se à utilização do programa computacional IRRIPLUS, de modo que, os dados climatológicos necessários para a alimentação deste software, tais como, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média do ar e precipitação pluvial foram obtidos, diariamente, junto a Estação Climatológica da Universidade Estadual de Maringá.

A recomendação das doses de N, de P e de K, foi baseada em Matiello et al. (2005), que indicam a dose de 150 kg ha^{-1} para N e K_2O , a qual corresponde à porcentagem de 100%. Além desta dose, foram testadas doses inferiores (75 kg ha^{-1}) e doses superiores (225 e 300 kg ha^{-1}), que equivalem aos percentuais de 50%, 150% e 200%, respectivamente. Para o P, a dose correspondente ao percentual de 100% é de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Deste modo, também foram avaliadas doses inferiores (15 kg ha^{-1}) e superiores (45 e 60 kg ha^{-1}), que correspondem às variações percentuais de 50%, 150% e 200%, respectivamente.

Os tratamentos aplicados às plantas deste trabalho foram formados, através da combinação das quatro doses de NPK, com três cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), tendo-se um total de 24 tratamentos, com quatro repetições, com dez plantas representando uma repetição.

Utilizou-se, neste experimento, o delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas. As doses de NPK, formaram as parcelas, por meio de sorteio, de modo que cada uma formou um setor da área do experimento. Posteriormente, no interior de cada setor, as subparcelas foram compostas pelas linhas de plantas, as quais receberam, através de sorteio, os três cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado).

Cada unidade experimental, foi constituída de um grupo de dez plantas, selecionadas aleatoriamente, nas linhas de plantio, tendo como

bordadura as linhas de plantas periféricas da área experimental, e as três plantas iniciais e finais de cada linha.

Foram usadas como fontes de nitrogênio, de fósforo e de potássio, nos cultivos fertirrigados, nitrato de cálcio, fosfato monomamônico e nitrato de potássio. Na adubação convencional empregada nos cultivos irrigados e não irrigados, procedeu-se ao uso do formulado comercial 20-05-20.

As plantas conduzidas nos cultivos fertirrigados, receberam as doses de N, de P e de K, por meio da injeção, na linha principal do sistema de irrigação, antes do sistema de filtragem. Utilizou-se como equipamento injetor uma bomba centrífuga de 0,5 cv, com rotor de Noryl[®], instalada de maneira afogada. Esta promovia a sucção da solução, composta de água e fertilizantes, a partir de um reservatório com capacidade de 150 L. O tempo de fertirrigação foi de 30 minutos.

O número de ramos plagiotrópicos, foi avaliado através da contagem direta por planta. Estas avaliações, foram realizadas em outubro de 2007 (697 dias após o plantio).

A colheita ocorreu em abril de 2008, de modo que, a produtividade foi medida, nas quatro unidades experimentais para cada tratamento. Para tal, derriçou-se o café colhido, sobre um pano e, posteriormente, procedeu-se a pesagem para a avaliação da massa de café em coco, colhida em cada planta. Logo após, tomou-se amostras e realizou a correlação em massa de café, em coco para café limpo. Em seguida, obteve-se a média de produção de cada unidade experimental, as quais foram convertidas em quilos por hectare, utilizando-se um fator relacionado, com o estande de plantas, que, neste caso, foi de 5000 plantas por hectare. Estes dados foram convertidos em número de sacas beneficiadas (60 kg), por hectare.

Tendo-se os dados, realizou-se a análise de variância. Na ocorrência de diferenças significativas, aplicou-se o teste de Scott-Knott, para as variáveis qualitativas (cultivos) e a análise de regressão, para as variáveis quantitativas (doses de NPK). Nestas análises foi utilizado o software estatístico Sisvar.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao fim do experimento, as variáveis analisadas, apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos. Os efeitos da interação, entre os cultivos e as porcentagens de doses de NPK, não apresentaram uma tendência em comum, isto é, foram manifestadas diferentes respostas para cada variável estudada.

Número de ramos plagiotrópicos totais

A observação dos dados da Tabela 1, permite afirmar que os cultivos e doses de fertilizantes, exerceram efeito significativo sobre o número de ramos plagiotrópicos totais da cultivar Obatã.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, para a variável resposta, número total de ramos plagiotrópicos, das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59.

Fontes de Variação	GL	Cultivares			
		Obatã		IAPAR - 59	
		F	Prob > F	F	Prob > F
Doses de Fertilizantes	3	11,692	0,0032*	6,751	0,0007*
Cultivos	2	3,300	0,0000*	1,477	0,2457 ^{NS}
Doses de Fertilizantes X Cultivos	6	1,684	0,0000*	2,894	0,0165*
Média Geral			45,40		48,90
CV1 (%)			8,39		7,73
CV2 (%)			10,00		7,01

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{NS} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os cultivos irrigados e fertirrigados, auferiram incrementos significativos, ao número de ramos plagiotrópicos das cultivares. Este comportamento, pode ser explicado devido ao efeito sinérgico, de uma adequada disponibilidade de água, e de uma melhor distribuição dos nutrientes, contidos nos fertilizantes, fato este proporcionado, principalmente pela fertirrigação, conforme a interpretação dos dados contidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios obtidos, para a característica número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para as cultivares Obatã e IAPAR – 59.

Cultivos	Cultivares	
	NTRP	NTRP
	Obatã	IAPAR-59
Não irrigado	43,5 b	48,2 a
Irrigado	45,6 a	49,0 a
Fertirrigado	45,9 a	49,5 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A observação dos dados dispostos na Tabela 2, permite afirmar que o número de ramos plagiotrópicos da cultivar IAPAR - 59, foi superior ao do cafeeiro Obatã, em condições não irrigadas. Contudo, não foram encontradas diferenças no número de ramos plagiotrópicos, das cultivares em estudo, nos cultivos irrigados e fertirrigados. Tais resultados, são contrários aos obtidos por Santana et al. (2004), que concluíram que a cultivar Obatã, destacou-se na avaliação do número de ramos plagiotrópicos, em comparação com a cultivar IAPAR - 59.

A irrigação, promoveu o aumento do número de ramos plagiotrópicos, das plantas da cultivar Obatã. Tal comportamento, corrobora os resultados obtidos por Carvalho et al. (2006), que em um experimento, concluíram que as maiores médias desta componente de crescimento da cultura, foram obtidas na condução de cafeeiros irrigados.

O estudo do desdobramento das doses de NPK, dentro de cada cultivo, mostrou que o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro Obatã, nas lavouras irrigadas e fertirrigadas, sofreu influência significativa da interação destes fatores.

O melhor ajuste das médias observadas, no cultivo irrigado, foi expresso através da regressão linear. Em relação às lavouras fertirrigadas do cafeeiro Obatã, a relação entre as diferentes doses de NPK aplicadas, e seu número total de ramos plagiotrópicos, pode ser explicada através da regressão quadrática. As estimativas dos coeficientes, destes modelos de regressão polinomial, estão dispostas na Tabela 3 e suas equações descritas na Figura 3.

Tabela 3 – Estimativa e significância dos parâmetros da regressão linear, para o número de ramos plagiotrópicos, dos cultivos irrigados e da regressão quadrática, para o número de ramos plagiotrópicos, dos cultivos fertirrigados do cafeeiro Obatã.

CULTIVOS	PARAMETROS	ESTIMATIVA	Prob> t
IRRIGADO	β_0	42,15	0,0000*
	β_1	0,0302	0,0141*
FERTIRRIGADO	β_0	49,775	0,0000*
	β_1	-0,1517	0,0293*
	β_2	0,0008	0,0043*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade.

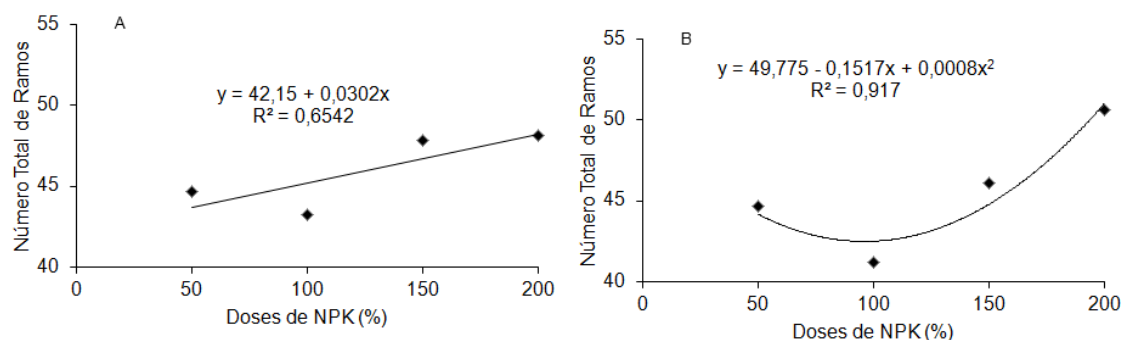


Figura 3 - Número total de ramos plagiotrópicos do cafeeiro, nos cultivos irrigados (A) e fertirrigados (B), da cultivar Obatã, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.

Nos cultivos irrigados (Figura 3A), o aumento da porcentagem de dose de NPK aplicada, foi diretamente proporcional ao aumento do número de ramos plagiotrópicos, sendo mais adequada, neste caso, a dose de 200% que correspondeu à aplicação de 300 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} de K_2O . Estes resultados, podem ser explicados devido ao fato, de que a irrigação tende a potencializar o efeito das doses de fertilizantes aplicadas, mesmo quando são fornecidas tradicionalmente.

De acordo com a observação da Figura 3B, pode-se afirmar que, o número de ramos plagiotrópicos das plantas da cultivar Obatã, nos cultivos fertirrigados, diminuiu quando se aplicou 100% da dose de NPK, sugerida pela literatura (MATIELLO et al., 2005). Para, em seguida, aumentar com aplicação da dose de 150% e atingir um máximo, com a aplicação da dose de percentual de 200%.

Este comportamento pode ser explicado, devido à possibilidade de parcelamento dos nutrientes, que é uma das vantagens da fertirrigação. De acordo com Villas Bôas et al. (1999), aplicações frequentes e, em menores quantidades, minimizam a perda dos nutrientes, favorecendo o aumento da eficiência do uso de fertilizantes, o que contribui, por sua vez, para o aumento do crescimento e produtividade das plantas.

As plantas da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59, também sofreram o efeito da interação dos tratamentos, sendo que somente nos cultivos irrigados,

foram encontradas diferenças significativas, relacionadas com as doses de fertilizantes. O modelo de regressão polinomial quadrático, foi o que melhor representou as médias observadas, de modo que, a estimativa de seus parâmetros está disposta na Tabela 4 e sua equação expressa na Figura 4.

Tabela 4 – Estimativa e significância dos parâmetros da regressão quadrática, para o número de ramos plagiotrópicos totais, no cultivo irrigado da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59.

CULTIVO	PARAMETROS	ESTIMATIVA	Prob> t
IRRIGADO	β_0	32,3750	0,0000*
	β_1	0,2933	0,0000*
	β_2	-0,0011	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade.

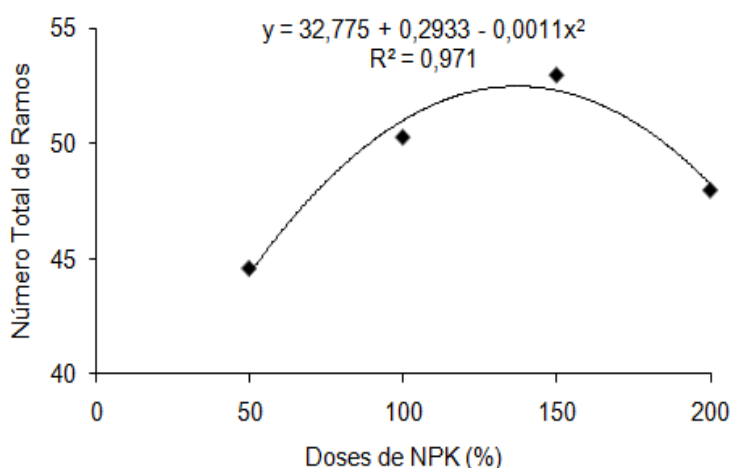


Figura 4 - Número total de ramos plagiotrópicos do cafeeiro, nos cultivos irrigados da cultivar IAPAR - 59, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.

Observando-se a Figura 4, pode-se afirmar que, o número de ramos plagiotrópicos da cultivar IAPAR - 59, aumentou até a dose 150%, na qual se

obteve um máximo de 53 ramos, com o fornecimento de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O e diminuiu, com a aplicação da dose de 200% da dose recomendada.

Desta forma, pode-se afirmar que se necessitou de uma maior quantidade de nutrientes, em relação à sugerida pela literatura, para que as plantas das lavouras irrigadas da cultivar IAPAR - 59, pudessem produzir uma maior quantidade de ramos plagiotrópicos. Tal comportamento, pode ter sido demonstrativo de que a irrigação favorece a movimentação dos nutrientes, ao longo do perfil do solo, o que afeta, positivamente, a absorção de NPK pelas plantas de café.

Produtividade

De acordo com a observação dos dados da Tabela 5, os tratamentos doses de fertilizantes, cultivos, bem como, a interação entre eles influíram, significativamente, nas médias de produtividade das cultivares Obatã e IAPAR - 59.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância, para a variável resposta da produtividade das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59.

Fontes de Variação	GL	Cultivares			
		Obatã		IAPAR – 59	
		F	Prob > F	F	Prob > F
Doses de Fertilizantes	3	61,298	0,0000*	100,281	0,0000*
Cultivos	2	6028,738	0,0000*	2836,817	0,0000*
Doses de Fertilizantes X Cultivos	6	3,941	0,0007*	2,548	0,0472*
Média Geral (sacas ha ⁻¹)			30,50		28,90
CV1 (%)			2,24		2,30
CV2 (%)			1,76		2,57

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O estudo do desdobramento da análise de variância, no qual se fixou os cultivos e se variou as doses aplicadas de NPK, em relação à literatura (MATIELLO et al., 2005), apontou diferenças significativas nos cultivos (não irrigados, irrigados, fertirrigados) independente da cultivar analisada.

Desta forma, procedeu-se a análise de regressão. Em todos os casos, o melhor ajuste das médias observadas, foi obtido com o modelo quadrático, sendo que, seus coeficientes, para cada lavoura estudada da cultivar de cafeeiro Obatã, estão dispostos na Tabela 6 e suas equações, para os cultivos não irrigados, irrigados e fertirrigados, podem ser observadas na Figura 5.

Tabela 6 – Estimativa e significância, dos parâmetros da regressão quadrática, para a produtividade das lavouras da cultivar de cafeeiro Obatã.

CULTIVOS	PARAMETROS	ESTIMATIVA	Prob> t
NÃO IRRIGADO	β_0	14,9250	0,0000*
	β_1	0,0717	0,0000*
	β_2	-0,0003	0,0001*
IRRIGADO	β_0	26,5500	0,0000*
	β_1	0,1210	0,0000*
	β_2	- 0,0004	0,0000*
FERTIRRIGADO	β_0	33,175	0,0000*
	β_1	0,0925	0,0000*
	β_2	- 0,0003	0,0000*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

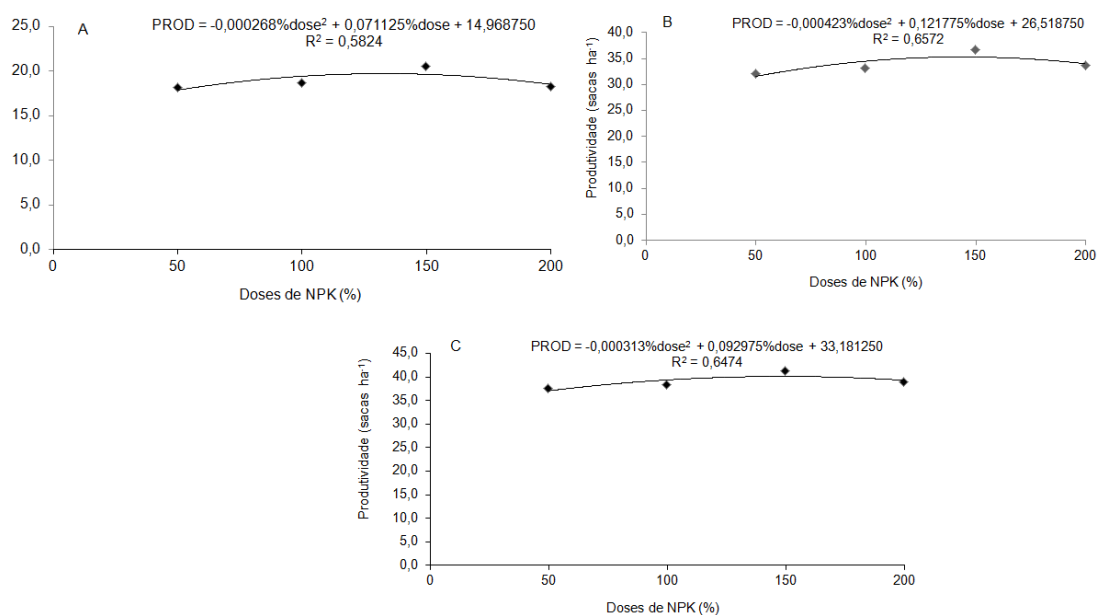


Figura 5 – Produtividade do cafeeiro nos cultivos não irrigados (A), irrigados (B) e fertirrigados (C) da cultivar Obatã, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.

A produtividade das plantas da cultivar de cafeeiro Obatã, aumentou na medida, em que se variaram as doses de 50%, até a porcentagem de 150%, em relação à sugerida pela literatura, na qual se obteve os melhores resultados e que correspondeu ao fornecimento de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Este comportamento, manifestou-se nos cultivos não irrigados (Figura 5A), irrigados (Figura 5B) e fertirrigados (Figura 5C).

Nota-se, também, que ocorreram baixos desempenhos, de modo que, eles foram originados pelas aplicações das doses de 50% e de 200%, em relação à recomendada. Tal comportamento, pode ser indicativo de que tanto o déficit (50%), quanto o excesso (200%), são prejudiciais à produtividade.

Estas tendências, também foram observadas na cultivar IAPAR - 59, sendo que, a estimativa e significância dos componentes da regressão quadrática, para cada cultivo, estão dispostos na Tabela 7, e as equações para as lavouras não irrigadas, irrigadas e fertirrigadas, são apresentadas na Figura 6.

Tabela 7 – Estimativa e significância dos parâmetros da regressão quadrática, para a produtividade dos cultivos do cafeeiro IAPAR - 59.

CULTIVOS	PARAMETROS	ESTIMATIVA	Prob> t
NÃO IRRIGADO	β_0	12,70000	0,0000*
	β_1	0,0827	0,0001*
	β_2	-0,0003	0,0003*
IRRIGADO	β_0	24,1440	0,0000*
	β_1	0,1296	0,0000*
	β_2	-0,0004	0,0000*
FERTIRRIGADO	β_0	29,0750	0,0000*
	β_1	0,1214	0,0000*
	β_2	-0,0004	0,0000*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

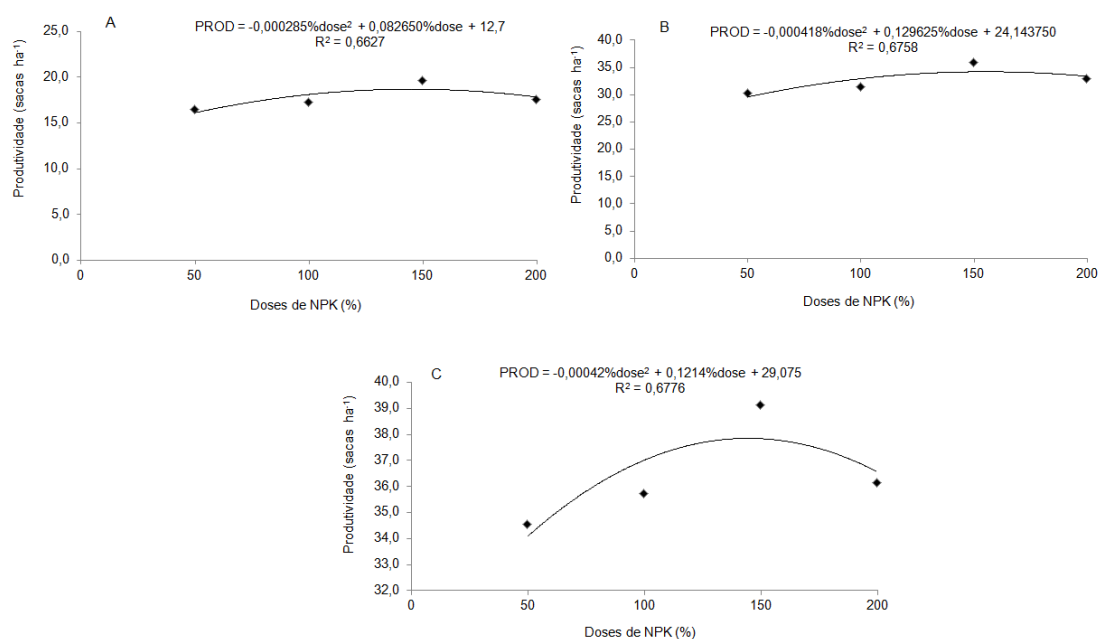


Figura 6 – Produtividade do cafeeiro, nos cultivos não irrigados (A), irrigados (B) e fertirrigados (C), da cultivar IAPAR - 59, em função das distintas porcentagens de doses de NPK aplicadas.

Os resultados obtidos no presente ensaio, são consoantes com os encontrados por Prezotti e Rocha (2004), que tiveram por objetivo, avaliar a produtividade de cafeeiros adubados, com quatro doses de nitrogênio, de fósforo e de potássio. Neste caso, também foram obtidas respostas positivas à adubação, com estes elementos.

Uma análise minuciosa, dos sinais dos parâmetros das equações, da produtividade das lavouras dos cafeeiros deste trabalho, permite afirmar que as funções, apresentam ponto de máximo, ou seja, é provável que exista uma porcentagem de dose de NPK aplicada, que propicie a máxima produtividade esperada, em todos os cultivos das cultivares.

A Tabela 8, mostra os dados referentes à produtividade absoluta, em sacas de 60 kg, em função de todos os cultivos e a produtividade, em relação ao tratamento não irrigado das cultivares Obatã e IAPAR - 59.

Tabela 8 - Valores médios obtidos, para a característica produtividade (PROD) e produtividade relativa (P.R), em função dos diferentes cultivos para as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã.

CULTIVOS	Cultivares			
	OBATA		IAPAR - 59	
	PROD (sacas ha ⁻¹)	P.R (%)	PROD (sacas ha ⁻¹)	P.R (%)
FERTIRRIGADO	38,9 a	207	36,5 a	206
IRRIGADO	33,8 b	180	32,6 b	184
NÃO IRRIGADO	18,8 c	100	17,7 c	100

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

As maiores produtividades, foram obtidas nos cultivos fertirrigados das duas cultivares, em comparação com os cultivos não irrigados, de modo que, os incrementos conseguidos foram de 206% e 207% nas cultivares IAPAR - 59 e Obatã, respectivamente. Tais incrementos, diferem dos obtidos por Antunes et al. (2000b) que, em um experimento em Rio Preto - MG, verificaram que a

produção obtida, em cafeeiros submetidos à fertirrigação, alcançou superioridade de 123%, em comparação com os tratamentos não irrigados.

No plantio fertirrigado, foram aplicados como fontes de K e de N nitratos de potássio e de cálcio, respectivamente. As altas produtividades, obtidas nestes cultivos, podem estar relacionadas, com a possibilidade do aumento da concentração de nitratos na água de irrigação, devido à dissociação destes fertilizantes. Carrijo et al., (1999), afirmam que, se os nitratos forem distribuídos em lâminas adequadas rapidamente, serão absorvidos pelas plantas. É provável que o teor de nitratos, na solução de solo, tenha aumentado, e isto, pode ter favorecido a absorção dos íons de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} .

No que diz respeito a fósforo (P), na cultura do café, trata-se de um nutriente essencial para a produção dos frutos. É possível que tenha ocorrido resposta a fósforo, possivelmente, por ter sido aplicado via água de irrigação, diretamente, na região radicular das plantas de cafeeiro. Como foi aplicado, em forma, prontamente, disponível às plantas, pode ter tido pouco tempo de contato com o solo, o que limita sua adsorção, favorecendo sua disponibilidade, na solução do solo (ERNANI et al., 2007).

Neste trabalho, a produtividade dos cafeeiros fertirrigados, diferiu, significativamente da alcançada, quando as cultivares foram apenas irrigadas, e a produtividade obtida. Nestes dois cultivos foi, estatisticamente, superior à alcançada nos cultivos não irrigados, seja na cultivar IAPAR - 59, ou na cultivar Obatã. Este comportamento, contraria, parcialmente, os resultados obtidos por Coelho et al. (2009), que avaliando a produtividade de cafeeiros fertirrigados, irrigados e não irrigados, concluíram que não foram encontradas diferenças, significativas, entre a produtividade obtida, no melhor tratamento fertirrigado, em comparação ao tratamento irrigado. Contudo, o desempenho destes tratamentos, foi superior ao alcançado em cafeeiros, que não foram irrigados.

Os resultados obtidos neste ensaio, mostraram que a produtividade dos cultivos irrigados, foi superior à produtividade dos cultivos não irrigados. A irrigação trouxe incrementos significativos, de 80% a 84%, na produtividade das cultivares Obatã e IAPAR-59, respectivamente. Estes acréscimos aproximam-se dos obtidos por Fernandes et al. (2000), que, em um experimento, em que submeteram cafeeiros a diversos regimes de irrigação,

verificaram que o melhor tratamento de irrigação, que correspondeu ao fornecimento de água às plantas de cafeeiro, durante os anos de 1995, 1996 e 1997, proporcionando-se deficiência hídrica nula, proporcionou ganhos à produtividade de até 101%, em relação ao tratamento não irrigado.

Gomes et al. (2007), em um experimento, concluíram que a média de produtividade de cafeeiros irrigados, ao final de cinco safras (safra 2000/2001, safra 2001/2002, safra 2002/2003, safra 2003/2004, safra 2004/2005), sofreu incrementos de 119%, em comparação à testemunha (cultivos de café, não irrigados). Silva et al. (2008), avaliaram a produtividade de cafeeiros, submetidos a três épocas de irrigação (A – 01/06/2003 a 30/09/2003, B – 01/09/2003 a 30/09/2003 e C – sem irrigação), observaram que, cafeeiros submetidos à irrigação, no período de junho a setembro de 2003, tiveram aumentos na produtividade de até 150%, em comparação aos cafeeiros não irrigados.

É possível que a técnica de irrigação, tenha favorecido a absorção radicular de nitrogênio, fósforo e potássio, pelos processos de fluxo em massa, principalmente, em relação ao primeiro e, em grande parte, pelo processo de difusão, em relação aos dois últimos, respectivamente. Como foi utilizado o sistema de irrigação localizada por gotejamento, os elementos foram fornecidos em formas prontamente disponíveis, na zona radicular das plantas de cafeeiro.

Neste trabalho, os melhores desempenhos de produtividade e de número de ramos plagiotrópicos, foram alcançados nos cultivos irrigados, em comparação aos cultivos não irrigados. Segundo Carvalho et al. (2006), a irrigação pode ter potencializado a produção de gemas, fato este que pode ter influenciado, indiretamente, a produção. Resultados semelhantes, foram encontrados por Gomes et al. (2007).

4.6. CONCLUSÕES

A prática da irrigação e da fertirrigação, produziu incrementos no número de ramos plagiotrópicos, e na produtividade das cultivares de cafeeiro Obatã e IAPAR - 59. O desempenho da primeira variável, pode ter influenciado o da segunda.

Com relação ao número de ramos plagiotrópicos, os resultados não seguiram uma tendência comum, de modo que, foram encontradas distintas respostas, nos cultivos dos cafeeiros.

No que diz respeito à produtividade, a melhor dose de NPK, para todos os cultivos das cultivares, correspondeu à dose de 150%, em relação à literatura, que correspondeu à aplicação de 225 kg ha⁻¹, de N, 45 kg ha⁻¹, de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O.

5. CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com a interpretação da análise estatística, dos dados obtidos ao final do experimento, pode-se concluir que, de fato, a hipótese de que a irrigação e a fertirrigação auferirem ganhos, significativos à produtividade, e ao número de ramos plagiotrópicos das cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã, foi confirmada. A tendência observada, por outros autores, de que o número de ramos plagiotrópicos está indiretamente relacionado à produtividade, também pode ser observada, visto que, os melhores resultados desta variável, foram encontrados nos cultivos irrigados e fertirrigados, de modo que, este comportamento, repetiu-se na produtividade dos cafeeiros em estudo.

Tendo-se em vista, os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se dizer que, a adoção das técnicas de irrigação e de fertirrigação, na região noroeste do Paraná, é recomendável; visto que, elas, possivelmente, possibilitaram às plantas de cafeeiro, expressarem o seu melhor potencial produtivo que, neste caso, também pode estar, intrinsecamente, relacionado à aplicação dos nutrientes, através da água de irrigação; uma vez que, esta técnica proporciona eficiência e facilidade, para a prática de adubação.

Os diferentes cultivos, quando analisados como fator isolado, não afetaram o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro IAPAR-59. A análise dos resultados, do estudo da interação Doses de NPK X Cultivos, para esta cultivar, permite dizer que, diferenças significativas, somente foram encontradas na aplicação das doses no cultivo irrigado. Sendo a dose mais adequada de 150%, em relação à literatura sugerida, o que correspondeu ao fornecimento de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O.

Entretanto, para a cultivar Obatã, foram encontradas respostas relacionadas à aplicação dos fertilizantes, não somente nos cultivos irrigados, mas, também nos fertirrigados. A observação minuciosa da interação Doses de NPK X Cultivos, apontou a ocorrência de respostas significativas, nos cultivos

irrigados e fertirrigados, sendo que a dose de 200%, em relação à literatura sugerida, mostrou-se como a mais adequada, equivalendo-se à aplicação de 300 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ de K₂O. Desta forma, conclui-se que, para esta variável, não foi encontrada uma resposta comum, visto que, para cada cultivar estudada, foram encontradas respostas diferentes, relacionadas aos fatores, bem como, pela interação entre os mesmos.

Em relação à produtividade, os melhores desempenhos de ambas cultivares, foram alcançados nos cultivos fertirrigados. A análise dos resultados do estudo da interação, dos fatores Doses de NPK X Cultivos, apontou que a aplicação das doses de NPK, influenciou, significativamente, todos os cultivos nos cafeeiros em estudo, sendo que os melhores resultados, foram conseguidos, com a aplicação da dose de 150%, em relação à sugerida pela literatura, que correspondeu à aplicação de 225 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Sendo assim, pode-se concluir que, uma tendência comum foi seguida nesta variável analisada, visto que, foram encontradas respostas semelhantes, para as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. M. H., SÁNCHEZ, J. R. C. **Riego localizado**. Diseño agronómico, obturaciones e fertirrigación. In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGOS. Brasília, 1987. 194p.
- ALBUQUERQUE, C. 1986. O fósforo e a vida. In: III Encontro Nacional de Rocha Fosfática: 25 – 80. **Anais...** Brasília. IBRAFOS. São Paulo. 463p.
- ANDRADE, B.M. DE. Efeito da fertirrigação com nitrogênio e potássio sobre os teores de nutrientes em um solo cultivado com gravioleira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 02, p. 410-417, 2004.
- ANDRADE, E.C. **Calagem e adubação do café**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130p.
- ANTUNES, R.C.B.; RENA, A.B.; MANTOVANI, E.C.; ALVARENGA, A. de P.; COSTA, L.C. Fertirrigação na cultura do cafeeiro: aspectos nutricionais e edáficos. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000 : Poços de Caldas, MG). **Resumos expandidos...** Brasília, D.F.: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000a. 2v. (1490p.), p. 814-818.
- ANTUNES, R. C. B.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R.; RENA, A. B.; BONOMO, R. Área de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada na Região das Vertentes de Minas Gerais – Resultados de 1998/2000. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas – MG. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000b. p. 823-826.
- ARGO, W.R.; BIERNBAUM, J.A. The effect of lime, irrigation-water source, and water-soluble fertilizer on root zone, pH, electrical conductivity, macronutrient management of container root media with impatiens. **Journal of American Society of Horticulture**, Alexandria, v.2, n.121, p.442-52, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). (2009a) **Estatísticas – Exportações - Produção e Exportação Mundial de Café – Principais países produtores**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_exporta_ppaises.html>. Acesso em: 09 set. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). (2009b) **Estatísticas – Estatísticas - Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_pagricola.html>. Acesso em: 09 set. 2009.
- BARBOSA FILHO, M. & J.R. FONSECA. 1994. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. p. 217 – 232. M.E. de Sá e S. Buzzetti, coords. ICONE Editora. São Paulo. 437p.

BAR-YOSEF, B.; SHEIKHOLSMI, M.R. Distribution of water and ions in soils irrigated and fertilized from a trickle source. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.40, n.3, p.575-82, 1976.

BATAGLIA, O.C. Resposta à adubação fosfatada na cultura do café. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p. 307-328

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 7 ed. Viçosa: Editora UFV. 2005.

BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic resources of *Coffea*. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, 1988. v.4, p.1-42.

BONOMO, R; OLIVEIRA, L.F. C de; NETO, A.F.S; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.4, p.233-240, 2008.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRAGANÇA, S.M. et al. Resposta do cafeeiro conillon a adubação de NPK em sistema de plantio adensado. **Coffee Science**, Lavras, v.04, n.01, p. 67 – 75, jan. /jun. 2009.

BUCKS, D.A.; NKAYAMA, F.S. & WARRICK, A.W. Principles, particles and potentialities of drip (trickle) irrigation. In: HILLEL, D.; Advances in irrigation, New York, **Academic Press**, 1982, v.1, p. 219 – 298.

BURT, C.; O'CONNOR, K.O.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995, 320p.

CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 2nd ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 417 p.

CAMARGO, A.P. de; GROHMANN, F.; DESSIMONI, E; TEIXEIRA, A.A. Efeito na produção de café de épocas de rega e supressão da chuva, por meio da cobertura transparente (Barcaça) In: 11° CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS. Londrina, 1984. **Anais...** p. 62 – 64.

CAMARGO, A.P. de.; DANTAS, F.A.S.; MATIELLO, J.B.; RIBEIRO, R.N de C. Efeitos da época e quantidade de rega em café arábica nas condições climáticas de inverno úmido e verão seco, de Garanhuns (PE) – Parte III. In: 13° CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS. São Lourenço – MG, 1986. P. 47 - 50.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do**

Solo. 1. Ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.09, n.03, p. 486-494, 2001.

CARRIJO, O. A. et al. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (coord.) **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: ed. Agropecuária, 1999. p. 155 -169.

CARVAJAL, J. F.; ACEVEDO, A.; LOPEZ, C. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle, **Turrialba**, Turrialba, v. 19, n. 1, p. 13-20, mar. 1969.

CARVAJAL, J. F. **Cafeto: cultivo y fertilización**. Berna: Instituto Internacional de La Potassa, 1984. 254 p.

CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie arábica. **Separata dos Boletins da Superintendência dos Serviços do Café**, n.226-230, 1946.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T. O dimorfismo de ramos em *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, 1950.

CARVALHO, A. & MONACO, L.C. Botânica e Melhoramento. In: **Cultura e Adubação do Cafeeiro**. 2. Ed. São Paulo. Instituto Brasileiro da Potassa, 1965. 277p.

CARVALHO, V.L. de.; CHALFOUN, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p. 27 – 35, 1998.

CARVALHO, C.H.M. DE. et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.02, p. 243-250, 2006.

CATANI, R. A.; MORAES, F. R. P. A composição química do cafeeiro. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 1, p. 45-57, 1958.

CERVellini, G.S.; TOLEDO, S.V. de.; REIS, A.J.; ROCHA, T.R. Nitrogênio na adubação química do cafeeiro: doses e parcelamento do Nitrocálcio. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.01, p. 45 – 55, 1986.

CHAVES, J.C.D. **Concentração de nutrientes em frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L. Cv. Catuaí)**. 1982. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

COELHO, A M. **Fertirrigação**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília. 1994.315p.

COELHO, G. et al. Custo de produção da cafeicultura irrigada. **Ciência e Agrotecnologia**, edição especial, p. 1534-1540, 2002.

COELHO, G.; SILVA, A.M. da; SILVA, R.A. da; OLIVEIRA, P.M. de; SILVA, A.C.da; SATO, F.A.; LAGO, F.J. Do. Épocas de irrigação e parcelamento da adubação sobre a produtividade do cafeeiro arábica com 17 anos de idade. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 12-18, janeiro-abril, 2004.

COELHO, G.; SILVA, A.M. Da. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.2, p. 400-8, mar/abr., 2005.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro Catuaí. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 01, p. 67-73, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2009a. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Café. Safra 2009. Terceira Estimativa. Setembro / 2009** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3cafe_09.pdf>>>. Acesso em: 15 out. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2009b. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Café. Safra 2009. Quarta Estimativa. Dezembro/2009** disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4cafe_09.pdf> Acesso em: 09 dez. 2009.

COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p. 63 – 68, jul. 1986.

COSTA, L.C. Agrometeorologia. In: MANTOVANI, E. C., COSTA, L. C. (Eds.). In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E RECURSOS HÍDRICOS, 1. **Resumos...** Brasília, 1998. p.3-21.

DANCER, W.S.; PETERSON, L.A. & CHESTERS, G. Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatments. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 37: 67 – 69, 1973.

DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T T.; SANTINATO, R.; VELOSO, P.R.; MARTINS, C.A.; OLIVEIRA, B. C. Produtividade do café irrigado por aspersão em malha, pivô central, gotejamento e tripa na cultura do café. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (4. : Londrina, PR : 2005). **Anais...** Brasília, D.F.: Embrapa - Café, 2005. (1 CD-ROM), 5p.

DUENHAS, L.H. et al. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) “Valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 01, p. 214-218, 2002.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412p.

EMBRAPA - CAFÉ. **Histórico**. Disponível em:
<<http://www22.sede.embrapa.br/cafe/unidade/historico.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

ELOI, W.M.; SOUZA, V.F. de; VIANA, T.V. de A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; HOLANDA, R.S.F. de; ALCANTARA, R.M.C.M. de. Distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira em função de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v.9, n.3, p.256-69, set-dez, 2004.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. de.; SANTOS, F.C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. 1. Ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

FAHL J. I. et al. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**. v. 69, p. 161-169, 1994.

FARIA, M. A. de; REZENDE, F. A. **Irrigação na cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 75p.

FARIA, R.T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, v.64, p.583- 590, 2005.

FAVARIN, J.L.; VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; NETO, D.D. BERNARDES, M.S. Estimativa do consume hídrico do cafeeiro em função de 56 parâmetros climatológicos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.235-240, 2001.

FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA Y GARCIA, A.; VILA NOVA, N.A.; FAVARIN, M. da G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-73, 2002.

FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C. D. Irrigação de café através do sistema de aspersão em malha. **Revista ITEM**, Brasília, n. 48, p. 58-60, 2000.

FERNANDES, A.L.T. et al. Deficiência hídrica e uso de granulados em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 04, n. 03, p. 376-381, 2000.

FERNANDES, A.L.T. Cafezais irrigados respondem por cerca de 25% da produção nacional. **Revista Cafeicultura**. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=20296&cafezais-irrigados-respondem-por-25-da-producao-nacional>>. Acesso em: 01 abr. 2009.

FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: cítrus, flores e hortaliças**. Guaíra: Livraria Editora Agropecuária, 1999. p.293-319.

GARCIA, A. W. R.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; JAPIASSÚ, L. B.; FURTINI NETO, A.E. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em sistema de plantio adensado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28, 2002, Caxambu, MG. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: MAPA / PROCAFÉ, 2002. p. 83-84.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo as plantas**. 231 f. Tese (Doutorado em Biodinâmica dos Solos). Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GILMOUR, J.T. the effects of soil properties on nitrification and nitrification inhibition. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 48: 1262 – 1266, 1984.

GODOY, L.J.G de; SANTOS, T. da S.; BÔAS, R.L.V.; JÚNIOR, J.B.L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 01, p. 217 – 226, 2008.

GOMES, N.M.; LIMA, L.A.; CUSTÓDIO, A.A. DE P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 06, p. 564-570, 2007.

GOPAL, N. H.; VISVESWARA, S. Flowering of coffee under South Indian concition. Indian Coffee, **Bangalore**, v.35, n.4, p.142-143 e 154, 1971.

HAGIN, J & TUCKER, B. Fertilization of dryland and irrigated soils. Berlin, **Springer – Verlag**, 1982. 188 p.

LEITE JÚNIOR, J. B. **Fertirrigação por gotejamento e seu efeito na cultura do café em formação**. Botucatu: UNESP, 2003. 108p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. Solos para o cafeeiro: Características, propriedades e manejo. In: GUIMARAES, P.T.G.; LOPES, A.S. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986a. p. 116 – 161.

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 Fósforo, 1986b. p. 165-274.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas e máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002, 200 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MANTOVANI, E.C. A irrigação do cafeeiro. In: **Irrigação & Tecnologia Moderna**. Brasília: ABID, v.48, p. 45 – 49, 2000.

MANTOVANI, E. C. Cafeicultura irrigada: bases tecnológicas para sustentabilidade. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1. : 2000 : Poços de Caldas, MG). **Palestras**. Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2002. (374p.), p. 45-81.

MANTOVANI, E.C.; VICENTE, M. R.; SOUZA, M. N. Caracterização técnica e perspectivas para a cafeicultura irrigada brasileira. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa, MG: [s.n.], 2004, v.1, p. 293-318.

MANTOVANI, E.C; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. P. **Irrigação – princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006, p.13.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; NEVES, Y.N.; ZABINI, A.V. Diagnóstico do Estado Nutricional do Cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção Integrada de Café**. Viçosa – MG. Editora UFV, 2003, p. 397 – 442.

MARTINS, C.C.; SOARES, A.A.; BUSATO, C.; REIS, E.F. dos. Manejo da Irrigação por Gotejamento no Cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p. 61 – 69, Abril./ Junho 2007.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro. MAPA/PROCAFÉ; Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2002, 387p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. 2. ed. Rio de Janeiro, MAPA/PROCAFE, 2005, 438p.

MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p. 83 – 88, 1980.

MELLO, F.A.F., et al. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400p.

MELO, B. de; MARCUZZO, K. V.; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. de P. Fontes e doses de fósforo no desenvolvimento e produção do cafeeiro, em um solo originalmente sob vegetação de cerrado de Patrocínio - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n.2, p. 315-321, mar./abr., 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO (MAPA). **Informe Estatístico do Café. Dezembro / 08**. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/PORTAL_AGRONEGOCIO_CAFE/PORT_AGRO_CAFE_REL_ESTADISTICAS/INFORME%20ESTAD%CDSTICO%20DO%20CAF%20C9%202007-2008.XLS>. Acesso em 15 set. 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO (MAPA). **Informe Estatístico do Café. Novembro / 09**. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/PORTAL_AGRONEGOCIO_CAFE/PORT_AGRO_CAFE_REL_ESTADISTICAS/INFORME%20ESTAD%CDSTICO%20DO%20CAF%20C9%20%20NOVEMBRO%202009_0.XLS>. Acesso em 03 dez. 2009.

MIRANDA, J.C.M.; SOUZA, P.E. de.; POZZA, E.A.; FARIA, M.A. de.; SANTOS, F.da S.; BARRETO, S. da S.; OLIVEIRA E SILVA, M. de L. Intensidade da ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 885 – 891, set / out., 2006.

MUDRIK, A. S.; SOARES, A. R.; CAETANO, T. S.; MANTOVANI, E. C. Produtividade e crescimento vegetativo do cafeeiro irrigado na região de Viçosa MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28, 2002, Caxambu. **Resumos...** : Mapa/Procafé, 2002. p. 143-144.

MUNSON, R.D. Potassium availability and uptake. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Potassium for agriculture: a situation analysis**. Atlanta, 1980. p. 28-66.

NACHTIGALL, G.R. & WAHL, L.C. Dinâmica da liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15: 43 – 47, 1991.

NAZARENO, R. B. et al. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 08, p. 903-910, 2003.

NETO, F.; RENA, A.B.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R.; MOURA, B.R.; MUDRIK, A.S. Influência da irrigação e da fertirrigação na produtividade de dois cultivares de café arábica em Viçosa-MG. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (27. : 2001 : Uberaba, MG). **Trabalhos apresentados** [no] 27o. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2001. (408p.), p. 328-329.

NUTMAN, F. J. The root system of *Coffea arabica* L. I: Root system in typical soils conditions British East África. Empire. **Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 2, p. 271-284, 1933.

OLIVEIRA, R.H.; ROSOLEM, C.A. & TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 439 – 445, 2004.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**. v. 28, n. 01, p. 95 - 103, 2008.

PAPADOPOULOS, I. Nitrogen and phosphorous fertigation of tomato and eggplant. **Proceedings of the HIS**, Belgium, 1999. p.102-10.

PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de Produção de Café com Qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001, p 607-615.

PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.C. DA. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas. **Bragantia**, v.63, n. 02, p. 239-251, 2004.

RAIJ, B. van; COSTA, W. M. da; IGUE, T.; SERRA, J. R.M.; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 347-355, 1996.

RAUSCHKOLB, R.S.; ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; CARLTON, A.B.; URAU, R.J. Phosphorus fertilization with drip irrigation. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.40, n.3, p.68-71, 1986.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: **Cultura do cafeeiro-fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1986. p.13-85.

RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 80p.

REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, S. dos R.; FARIA, M. A. de; ARANTES, K. R.. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p. 103-110, jul./dez. 2006.

RIEDER, J.H. Destinação nacional dos jazimentos fosfáticos nacionais. In: III Encontro Nacional de Rocha Fosfática: 139 – 172. **Anais...** Brasília. IBRAFOS. São Paulo. 463p. 1986.

ROLSTON, D.E; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Management principles. In: NAKAYAMA, D.S & BUCKS, D.A. Trickle irrigation for crop production, design, operation and management. Amsterdam, Elsevier, 1986, cap. 4, p. 317 – 383. (Developments Agricultural in Engineering, 9).

ROTONDANO, A.K.F. et al. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.21, n.1, p. 65 – 75, jan/abr. 2005.

ROZANE, D.E.; PRADO, R.de M.; NATALE, W. BEUTLER, A.N.; SILVA, S.R. da.; BARBOSA, J.C. Efeito das doses de nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção do porta-enxerto de limoeiro cravo. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 31, n. 2, p. 255-260, 2009.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 39-46, jan./abr. 1992.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 27-36, jan./abr. 1994.

SANTANA, M.S.; OLIVEIRA, C.A. DE; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.03, p.644-653, 2004.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 146p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2002. 251 p. il.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008. 474p.

SATURNINO, H.M. (Ed.). Balanço do CBP&D: em 10 anos de investimentos em pesquisa, café brasileiro dobra produtividade e melhora a qualidade. **Revista Item: Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.73, p.10-21, 2007.

SCHIMIDT, E. Nitrification in soil. In: STEVENSON, F.J.; BREMNER, J.M.; HAUCK, R.D. & KEENEY, D.R., eds. Nitrogen in agricultural soils. Madison, **American Society of Agronomy**, 1982, 940p. (Agronomy Series, 22).

SILVA, D.N.; MEURER, E.J.; KAMPF, N. & BORKERT, C.M. Mineralogia e formas de potássio em dois solos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19: 433 – 439, 1995.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; MALTA, M. R. Níveis críticos de K e S no solo em função das doses de fontes de K em dois locais de cultivo do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 266-268.

SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARAES, P.T.G.; FURTINI NETO, A.E. Fontes e doses de potássio na produção do cafeeiro cultivado sobre Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho e Amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n.2, p. 288 – 289, 2001.

SILVA, A.M. da; MELO, L.C.A.; RANGEL, O.J.P.; GUIMARAES, P.T.G. Avaliação da época de irrigação e da fertirrigação na produtividade do café, 2002. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.22, n.1, p. 33 – 42, 2002.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA, A.M. DA. et al. Épocas de irrigação e parcelamento da adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n.03, p. 314-319, 2005b.

SILVA, E.B.; GUIMARAES, P.T.G.; NOGUEIRA, F.D.; O potássio na cultura do cafeeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 2005a. p. 435 – 467.

SILVA, A.C. et al. Produtividade e potencial hídrico do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 01, p. 21-25, 2008.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso de clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SOARES, A. R. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2001. 90 p. (Dissertação de Mestrado).

SOARES, A.R.; MOURA, B. R. de; RODRIGUES, S.B.S.; VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C. Utilização de diferentes fontes de nitrogênio e potássio na produtividade de cafeeiros irrigados e fertirrigados. In: Simpósio de Pesquisa

dos Cafés do Brasil (4. : Londrina, PR : 2005). **Anais...** Brasília, D.F.: Embrapa - Café, 2005. (1 CD-ROM), 4p.

SORICE, L.S.D. **Irrigação e fertirrigação de cafeeiros em produção**. Lavras: UFLA, 1999. 59p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola / Irrigação e Drenagem).

SOUSA, V.F.; SOUSA, A. de P. **Fertirrigação: tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...**: v.4. Ilhéus: SBEA 1993. p.2529-2538.

SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SILVA, M.G.; PINTO, J. F. Efeito da irrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar "Catucaí". In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (5. : Águas de Lindóia, SP : 2007). **Anais...** Brasília, D.F.: Embrapa - Café, 2007. (1 CD-ROM), 4p.

SOUZA, L.O. C; MANTOVANI, E.C.; SOUSA, M. B. A.; BUFFON, V.B.; BONOMO, R. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento utilizados na cafeicultura irrigada. In: MANTOVANI, E.C.;

SOARES, A.R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletâneas de trabalhos. Viçosa: UFV, DEA, 2003. P. 81 – 86.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, **CRC Press**, 2000, Section D. p. D48.

TANAKA, R.T. et al. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Fertilidad de los suelos y fertilizantes**. México, DF: LIMUSA, 1991. 760p.

URIBE, A. Efecto del fósforo en la producción de café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 34, n. 1, p. 3-15, 1983.

VAAST, P.; ZASOSKI, R. J.; BLEDSOE, C. S. Effects of solution pH, temperature, nitrate/ammonium and nitrate uptake by arabica coffee in short term solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, Moticello, v.21, n.7, p. 1551-1564, 1998.

VARGAS, R.M.B.; MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio as raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: 143 – 148, 1983.

VIANA, A. S.; GARCIA, A. W. R.; LACERDA, M. P.; FIORANTE, N. Níveis e relação de N/K em cafezais plantados em espaçamento 2 x 1 m. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 14., 1987, Campinas, SP. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: MAPA / PROCAFÉ, 1987. p. 170-174.

VICENTE, M. R.; SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; FREITAS, Al. R. Efeito da irrigação e do posicionamento das linhas de gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, (3. : 2003 : Porto Seguro). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003a. (447p.), p. 124-125.

VICENTE, M. R.; SOARES, A. R.; MANTOVANI, E.C.; FREITAS, A dos R. Avaliação da produtividade de cultivares de *Coffea arabica* L. sob condição de irrigação localizada no cerrado de MG (dados de duas produções). In: 6º Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 2003, Araguari. **Anais...** 2003b. p. 180-184.

VIEIRA, R.F. **Quimigação e Fertigação**. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília: Embrapa – SPI, 1994. P. 13 – 39.

VIEIRA, R.F. Fertimigação na cultura do café. In: ZAMBOLIM, L. **Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000. p.293-322.

VIEIRA, R. F.; BONOMO, R. Fertirrigação em café. **ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 48, p. 64-73, 2000.

VILELA, W.C.M. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)** Lavras: UFLA, 2001.96p.(Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola / Irrigação e Drenagem).

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNÁNDEZ, D.M.; Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: cítrus, flores e hortaliças**. Guaíra: Livraria Editora Agropecuária, 1999. p.293-319.

VILLAS BÔAS, R.L.; ZANINI, J.R.; DUENHAS, L.H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.1-25.

VITTI, G. C.; BOARETO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A.E. **Fertilizantes Fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 261-281.

VIVANCOS, A.D. **Fertigación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217 p.

ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação Cargill, 1986, 111p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - CULTIVAR OBATÃ

Tabela 1A - Valores de P>F, obtidos através de análise de variância, para a componente de produção produtividade (PROD), e para a variável de crescimento número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), da cultivar de cafeeiro Obatã, UEM, Maringá – PR, 2009.

Causas de Variação	PROD	NTRP
Doses de NPK	0,0000*	0,0000*
Cultivos	0,0000*	0,0426*
Doses de NPK X Cultivos	0,0070*	0,1374 ^{NS}
CV (%)	1,76	10,00

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

NS – não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 2A - Valores médios, obtidos para as características produtividade (PROD), e número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para a cultivar de cafeeiro Obatã, UEM, Maringá – PR., 2009.

Fatores	PROD (sacas ha ⁻¹)	NTRP
Cultivos (C)		
Não Irrigado	18,843750 a	43,550000 a
Irrigado	33,818750 b	45,625000 b
Fertirrigado	38, 943750 c	45,925000 c

As médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott - Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3A - Resumo da análise de variância da produtividade, nos tratamentos avaliados, da cultivar de cafeeiro Obatã

F.V	G.L	S.Q	Q.M	Fc	Pr > Fc
Doses de NPK	3	86,110625	28,703542	61,298	0,0000
Erro 1	12	5,619167	0,468264		
Cultivos	2	3490,806667	1745,403333	6028,738	0,0000
Doses de NPK *	6	6,845000	1,140833	3,941	0,0070
Cultivos					
Erro 2	24	6,948333	0,289514		
Total	47	3596,329792			
CV1(%)	2,24				
CV2(%)	1,76				
Número de Observações	48				
Média Geral (sacas ha ⁻¹)	30,5				

Tabela 4A - Resumo da análise de variância do número de ramos plagiotrópicos totais, nos tratamentos avaliados, da cultivar de cafeeiro Obatã.

F.V	G.L	S.Q	Q.M	Fc	Pr > Fc
Doses de NPK	3	501,000000	167,000000	11,692	0,0000
Erro 1	36	514,200000	14,283333		
Cultivos	2	133,816667	66,908333	3,300	0,0426
Doses de NPK *	6	204,850000	34,141667	1,684	0,1374
Cultivos					
Erro 2	72	1460,000000	20,277778		
Total	119	2813,866667			
CV1 (%)		8,39			
CV2 (%)		10,00			
Média Geral		45,0			
Número de Observações		120			

Tabela 5A - Análise de variância, para o desdobramento das doses de NPK, dentro dos cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), para a variável produtividade (PROD), e para a variável número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para a cultivar de cafeeiro Obatã.

Causas de Variação	PROD	NTRP
Dose Fertirrigado	0,0000*	0,2527 ^{NS}
Dose Irrigado	0,0000*	0,0268*
Dose Não Irrigado	0,0000*	0,0001*
	0,117* (NI)	0,817 ^{NS} (NI)
Regressão Linear	0,000* (I)	0,014* (I)
	0,000* (FI)	0,000* (FI)
	0,000* (NI)	0,000* (NI)
β_0	0,000* (I)	0,000* (I)
	0,000* (FI)	0,000* (FI)
	0,117* (NI)	0,8173 ^{NS} (NI)
β_1	0,000* (I)	0,0141* (I)
	0,000* (FI)	0,0003* (FI)
	6,53 (NI)	1,30 (NI)
R^2	27,75 (I)	65,42 (I)
	34,33 (FI)	57,49 (FI)
	0,000* (NI)	0,941 ^{NS} (NI)
Regressão Quadrática	0,000* (I)	0,531 ^{NS} (I)
	0,000* (FI)	0,004* (FI)
	0,000* (NI)	0,0000* (NI)
β_0	0,000* (I)	0,0000* (I)
	0,000* (FI)	0,0000* (FI)
	0,000* (NI)	0,9745 ^{NS} (NI)
β_1	0,000* (I)	0,8582 ^{NS} (I)
	0,000* (FI)	0,0293* (FI)
	58,24* (NI)	1,43 (NI)
R^2	65,72* (I)	69,56 (I)

	64,74* (FI)	91,70 (FI)
	0,000* (NI)	0,046* (NI)
Desvios da Regressão	0,000* (I)	0,091 ^{NS} (I)
	0,000* (FI)	0,153 ^{NS} (FI)

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

NS – não significativo ao nível de 5% de probabilidade

APENDICE B - CULTIVAR IAPAR – 59

Tabela 1B - Valores de P>F, obtidos através de análise de variância, para a componente de produção produtividade (PROD), e para a variável de crescimento número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59, UEM, Maringá-PR., 2009.

Causas de Variação	PROD	NTRP
Doses de NPK	0,0000*	0,0010*
Cultivos	0,0000*	0,2352 ^{NS}
Doses de NPK X Cultivos	0.0472*	0,0139*
CV (%)	2,57	7,01

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

NS – não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 2B - Valores médios, obtidos para as características produtividade (PROD), e número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para a cultivar de cafeeiro IAPAR - 59 , UEM, Maringá- PR., 2009.

Fatores	PROD (sacas ha ⁻¹)	NTRP
Cultivos (C)		
Não Irrigado	17,687500 a	48,150000 a
Irrigado	32,518750 b	48,975000 a
Fertirrigado	36,375000 c	49,450000 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott - Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3B - Resumo da análise de variância da produtividade, nos tratamentos avaliados, da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59.

F.V	G.L	S.Q	Q.M	Fc	Pr > Fc
Doses de NPK	3	132,510625	44,170208	100,181	0,0000
Erro 1	12	5,290833	0,440903		
Cultivos	2	3114,982917	1557,491458	2836,817	0,0000
Doses de NPK * C	6	8,393750	1,398958	2,548	0,0472
Erro 2	24	13,176667	0,549028		
Total	47	3274,354792			
CV1 (%)	2,30				
CV2 (%)	2,57				
Número de Observações			48		
Média Geral (sacas ha ⁻¹)			28,9		

Tabela 4B - Resumo da análise de variância, do número de ramos plagiotrópicos totais, nos tratamentos avaliados, da cultivar de cafeeiro IAPAR - 59.

F.V	G.L	S.Q	Q.M	Fc	Pr > Fc
Doses de NPK	3	288,958333	96,319444	6,751	0,0010
Erro 1	36	513,633333	14,267593		
Cultivos	2	34,616667	17,308333	1,477	0,2352
Doses de NPK *	6	203,516667	33,919444	2,894	0,0139
Cultivos					
Erro 2	72	843,666667	11,720370		
Total	119	1884,591667			
CV1 (%)	7,73				
CV2 (%)	7,01				
Número de Observações			120		
Média Geral			48,9		

Tabela 5B - Valores de p-valor, obtidos através do Teste de Levene para homocedasticidade de variâncias e do Teste de Shapiro – Wilk, para a normalidade dos erros, para a variável resposta produtividade (PROD), e para a variável resposta número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para as cultivares de cafeeiro IAPAR - 59 e Obatã, UEM, Maringá-PR., 2009.

Variável Resposta	Testes Estatísticos	IAPAR – 59	Obatã
Produtividade	Levene	32,05	42,79
	Shapiro - Wilk	43,09	94,31
Número de ramos plagiotrópicos totais	Levene	23,54	14,40
	Shapiro - Wilk	86,34	27,35

Observação: p-valor < 5% é indicativo de que, os dados referentes às variáveis respostas analisadas, não apresentam variância em comum, e que seus erros, não seguem uma distribuição normal de probabilidades.

Tabela 6B - Análise de variância para o desdobramento das doses de NPK, dentro dos cultivos (não irrigado, irrigado e fertirrigado), para a variável produtividade (PROD), e para a variável número de ramos plagiotrópicos totais (NTRP), para a cultivar de cafeeiro IAPAR - 59.

Causas de Variação	PROD	NTRP
Dose Fertirrigado	0,0000*	0,2084 ^{NS}
Dose Irrigado	0,0000*	0,0000*
Dose Não Irrigado	0,0000*	0,2355 ^{NS}
	0,001* (NI)	0,302 ^{NS} (NI)
Regressão Linear	0,000* (I)	0,011* (I)
	0,000* (FI)	0,605 ^{NS} (FI)
	0,000* (NI)	0,0000* (NI)
β_0	0,0000* (NI)	0,0000* (I)
	0,0000* (I)	0,0000* (FI)
	0,0011* (FI)	0,3020 ^{NS} (NI)
β_1	0,0000* (NI)	0,0115* (I)
	0,0000* (I)	0,6051 ^{NS} (FI)
	29,45 (NI)	24,99 (NI)
R^2	43,69 (I)	21,87 (I)
	29,31 (FI)	5,84 (FI)
	0,000* (NI)	0,594 ^{NS} (NI)
Regressão Quadrática	0,000* (I)	0,000* (I)
	0,000* (FI)	0,043* (FI)
	0,000* (NI)	0,0000* (NI)
β_0	0,000* (I)	0,0000* (I)
	0,000* (FI)	0,0000* (FI)
	0,0001* (NI)	0,4796 ^{NS} (NI)
β_1	0,000* (I)	0,0000* (I)
	0,000* (FI)	0,0565* (FI)
	0,0003* (NI)	0,5936 ^{NS} (NI)
β_2	0,0000* (I)	0,0000* (I)
	0,0000* (FI)	0,0427* (FI)
	66,27 (NI)	31,65 (NI)

	R ²	67,58 (I)	97,10 (I)
		67,76 (FI)	97,20 (FI)
<hr/>			
		0,001* (NI)	0,089 ^{NS} (NI)
	Desvios da Regressão	0,000* (I)	0,351 ^{NS} (I)
		0,000* (FI)	0,720 ^{NS} (FI)
<hr/>			

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

NS – não significativo ao nível de 5% de probabilidade