

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**TÍTULO: FERTIRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON *Coffea canephora* NA
REGIÃO DA ZONA DA MATA RONDONIENSE**

ADJALMA CAMPOS DE FRANÇA NETO

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia
(Irrigação e Drenagem)

**BOTUCATU – SP
Dezembro de 2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**TÍTULO: FERTIRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILON *Coffea canephora* NA
REGIÃO DA ZONA DA MATA RONDONIENSE**

ADJALMA CAMPOS DE FRANÇA NETO

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Co-orientador: Prof. Dr. Elvino Ferreira

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia
(Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP

Dezembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F814f França Neto, Adjalma Campos de, 1975-
Fertirrigação do café conilon *Coffea canephora* na região da Zona da Mata Rondoniense / Adjalma Campos de França Neto. - Botucatu : [s.n.], 2016
xiii, 101 f. : grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Antônio de Pádua Sousa
Coorientador: Elvino Ferreira
Inclui bibliografia

1. Café - Nutrição mineral. 2. Plantas - Efeito do potássio. 3. Crescimento (Plantas). 4. Produtividade agrícola. I. Sousa, Antônio de Pádua. II. Ferreira, Elvino. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

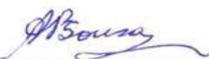
TÍTULO DA TESE: FERTIRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILLON *Coffea canephora* NA REGIÃO DA ZONA DA MATA RONDONIENSE

AUTOR: ADJALMA CAMPOS DE FRANÇA NETO

ORIENTADOR: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

COORIENTADOR: ELVINO FERREIRA

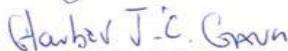
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:



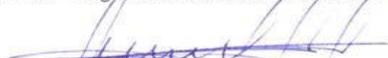
Prof. Dr. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Profa. Dra. AMANSLEONE DA SILVA TEMOTEO
Depto de Engenharia / Universidade Paulista - UNIP



Prof. Dr. GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA
APTA - Regional Centro Oeste / SAA/SP



Prof. Dr. LUIZ FABIANO PALARETTI
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Botucatu, 02 de dezembro de 2016

“A existência precede a essência” (Sartre)

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que não me abandona.

A minha família, meus pais, irmãos e sobrinhos, pelo incentivo e apoio sempre, em especial, a minha mãe Neide França, pelo exemplo de pessoa, amor e incentivo, em todas as horas.

A Janete Merlo, pela confiança, incentivo, amor e companheirismo.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem pela oportunidade da realização do curso.

À Universidade Federal de Rondônia, pelo afastamento para realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado (Programa Prodoutoral).

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Souza, pela orientação, oportunidade, respeito, confiança e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Elvino Ferreira, pela co-orientação, confiança, respeito, amizade e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pelos conselhos técnicos-científicos e ensinamentos.

Ao Engenheiro Agrônomo Phellipe Noronha, pela participação e ajuda essencial, nos trabalhos de campo, e principalmente, pela amizade.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Rural em especial os professores, João Carlos Cury Saad, João Luís Zocoler, Antonio Evaldo Klar, Roberto Lyra Villas Bôas, Dirceu Maximino Fernandes e José Raimundo de Souza Passos por todos os ensinamentos compartilhados e grande contribuição para minha qualificação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Solos e Recursos Ambientais.

Aos funcionários da Biblioteca pelo profissionalismo, atenção e carinho.

Aos professores do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Rondônia.

Aos amigos Caio Vilela, Igor Vilela e Fernanda por me acolherem, pelo apoio, alegrias e momentos compartilhados.

Ao meu amigo e mestre Will Trovão, pela recepção em sua academia, sempre com muito respeito, confiança e amizade. O jiu jitsu, me ajudou a superar, a saudade e distância de casa.

Grande respeito aos meus amigos de tatame e vida, Dedé, Marquinhos, Lucas, Henrique, Jonas, Felipe, Mauro Silva, André Bernardo.

A Natalia Soares por ser amiga, me ajudou muito com toda sua energia positiva, amizade, carinho e respeito.

Aos moradores e a cidade de Botucatu, que me acolheram de braços abertos, e me fizeram sentir em casa.

Aos amigos da Pós em Irrigação e Drenagem, Wlisses Matos , Renata Coscolin, Juliano Boeck, Leonardo Souza, Eugênio Paceli, Thaís Alves, Alexandra Ferreira, Rodolpho Arthur, Cícero Manoel, Mauricio Prado, Esteban Choque, Laís Melo, Marcos Liodorio, Thalisson Medeiros, Maria de Paula, Sagat, dentre vários outros, que foram essenciais no meu aprendizado acadêmico e de vida.

Aos amigos Everton Ferreira e Sheila Noele, pelo apoio e amizade.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1.RESUMO	1
2.SUMMARY	3
3.INTRODUÇÃO	5
4.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Aspectos econômicos.....	7
4.2 Origem e distribuição.....	9
4.3 Crescimento vegetativo.....	10
4.4 Irrigação do café	13
4.5 Irrigação por Gotejamento	16
4.6 Fertirrigação.....	17
4.7 Potássio na cafeicultura	20
5.MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1. Localização e caracterização da área do experimento	25
5.2. Características químicas e físico-hídricas do solo	27
5.3. Monitoramento dos atributos químicos do solo.....	28
5.4. Monitoramento dos teores dos nutrientes no tecido foliar.....	29
5.5. Delineamento experimental	30
5.6. Doses e parcelamento dos nutrientes na fertirrigação	32
5.7. Sistema de irrigação e fertirrigação	32
5.8. Manejo da lavoura	33
5.9. Manejo da irrigação	37
5.10. Extração da solução do solo	39
5.11. Parâmetros vegetativos avaliados	39
5.12. Avaliação da produtividade	41
5.13. Análise estatística	42
6.RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1 Parâmetros climáticos	43
6.2 Atributos químicos do Solo	45
6.2.1. pH.....	45
6.2.2. Potássio	46
6.2.3. Magnésio.....	50
6.2.4. Cálcio	52
6.3 Análise foliar.....	55

6.4	Parâmetros vegetativos da planta.....	62
6.4.1	Altura da planta.....	62
6.4.2	Número de Ramos Plagiotrópicos	63
6.4.3	Diâmetro do caule e da copa.....	66
6.4.4	Número de rosetas, folhas e comprimento do ramo plagiotrópico	68
6.5	Solução do solo.....	69
6.6	Produtividade do café conilon	72
7.	CONCLUSÕES	77
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Rolim de Moura/RO.....	28
Figura 2. Coleta das amostras de solo a 20 cm da linha de gotejadores (A); Amostras identificadas de embaladas (B).....	28
Figura 3. Vista do cafezal, em novembro de 2014 (A); amostras dos extratos das folhas (B).	29
Figura 4. Croqui da área do experimento com a configuração dos blocos, tratamentos (parcelas), linhas de derivação e linhas de gotejamento.....	30
Figura 5. Croqui da parcela de pesquisa com destaque das plantas avaliadas ..	30
Figura 6. Detalhe do sistema de irrigação com as cisternas e caixas para solubilização dos adubos (A), controlador automático do sistema de irrigação (B), malha de distribuição (C) e derivação de linha (D).....	33
Figura 7. Vista frontal da estação meteorológica automática, modelo E500 (painel de controle e datalogger)	35
Figura 8. Tensímetro de punção para medição da tensão de água no solo (A); Bateria de tensiômetros instalados de 0-20 e 0-40 cm de profundidade no solo (B).....	36
Figura 9. Posição do extrator (A); Bomba de vácuo (B); Seringa conectada ao extrator para a coleta (C); Amostras nos frascos de coleta (D); Condutivímetro (E); Espectrofotômetro de chama (F)..	38
Figura 10. Medição da altura das plantas (A); Ramo plagiotrópico marcado (B); Planta marcada nos dois ramos ortotrópicos (C); Medição do caule, utilizando um paquímetro digital (D)	40
Figura 11. Frutos na fase de enchimento dos frutos (A); Frutos no auge da maturação, ponto de colheita (B).....	41
Figura 12. Pesagem do total de frutos maduros por planta, utilizando uma balança de gancho (A); Secagem das amostras, em terreiro de tela (B); Amostra de café cereja (C); Máquina descascadora e beneficiadora de café (D); Amostra de café beneficiado.	42
Figura 13. Comportamento dos parâmetros meteorológicos: valores médios diários das temperaturas máxima, média e mínima (A) e (B), mensais das	

precipitações e das ETo acumuladas (C) e (D) e os valores médios diários da ETo (E) e (F), nos dois anos de pesquisa.....	44
Figura 14. Média dos teores de potássio ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$) no solo em função das doses aplicadas via fertirrigação, novembro de 2014.	47
Figura 15. Médias das doses de potássio ($\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$) após a colheita, em julho de 2015.....	49
Figura 16. Comportamento dos teores de potássio, na camada de 0-20 cm do solo.....	50
Figura 17. Correlações negativas das médias das doses de Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$), novembro de 2014 (A), e após a colheita, em Julho de 2015 (B).....	52
Figura 18. Teores médios de Cálcio e Magnésio ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$), na camada de 0-20cm, mês de novembro de 2014.	54
Figura 19. Regressão linear, correlação positiva, das médias dos teores de K nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho.	52
Figura 20. Regressão linear, correlação positiva, das médias dos teores de N (g kg^{-1}) nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho	54
Figura 21. Regressão quadrática, correlação negativa, das médias dos teores de Mg nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho..	558
Figura 22. R Comportamento dos teores de potássio (K), nos tecidos foliares, nas fases de “chumbinho” dos frutos, enchimento, maturação dos frutos e no final do ciclo produtivo da cultura do conilon.....	61
Figura 23. Comportamento dos teores de nitrogênio (N), nos tecidos foliares, nas fases de “chumbinho” dos frutos, enchimento e maturação dos frutos e depois da colheita..	62
Figura 24. Estimativa polimomial para a quantidade de ramos plagiotrópicos em café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio. Primeiro ano.....	61
Figura 25. Estimativa polimomial para a quantidade de ramos plagiotrópicos em café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio. Segundo ano de estudo.	61
Figura 26. Estimativa polimomial para a quantidade do diâmetro do caule em café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio.	64

- Figura 27.** Relação entre os níveis da concentração de K_2O na solução da solução e os diferentes níveis de níveis da aplicação de potássio, via fertirrigação..... 70
- Figura 28.** Relação entre a condutividade elétrica níveis da concentração de K_2O na solução da solução e os diferentes níveis de níveis da aplicação de Potássio, via fertirrigação. 71
- Figura 29.** Variação da concentração de K_2O na solução, para a profundidade de 20 cm, no decorrer dos seis meses de aplicação da fertirrigação (safra 2015/2016), submetidos a crescentes doses de K_2O 72
- Figura 30.** Variação da condutividade elétrica na solução do solo, para a camada de 20 cm decorrer dos seis meses de aplicação da fertirrigação (safra 2015/2016), submetidos a crescentes doses de K_2O 71
- Figura 31.** Estimativa polimoniais para cafés, maduro, coco, beneficiado e para a produtividade em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio fertirrigados..... 72
- Figura 32.** Comparação entre as médias das produtividades (sacas por ha), dos tratamentos submetidos a crescentes doses de K_2O , para os dois anos de pesquisa..... 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores da produção, exportação, importação e consumo dos principais países do mundo em sacas beneficiadas, safra 2014/2015.	8
Tabela 2. Caracterização química do solo, antes do início do experimento.	27
Tabela 3. Teores dos micronutrientes no solo, antes do início do experimento.	27
Tabela 4. Caracterização física e hídrica	27
Tabela 5. Teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares, antes do início do experimento	29
Tabela 6. Doses aplicadas de KCl (cloreto de potássio), para o café conilon, por Prezotti et al. (2007), no primeiro e segundo ano de experimento..	31
Tabela 7. Valores de pH do solo, na camada de 0-20 cm nas diferentes épocas.	45
Tabela 8. Teores médios do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm	47
Tabela 9. Teores médios do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) Teste Dunnet	45
Tabela 10. Teores médios do magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm de profundidade.	51
Tabela 11. Teores médios do cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm de profundidade	53
Tabela 12. Teores médios do cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) Teste de Dunnet.....	54
Tabela 13. Resumo da análise de variância com os teores dos macro e micronutrientes presentes nos tecidos foliares, em novembro de 2014, período chuvoso, na fase de “chumbinho” para o café conilon. Teste de Tukey	56
Tabela 14. Resumo da análise de variância com os teores dos macronutrientes presentes nos tecidos foliares, em fevereiro de 2015, época chuvosa, início do enchimento dos frutos. Teste de Tukey a 5% de significância.....	59
Tabela 15. Resumo da análise de variância com os teores médios dos macronutrientes presentes nos tecidos foliares, em Julho de 2015, Teste de Tukey.....	60
Tabela 16. Valores médios da altura (m) das plantas e do nº de ramos plagiotrópicos por ramo ortotópico (NPR). Primeiro e segundo ano.....	63

Tabela 17. Resumo da análise de variância referente aos diâmetros, do caule (DC) e da copa (DCOP) de plantas de café conilon submetidos a diferentes doses de K_2O	66
Tabela 18. Resumo da análise de variância referente aos diâmetros, do caule (DC) e da copa (DCOP) de plantas de café conilon submetidos a diferentes doses de K_2O	67
Tabela 19. Resumo da análise de Variância referente aos nº de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), nº de folhas por ramo plagiotrópico (NF) e comprimento dos ramos plagiotrópicos marcado (CR) submetidos a diferentes doses de K_2O . Segundo ano de produção	69
Tabela 20. Resumo da análise de Variância referente aos valores médios da condutividade elétrica da solução do solo, de acordo com as doses de K_2O	70
Tabela 21. Valores médios dos pesos em $Kg\ planta^{-1}$ do café maduro, coco e beneficiado. Primeiro ano	73
Tabela 22. Valores médios dos pesos em $Kg\ planta^{-1}$ do café maduro, coco e beneficiado. Segundo ano	75

FERTIRRIGAÇÃO DO CAFÉ CONILLON (*Coffea canephora*) NA REGIÃO DA ZONA DA MATA RONDONIENSE. Botucatu, 2016. 101p.
Tese de Doutorado (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”

Autor: Adjalma Campos De França Neto

Orientador: Antônio De Pádua Sousa

Co-orientador: Elvino Ferreira

1. RESUMO

O café canéfora é uma espécie de clima tropical, que se desenvolve muito bem às condições da Região Amazônica brasileira. Porém, com a demanda crescente comercial e os elevados custos da produção, proveniente das adubações, faz-se necessário o uso elaborado de tecnologias avançadas com intuito de aumentar a produtividade, qualidade e viabilidade do cultivo. Dentre estas práticas, a irrigação e a fertirrigação visam o fornecimento racional de água e nutrientes. Os objetivos deste estudo foram avaliar diferentes doses de potássio (K), aplicados via fertirrigação e adubação convencional, na nutrição mineral do café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Floehner), na concentração dos teores de K no tecido foliar e no solo, bem como medir os níveis de condutividade elétrica na solução do solo. O experimento foi conduzido na área experimental do departamento de Agronomia da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus de Rolim de Moura – RO, num cafezal com dois anos de idade, plantado em espaçamento de 3,0 x 1,5 m (2.222 plantas ha⁻¹), numa área de 2.700 m², sob Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, com textura argilosa, no período de agosto de 2014 a julho de 2016. Foi utilizado para a irrigação e fertirrigação, um sistema de gotejamento tubogotejador de 16 mm de diâmetro, tipo autocompensante, com 0,3 m de espaçamento entre os emissores, pressão de serviço de 10 mca e vazão de 1,5 L.h⁻¹ e bombas injetoras de fertilizantes. O manejo de irrigação foi realizado a partir do balanço hídrico diário, via clima, com turno de rega fixo de dois dias, calculando a evapotranspiração de referência diária, por meio do uso dos dados meteorológicos coletados na estação automática, instalada na área do experimento. O delineamento estatístico foi constituído por 5 tratamentos, dispostos em 8 blocos, sendo 4 doses de cloreto de potássio, aplicadas via fertirrigação (50%, 100%, 200% e 400% do recomendado para o café conilon, e um

tratamento irrigado com 100% da dose recomendada, aplicada da forma convencional. A fertirrigação de modo geral promoveu a redução nos valores do pH, aumento no teor de N nas folhas e diminuição do Ca e Mg; não apresentou efeito sobre a altura das plantas, porém, aumentou o diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos, número de rosetas por ramo, comprimento dos ramos e número de folhas por ramos. As maiores doses, correspondentes a 1360 kg e 1600 kg de K_2O por hectare, aplicadas no primeiro e no segundo ano de cultivo, promoveram, em média, produtividade de 90 sacas de café beneficiado por hectare.

Palavras-chave: Potássio, nutrição mineral, crescimento de plantas, produtividade

COFFEE FERTIRRIGATION CONILLON *Coffea canephora* IN THE REGION OF THE AREA OF FOREST RONDONIA. Botucatu, 2016. 101p. Doctoral Thesis (PhD in Irrigation and Drainage) - Faculty of Agricultural Sciences, State University "Júlio de Mesquita Filho"

Author: Adjalma Campos de França Neto

Advisor: Antônio De Pádua Sousa

Co-advisor: Elvino Ferreira

2. SUMMARY

The coffee canéfora is a species of tropical climate, which develops very well to the conditions of the Brazilian Amazon Region. However, with the growing commercial demand and the high costs of production, from fertilization, it is necessary the use of advanced technologies in order to increase productivity, quality and sustainability of farming. Among these practices, irrigation and fertirrigation aimed at the rational supply of water and nutrients. The objectives of this study were to evaluate different doses of potassium (K), applied via conventional fertilization, Fertigation and on mineral nutrition of conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Floehner), the concentration of K foliar tissue and soil, as well as measure the levels of electric conductivity in soil solution. The experiment was conducted in the experimental area of the Department of Agronomy of Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Campus of Rolim de Moura-RO, a coffee plantation with two years of age, planted in 1,5 x 3,0 m spacing (2,222 plants ha⁻¹) in an area of 2,700 m², under red-yellow Latosol, distrófico with clay texture, in the period of August 2014 to July 2016. Was used for irrigation and Fertigation, drip system tubogotejador of 16 mm diameter, self-compensating type, with 0,3 m spacing between transmitters, pressure 10 service mca and flow of 1,5 l. h⁻¹ and fertilizer injection pumps. Irrigation management was carried out from the daily water balance, via climate, with fixed irrigation shift two days, calculating the daily reference evapotranspiration, through the use of weather data collected at the station, installed in the area of the experiment. The statistical design consisted of 5 treatments, arranged in 8 blocks, and 4 doses of potassium chloride, applied via fertirrigation (50%, 100%, 200% and 400% of the recommended for conilon coffee, and irrigated treatment with 100% of the

recommended dose, applied in the conventional way. Fertirrigation generally promoted the reduction in pH values, increased N content in leaves and reduction of Ca and Mg; showed no effect on the height of the plants, however, increased the diameter of the stem, number of branches, number of rosettes plagiotrópicos by branch, branch length and number of leaves by ramos. The highest doses, corresponding to 1360 kg and 1600 kg K₂O ha⁻¹, applied in the first and in the second year of cultivation, promoted an average productivity of 90 bags of processed coffee per hectare.

Keywords: Potassium, mineral nutrition, plant growth, productivity

3. INTRODUÇÃO

O Brasil é maior produtor e exportador mundial de café, e segundo maior consumidor do produto, responsável por um terço da produção total do mundo, com área cultivada estimada em 2,248 milhões de hectares, tem no setor cafeeiro, aproximadamente de 287 mil produtores, na sua grande maioria pequenas propriedades, espalhados por toda a extensão do território nacional, que tem ampla diversidade das suas características edafoclimáticas permitindo o cultivo de diversos de tipos e qualidades de cafés. Essa característica de produção coloca o país numa condição de confiável para atender as diversas demandas dos compradores internacionais (BRASIL, 2016).

O mercado do café é um dos principais geradores de receita para os estados e o principal, empregador do agronegócio nacional. A excelente exportação e consumo do produto no mercado interno tornam a atividade lucrativa e sustentável para produtor. Além de melhorar a vida dos produtores o setor conta com uma legislação ambiental avançada, dando um caráter de preservação dos recursos naturais e social.

A safra de 2015, foi de 43.235 mil sacas de 60 Kg beneficiadas, 74% de *coffea arábica*, e o restante produção de *coffea canephora*, a exportação foi de 36,49 milhões de sacas de 60 kg, tendo o estado de Minas Gerais como principal produtor nacional, com cerca de 22.303 mil sacas de 60 quilos de café beneficiado, seguido pelo estado do Espírito Santo, São Paulo e Paraná. (CONAB, 2015).

São cultivadas no Brasil, duas espécies, dentro do gênero *Coffea*, que são comercialmente rentáveis, a *C. arábica* e *C. Canephora*. O conilon, variedade derivada do *C. Canephora*, é altamente produtiva e tem valor comercial e industrial. Suas características bioquímicas dão importância significativa a variedade no mercado, pois, é utilizada na indústria dos cafés solúveis e nas misturas com o café arábica, com até 50% nos blends, onde

sua função é contrabalancear a acidez do café arábica e dá corpo a bebida (FERRÃO, 2004). O principal estado produtor de café conillon é o Espírito Santo.

A cafeicultura é uma das principais culturas agrícolas do estado de Rondônia, sendo fonte de arrecadação e meio de sobrevivência aos produtores. No cenário nacional configura como maior produtor de café conilon da região norte, e segundo maior do país, ficando apenas atrás do Espírito Santo. Porém, as áreas de cultivo estão situadas em regiões com solos de baixa fertilidade e com níveis de acidez elevada.

Atualmente, com há uma alta demanda pela aquisição de novas tecnologias, principalmente, o uso de clones selecionados e da irrigação, maior parte gotejamento, devido sua alta eficiência de aplicação de água, facilitando o uso da fertirrigação. Porém, a prática ainda é incipiente e não segue critérios técnicos adequados para a melhoria da produtividade, com riscos à estabilidade econômica da produção e ao meio ambiente. Devido ao manejo inadequado e ao abuso nas quantidades de fertilizantes, como o cloreto de potássio e a uréia, pode se tornar um grave problema, com aumento na acidez do solo e salinização do bulbo molhado, o que reduz o potencial da água no bulbo e aumento potencial osmótico na solução, o que pode reduzir a absorção dos nutrientes pelas raízes. (FIGUEIREDO et al., 2006).

Dentro deste contexto, a pesquisa se propôs avaliar as diferentes respostas do café conilon às aplicações crescentes de doses de K_2O , usando como fonte o cloreto de potássio. Estabelecendo as doses mais adequadas ao crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos econômicos

A cadeia produtiva do café destaca-se como uma das principais atividades do setor agrícola, fonte geradora de divisas, empregos, sustentabilidade e preservação do meio ambiente para o Brasil. No cenário mundial o Brasil é maior produtor e exportador de grãos de café, com participação de praticamente de 30% da produção do mundo, e sendo o terceiro consumidor da bebida. A União europeia é o maior consumidor de café do mundo, seguida pelos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 2015) (Tabela 1). De acordo com os dados da Conab (2015), o Brasil produz duas espécies de café, arábica e conilon, tendo o estado de Minas Gerais como principal produtor nacional, com cerca de 22,30 milhões sacas de 60 quilos de café beneficiado, seguido pelo estado do Espírito Santo, São Paulo e Paraná.

Segundo estimativas a produção da safra de 2015, foi de 43,23 milhões sacas de 60 Kg beneficiadas, das quais 32,05 milhões (74%) foram de *coffea arábica*, e o restante foi da produção de *coffea canephora*, numa área total de 1,92 milhão ha, em plena produção e exportação foi de 36,49 milhões de sacas de 60 kg (MAPA/CONAB, OIC, 2015).

Numa análise somente da produção do café Conilon, o país é o segundo produtor mundial, apenas atrás do Vietnã, com produção de 11,19 milhões de sacas, no ano de 2015, área de cultivo é de 430 mil ha em produção e produtividade de 25 sacas por ha. Segundo balanço da CeCafé (2015), cerca de 4.533 mil de sacas de robusta foram exportados em 2014/2015, média que superou a safra anterior em 133%. O principal estado produtor de café conillon é o Espírito Santo, seguido pelos estados de Rondônia e Bahia.

Tabela 1. Valores da produção, exportação, importação e consumo dos principais países do mundo em sacas beneficiadas, safra 2014/2015.

País	Produção	Exportação	Importação	Consumo
UE-27	-	500	45.000	45.650
Estados Unidos	36	-	24.900	25.161
Brasil	51.200	33.530	-	20.100
Japão	-	-	7.550	7.850
Canadá	-	-	3.900	3.900
Etiópia	6.350	3.300	-	3.125
Indonésia	8.800	6.900	1.135	3.050
Vietnã	29.350	26.630	620	2.080
Colômbia	12.500	11.875	350	1.400
Índia	5.100	5.025	1.045	1.200

Fonte: Estados Unidos (2015).

De acordo com diversos autores (MATIELLO, 1998; FAVARIN, 2004; FERRÃO et al., 2007a), a espécie *Coffea Canephora*, mais conhecida no Brasil como café Robusta, tem como variedade mais plantada no país, o café conilon, com seguintes características, rusticidade, porte robusto, multi-caules, resistência a determinadas doenças e pragas, adaptabilidade a menores altitudes e temperaturas mais elevadas, tolerante a seca, com volume de produção considerável, valor comercial e industrial.

De acordo com Beling (2005), citado por Temóteo (2012), este café serve principalmente, para a indústria de cafés solúveis e para composição dos “blends” da bebida, mistura do café torrado e moído com o café arábica na proporção de até 50%, devido suas características de menor acidez e maior quantidade de sólidos solúveis.

Rondônia configura como, o quinto maior produtor de café do Brasil e segundo maior produtor de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, do país, com produção de 1.724 mil sacas de 60 kg de café beneficiado e produtividade de 18 sacas por ha, no ano de 2015 e estimativa de 1.723, 9 mil sacas para 2016, queda de 5,6% com relação ao ano anterior (CONAB, 2016).

O parque cafeeiro do estado de Rondônia tem forte caráter sócio-econômico, pois, é constituído, na sua maior parte, por pequenos produtores, agricultura familiar, o que limita o cultivo a pequenas áreas. Segundo o IBGE (2013) 77% das áreas de cultivo do estado, são menores que 5 ha. Dentro desse contexto também se destaca a

predominância do baixo consumo de insumos e tecnologias modernas. A EMBRAPA (2009) estima que apenas 10% dos cafeicultores do estado façam uso de insumos agrícolas como, mudas clonais com procedência genética, calagem, fertilizantes e defensivos agrícolas. Os herbicidas têm sido mais utilizados devido à escassez e ao elevado custo da mão de obra.

Segundo Oliveira e Araujo (2016) menos de 2% dos produtores faziam uso da adubação nos seus cultivos. Os autores apontam que entre os anos de 1996 a 2006, houve um aumento da no uso da irrigação e pesticidas, porém, com sérios problemas quanto ao uso correto dessas tecnologias.

Nos últimos anos, o estado de Rondônia vem passando por profundas mudanças na sua cadeia produtiva de café, com a ampliação da área plantada, com intuito de aumentar a produtividade, há uma crescente necessidade de adoção de novas tecnologias e melhoria do manejo da cultura, por parte dos produtores, tais como, melhoramento genético, plantas mais adaptadas e de alta produtividade, melhorias na condução das lavouras, nutrição, controle de pragas e doenças, calagem e o uso da irrigação e/ou da fertirrigação. Entretanto, tem-se um número reduzido de pesquisas científicas que auxiliem os produtores, principalmente, na área de irrigação e fertirrigação.

O café Conilon é cultivado na maioria dos municípios de Rondônia, concentrando-se principalmente, na região central e norte do Estado, destacando-se os municípios de Cacoal, Alta Floresta d'Oeste, São Miguel do Guaporé, Machadinho d'Oeste, Ministro Andreazza e Nova Brasilândia D'Oeste. A produtividade média estadual é baixa, porém, em algumas regiões, como a de Alto Alegre, Alta Floresta e Ministro Andreazza, onde há um processo inicial de adoção de inovações tecnológicas, tais como, podas programadas, fertilizações, clones selecionados e irrigação, os produtores conseguem atingir níveis de produtividade maiores, quando comparados com a média do estado, tornando a atividade atrativa e rentável (Oliveira e Araujo, 2016).

4.2 Origem e distribuição

No mundo existem diversas espécies de café, cerca de 105, do gênero *coffea sp*, porém, somente duas, são mais produzidas comercialmente, com importância econômica, e por isso, mais populares (Aguiar, 2001). O *Coffea arábica* tem sua origem na Etiópia, região de elevadas altitudes e excelentes níveis pluviométricos, e o *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, mais conhecido no Brasil, como café robusta, foi originado no Congo,

onde o clima é caracterizado pelas e altas temperaturas e estação seca moderada. A denominação café arábica vem do fato dos árabes terem produzido café desde o século XV e detiveram exclusividade do cultivo até o século XVII, sendo a primeira região onde o café foi difundido (FERRÃO., 2004).

A denominação café robusta, do *Coffea canephora*, define bem, suas características de rusticidade e maior resistência a doenças (FERRÃO., 2007 a). No Brasil, o cultivo, tem origem quase exclusiva da variedade Kouillou, vulgarmente conhecida como Conilon. Derivada do grupo Guineano, essa variedade possui uma grande variabilidade quanto suas características anatômicas, como caules, porte, folhas, frutos e sementes (FAZUOLI, 1986; BRAGANÇA et al., 2001).

No início do século X, em Java, na Indonésia foram realizadas as primeiras pesquisas científicas, que se tem conhecimento, com *Coffea canephora*, e tinha como finalidade caracterização biológica da espécie para o melhoramento genético (Fonseca et al, 2002). Com o surgimento do café solúvel, a espécie foi disseminada para outras regiões da África, América e Ásia (Charrier; Berthaud, 1988; Malta, 1986 citado por Ferrão et al., 2007 a).

O café é uma cultura perene de clima tropical, pertencente à família das Rubiaceae e ao gênero *Coffea*, deriva duas principais espécies, amplamente difundidas, a *Coffea arabica* L., conhecido mundialmente como café arábica e o *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecido vulgarmente como robusta (ECCARDI E SANDALJ, 2002; SOUZA; LORENZI, 2005).

A variedade *Coffea canephora* Pierre ex Froehner foi trazida para o Brasil, em 1727 e teve sua entrada pelo Estado do Espírito Santo, porém somente na década de 50, surgiram os primeiros cultivos comerciais. No país o nome original da variedade Kouillou passou por uma adaptação lingüística, o com as trocas das letras “K” e “U”, pelas letras “C” e “N”, respectivamente, com a redução da letra “I”, o que originou nome Conilon (FAZUOLI, 1986).

4.3 Crescimento vegetativo

A disponibilidade de água, radiação e temperaturas, influencia diretamente, no crescimento do café. As taxas de crescimento da parte aérea da planta variam sazonalmente, de acordo com as condições do clima da região. As plantas mais jovens, em

fase de formação apresentam maiores taxas de crescimento do que cafés em plena produção (CARVALHO et al., 1993; AMARAL, 1991). Durante o ano, crescem mais no período da primavera/verão, época chuvosa com dias longos e temperaturas mais elevadas, e com uma taxa menor no outono/inverno (estiagem, dias curtos e frios), nas latitudes maiores que 15° S (PARTELLI et al., 2010; DaMATTA, 2007; AMARAL et al., 2007; SILVA et al., 2004; Nazareno et al., 2003; BARROS et al., 1997; RENA & MAESTRI, 1986, 1987).

Segundo Amaral et al (2006), não há evidências conclusivas a respeito da influência do fotoperíodo no crescimento do café adulto, em condições de campo. Contudo, verifica-se que nas regiões de latitudes maiores que 15° S, os maiores índices de crescimento coincidem com o período dos dias mais longos (SILVA et al., 2004).

As primeiras chuvas, logo após o período seco do ano, são fundamentais, para o início do crescimento vegetativo e reprodutivo da planta. Contudo, os pesquisadores afirmam que as que as taxas de crescimento não assumem valores fixos, e que as suas variações, estão ligadas, ao nível tecnológico, aos tratos culturais, e as variações temporais do ambiente, principalmente, as condições meteorológicas (RONCHI ; DaMATTA, 2007).

Silveira e Carvalho (1996) pesquisaram cafeeiros sequeiros, no Espírito Santo, e constatou uma grande oscilação comprimento dos ramos plagiotrópicos, com baixo rendimento nos meses secos do ano (junho a setembro), em torno de 0,03 cm dia⁻¹, o que foi contrastante com o início do período chuvoso, com taxa de 0,40 cm dia⁻¹, voltando a reduzir o crescimento em dezembro (0,20 cm dia⁻¹), e em fevereiro alcançou taxas mínimas, devido às altas temperaturas, nos meses de março a abril voltou a crescer e em maio reduziu novamente seu crescimento. Já nas lavouras irrigadas os autores observaram que taxas de crescimento das hastes laterais, também foram pequenas taxas no mês de julho (0,03 cm dia⁻¹), mas já no mês de agosto, aumentaram para 0,08 cm dia⁻¹ e em setembro para 0,17 cm dia⁻¹, discernindo dos cultivos não irrigados, e em outubro atingiu o crescimento máximo (0,33 cm dia⁻¹), logo após, esse momento o café teve seu crescimento semelhante ao do café sem irrigação.

Amaral et al. (2006), verificaram que o crescimento dos ramos plagiotrópicos e do número de folhas, no café arábica, em cultivos sem irrigação, também acompanharam as curvas de variação das temperaturas no ano e assim como, o período chuvoso.

Entretanto, a manutenção do índice de área foliar, no final do período de estiagem, é maior em cultivos irrigados, do que nas lavouras não irrigadas, o que explica, parcialmente, as discrepâncias entre as taxas de crescimento depois do período seco

(SILVEIRA; CARVALHO, 1996). Os dados indicam que há um atraso de aproximadamente, dois meses, no restabelecimento crescimento das plantas não irrigadas, e que pode haver uma compensação no crescimento. A duração do período de crescimento dos ramos plagiotrópicos, é maior, nas plantas irrigadas, do que nas plantas sem irrigação, porém verificam-se as taxas máximas de crescimento ocorrem nos cafés cultivados sem irrigação. RONCHI; DaMATTA (2007) afirmam que a disponibilidade hídrica, tem maior importância, que temperatura, no restabelecimento do crescimento dos ramos plagiotrópicos, após o período seco do ano.

As pesquisas sobre o crescimento das plantas são essenciais para descrever um padrão de desenvolvimento de cada espécie ou, de partes específicas da planta, o que permite comparações nas mais diferentes situações, e ser aplicada nas diversas áreas do conhecimento (BENINCASA, 2003; FERRÃO 2004)

Independentemente da época de formação, a queda de folhas de plantas de café Conilon intensifica-se no final da época seca, coincidindo com o período de colheita/póscolheita e de maior ação dos ventos, e é afetada fortemente pela irrigação (SILVEIRA e CARVALHO, 1996). O crescimento do cafeeiro Conilon (planta inteira) foi avaliado por Bragança (2005), com base na produção de massa seca total ao longo de seis anos, em lavoura formada a partir da variedade clonal Emcapa 8111 (clone 02) e conduzida em livre crescimento, em Marilândia/ES. Os resultados obtidos sugerem que, com o envelhecimento da lavoura, estabelece-se gradualmente um desequilíbrio entre a área foliar (associada à fotossíntese) e a massa seca total da planta, que passa a ser constituída basicamente pelo excesso de ramos ortotrópicos, que se tornam fortes drenos por fotoassimilados. Como não há crescimento compensatório, principalmente em área foliar, o vigor das lavouras se reduz gradualmente e, da mesma forma, a produtividade. Tomadas em conjunto, essas informações indicam, de forma contundente, a importância e a necessidade de realização da poda na lavoura de café conilon. (BRAGANÇA, 2005).

O cafeeiro conilon se caracteriza por ser uma planta resistente à seca, no entanto, em algumas regiões a baixa precipitação pluviométrica por longos períodos acarreta diminuição no crescimento e conseqüente queda na produção dos grãos. Sendo assim, faz-se necessário o uso da irrigação, que é considerada a principal atividade consumidora de água, como forma de amenizar essa deficiência produtiva (COSTA, 2005).

Em se tratando do aparecimento e expansão de folhas, até o momento, para o cafeeiro Conilon, raros são os estudos investigando qual sua época de ocorrência, taxa de expansão ao longo do ano, tampouco os fatores que a afetam. A produção de folhas no café Conilon, que tem relação direta com a formação de nós nos ramos laterais, provavelmente

segue o mesmo padrão de crescimento descrito acima para os ramos plagiotrópicos, ou seja, é intensa na primavera/verão e mínima no outono/inverno (RONCHI ; DaMATTA, 2007).

4.4 Irrigação do café

A irrigação é uma tecnologia, que desempenha um papel fundamental, de fornecer água, do modo mais racional, com maior eficiência e precisão. A agricultura irrigada é peça fundamental no agronegócio, e também, para os pequenos produtores, na otimização da produção de alimentos, com isso, gera, desenvolvimento, sustentabilidade, adaptabilidade as mudanças do clima, empregos e rentabilidade aos produtores. Estima-se que a metade da população do planeta consuma alimentos advindos de áreas com irrigação. (SILVA; REIS, 2007).

Segundo a Agencia Nacional de Águas (BRASIL, 2015), o Brasil possui 6 milhões de hectares de áreas irrigadas, principalmente, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Rio grande do Sul e Goiás, esses, totalizam 68% de toda área. A cafeicultura irrigada, de acordo com Fernandes et al (2008), representa 10% da área total cultivada no Brasil e 20 a 25% da produção nacional do produto.

A irrigação é uma técnica que visa fornecer água suficiente às plantas nos períodos secos. Além do aumento nos índices de produtividade dos cultivos, também, proporciona a obtenção de um produto final, de melhor qualidade, melhor preço, economia de água e energia (Souza, 2001; Busato et al., 2007; Bonomo et al., 2013). Entretanto, o manejo inadequado dos sistemas, com uso abusivo da água, eleva os custos de produção e acarretam prejuízos para o meio ambiente, afetando a qualidade e disponibilidade da água nas diversas regiões. O que contraria os princípios de sustentabilidade financeira, social e ambiental (CULLEN, 2004).

De acordo com Mantovani (2000), a escolha do sistema deve levar em consideração os aspectos técnicos, econômicos e operacionais. Dependendo do tipo de solo, topografia, dimensão da área, clima, manejo e espaçamento da cultura, e principalmente, disponibilidade de água.

Para o pleno sucesso e consolidação da tecnologia de irrigação, na atividade agrícola, visando o desenvolvimento e a sustentabilidade da área, é necessária a elaboração de um programa de pesquisa, que considere diversos fatores, como, o uso racional,

dos recursos, hídricos, energéticos e de insumos, no contexto da preservação do ambiental. (BERNARDO et al., 2007).

Vários sistemas pressurizados foram utilizados na cafeicultura, a partir dos anos 60, dentre eles, a irrigação por canhão, autopropelido, aspersão em malha, tubos perfurados ou “tripa”, pivô central, através do plantio circular de café, e no início, da década de 90, o sistema por gotejamento.

Santinato et al. (1996), relata que a forma de aplicação da água pelo sistema de microaspersão, onde o raio de alcance do jato sofre influência pela “saia” do cafeeiro, não é recomendado para a cultura do café. Contudo, o sistema por gotejamento é amplamente indicado, devido suas características de uniformidade e eficiência de aplicação.

Com o uso da irrigação na cafeicultura tem-se observado maior desenvolvimento das plantas, quando comparado a uma lavoura não irrigada. A prática também influencia o padrão de crescimento e distribuição das raízes, reduz a sua profundidade e aumenta o volume das raízes superficiais. Sabe-se também, que a água é fundamental, em diversos processos fisiológicos da planta, e na absorção dos nutrientes da solução do solo, fatores que influenciam a produtividade.

Segundo Mantovani et al (2009), a irrigação transformou a distribuição geográfica, da cafeicultura no Brasil, incorporou novas áreas, antes consideradas marginais, colaborando para o surgimento de novos pólos de produção. Santinato (2001) relata que entre, essas novas áreas estão, o nordeste de Minas Gerais, Leste de Goiás, Mato Grosso e Oeste Baiano, regiões favorecidas pelas temperaturas e radiação adequadas, sem riscos de geadas, muito comum em algumas regiões produtoras tradicionais como, no Sul de Minas, São Paulo e Paraná. Com a mudança do clima no planeta, áreas antes, consideradas aptas, estão se tornando mais secas. A cultura do café canéfora exige irrigação quando o déficit hídrico varia é maior que 150 mm.

De acordo com Rosa Neto (2012), as lavouras de café canéfora que fazem uso da irrigação no estado de Rondônia, estão localizadas nos municípios de Cacoal, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia do Oeste, Buritis, Alta Floresta d’Oeste, Ministro Andreazza, Rolim de Moura e Vale do Paraíso, sendo que os métodos de irrigação empregados são: aspersão (80%), microaspersão (11%), manegueiras tipo tripa (7%) e o gotejamento (2%). Entretanto, a atividade ainda é executada de forma incipiente na maioria dos cultivos, no estado.

Vários estudos confirmam a eficiência e a viabilidade da irrigação no crescimento, desenvolvimento e produtividade do café (COELHO et al., 2009; TEODORO et al., 2005; MUDRIK et al., 2003; e ALVES et al., 2000). Porém, a irrigação exige a quantificação precisa da lâmina de água a ser aplicada, pelo sistema, de acordo com as diferentes fases do ciclo produtivo do café.

As fases que demandam maiores quantidades de água são: fase vegetativa, com a formação e crescimento dos novos ramos plagiotrópicos e a fase de reprodução, com o desenvolvimento das flores e frutos. No período após a colheita, o café diminui seu metabolismo, e entra numa fase de repouso, diminuindo a exigência por água, coincidindo com o período seco do ano da maior parte das regiões produtoras. Segundo Matiello et al (2009), o estresse hídrico desta fase, é importante na formação dos botões florais e sincronização das floradas. No estado de Rondônia as chuvas se concentram entre os meses de outubro a abril (SILVA et al., 2016)

Para a determinação do volume de água necessário às plantas são usados diversas metodologias, instrumentos e modelos agrometeorológicos. Destaca-se dois tipos de manejo da irrigação, o manejo via clima, feito por meio, do uso de parâmetros meteorológicos, para o cálculo da quantidade de lâmina aplicada e o manejo, via solo, que se baseia na variação do teor de umidade do solo (SCALCO et al., 2011).

Souza (2004), alerta que a irrigação pode se tornar inviável, em regiões, consideradas, aptas à cafeicultura, devido aos custos elevados de produção, mesmo que a prática possa aumentar a produtividade. Já em regiões consideradas climaticamente não aptas para a cultura, a cafeicultura irrigada torna-se uma atividade agrícola de sucesso, principalmente, devido sua rentabilidade (COELHO et al, 2002).

Existem diferentes tipos de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura, dentre os mais conhecidos estão, aspersão, pivô central e LEPA, canhão hidráulico, e os sistemas localizados, microaspersores e gotejamento. A irrigação localizada destaca-se, por ser mais eficiente, na economia de água, 85 a 90% de eficiência de aplicação, menor consumo de energia e a redução de mão de obra aplicada ao manejo (MANTOVANI et al., 2007).

4.5 Irrigação por Gotejamento

Segundo Silva et al (2003), a irrigação por gotejamento foi introduzida em escala comercial, na cafeicultura, no início anos 90. Popularizando-se, a partir da metade desta década e quando sua aplicação cresceu efetivamente.

O sistema de gotejamento aplica água de forma pontual e precisa, com alta frequência e baixa intensidade, de modo a suprir as necessidades do processo de evapotranspiração do sistema solo-planta, mantendo o a umidade do volume, de solo, explorado pelas raízes, o mais próximo à capacidade de campo, conseqüentemente eleva a produtividade das culturas agrícolas. A aplicação localizada de água, pelo sistema de gotejamento, proporciona a redução das perdas por evaporação, percolação e aumenta as taxas de transpiração das plantas. Nas culturas arbóreas plantadas em linha, como o café, constata-se uma redução da evaporação direta da água da superfície do solo (SOUZA, 2001).

O volume de solo úmido tem a forma de bulbo (cebola), que depende a textura do solo. De acordo com o espaçamento dos orifícios de emissão na linha de gotejo há possibilidade da formação de uma faixa úmida contínua. De acordo com Gomes (1994), no bulbo molhado se concentram os sais que foram aplicados junto com a água de irrigação e também, outros sais do próprio solo.

Além da economia de água, o sistema de gotejamento, tem alta adaptabilidade às diferentes condições topográficas, exigem pouca mão-de-obra, devido ao potencial de automatização, e também facilitam a aplicação de produtos agroquímicos, como, fertilizantes via água de irrigação, pela fertirrigação. Martins et al 2001, destacam a melhor eficiência na aplicação de fertilizantes, ótimo controle do volume de água a ser aplicada, excelente uniformidade de aplicação da água, possibilidade de ser utilizada com água salina ou em solos salinos e a eliminação dos perigos da erosão do solo.

Entretanto, os sistemas localizados, como um todo, apresentam um alto custo de aquisição, requer água de qualidade e instalação de filtros, o que pode evitar problemas de entupimentos dos orifícios, requer um alto nível de conhecimentos técnicos e científicos a fim de aplicar o manejo mais adequado e eficiente. Evitando assim, a inviabilidade econômica do sistema (CARVALHO, 2006).

A irrigação, por gotejamento superficial ou enterrado, em cafeeiros possibilita produções significativamente superiores aos cafeeiros não irrigados. Várias pesquisas constataram ganho significativo na produtividade em cafés irrigados, quando comparados a cultivos em sequeiro (FERNANDES et al., 1998; ANTUNES et al., 2000).

Tessler (2002) estima que no Brasil, 15 a 20 mil hectares das áreas cultivadas com café são irrigados com o sistema de gotejamento.

4.6 Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica em que o produtor usa o próprio sistema de irrigação para aplicação de fertilizantes via água. Esta tecnologia de manejo vem se difundindo em todas as regiões do país. Para a distribuição dos nutrientes, primeiramente, estes são diluídos em solução e injetados no sistema de irrigação. Pode ser considerada mineral ou orgânica, dependendo do tipo de material a ser aplicado, resíduos químicos ou orgânicos.

A fertirrigação com a possibilidade de maior parcelamento das doses de fertilizantes, mantém a fertilidade nos níveis adequados durante o ciclo de produção da cultura, propiciando acréscimos na produtividade e redução das perdas dos nutrientes (MARQUELLI; SOUZA, 2011). Outras vantagens são: a redução, do uso da mão-de-obra, da entrada de máquinas na área de cultivo (compactação), das injúrias mecânicas nas plantas, do consumo de energia, além disso, as doses dos fertilizantes são mais reguladas, monitoradas e distribuídas conforme a necessidade da cultura (COELHO; SILVA, 2005).

O sistema de gotejamento é o mais usado e indicado, para a fertirrigação da cultura do café, devido, a sua alta eficiência de aplicação, com excelente uniformidade de distribuição da água na lavoura, mantendo a umidade ideal do ambiente para a absorção dos nutrientes pelas plantas (SANTINATO et al., 1996 a).

Outro sistema bastante eficiente, para aplicação da fertirrigação, quando aplicado nos plantios adensados e semi-adensados, é o pivô LEPA (Low Energy Precision Application). Este sistema é uma variação do tradicional, pivô central, com a troca dos aspersores convencionais pelos emissores tipo LEPA, que dão nome ao sistema (SANTINATO, 2001).

Devido a grande eficiência da técnica de fertirrigação, há uma redução, efetiva, das quantidades dos nutrientes com a manutenção do mesmo potencial produtivo. Embora, a fertirrigação tenha muitas vantagens quando comparado com a tradicional forma de adubação das culturas, seu uso eficiente, dependerá de pesquisas e informações, sobre os diversos fatores que influenciam a interação planta-água-ambiente.

(COSTA et al., 1994; FEIGIN et al., 1982; NOGUEIRA et al., 1998; PAPADOPOULOS, 1999).

Resultados de diversas pesquisas confirmam a eficiência da fertirrigação, manejada de forma adequada, para o desenvolvimento e produção da cultura do café (SILVA et al., 2010; SCALCO et al., 2011; MIRANDA et al., 2011). A principal vantagem é o aumento da eficiência dos fertilizantes em dispor os nutrientes (GUIMARÃES et al., 2010; REZENDE et al., 2010; SOBREIRA et al., 2011).

De acordo, com as características do sistema de gotejamento, que aplica, com alta frequência, pequenas quantidades de água de forma pontual, na região de maior concentração do sistema radicular das plantas, alterando a dinâmica dos nutrientes da solução do solo, principalmente nos solos com baixo teor de argila e matéria orgânica (SOBRAL e NOGUEIRA, 2008; SOUZA, 2000, VILLAS BOAS et al., 1999).

Soares et al. (2000) pesquisou o uso de diversas fontes de fertilizantes empregados na fertirrigação, na variedade catuaí, café arábica, com 8 anos de idade, em Viçosa- MG. De acordo com os resultados, as fontes que causaram maiores efeitos no crescimento das plantas, foram o nitrato de cálcio e potássio. Para a produção o formulado a base de nitrato obteve melhores respostas, o que segundo o autor, isto confirma a hipótese de que o uso do fertilizante nítrico melhora a rizosfera, favorecendo a absorção dos diversos nutrientes.

Villas Bôas et al. (1999), chamaram atenção para os perigos da acidificação, advindos do uso da fertirrigação em solos tropicais. Estes solos apresentam condições de acidez, preocupantes, que podem comprometer o uso e sustentabilidade da técnica de fertirrigação (SOUZA et al., 2006). Quanto menor for a área de aplicação dos fertilizantes maior será o efeito de acidificação no solo, caso específico do gotejamento (COSTA et al., 1986; LAURINDO, 2005).

Um grande avanço para os sistemas por gotejamento foi o surgimento dos emissores auto-compensantes e auto-limpantes, que propiciam uma vazão relativamente uniforme ao longo da linha lateral, sem grande influência de variações na pressão. O que permitem a instalação de linhas laterais mais longas (SANTINATO, 2001).

Apesar, de a fertirrigação apresentar excelentes resultados no nível de campo, sua prática ainda tem sido usada de forma empírica, devido aos poucos resultados existentes sobre a nutrição do café em condições de fertirrigação, principalmente a época de aplicação e as quantidades adequadas de cada nutriente (BRAGANÇA et al., 2007).

Soares et al (2000) afirmam que o sucesso do uso da fertirrigação, depende da uniformidade de distribuição de água, pelo sistema utilizado, levando em consideração suas características hidráulicas, dimensionamento e manutenção.

Fernandes et al (2001) testou duas formas de uso dos sistemas de gotejamento, superficial e enterrado, e obteve que as linhas enterradas a 10, 20 ou 30 cm de profundidade, independente da distância entre as mangueiras gotejadoras e as linhas do plantio, tem perdas na produtividade de 17 a 38%, possivelmente, devido distribuição da água e fertilizantes, devido o processo de lixiviação, já que a maior concentração do volume de raízes absorventes do café estão na camada do solo, até os 30 cm de profundidade.

Soares et al (2003), pesquisou o uso de diferentes fontes e doses de N e K, na fertirrigação da variedade Catuaí, em Viçosa – MG, na fase de formação, constatou um aumento de 80% na produtividade para as maiores doses de N e K.

Santinato (1989) constatou aumento na produtividade média de até 140% do café catuaí, cultivado sob fertirrigação, na região do cerrado de Minas Gerais, quando comparado com o café sem irrigação com adubação de cobertura e acréscimo até 26% quando comparado a uma lavoura somente irrigada e adubada de forma convencional.

Um dos fatores primordiais, que visto como um dos gargalos da cafeicultura no país são os custos dos fertilizantes, que representam 60% dos custos com insumos agrícolas e aproximadamente cerca de 30% do custo total da produção. Dentro deste contexto a fertirrigação se enquadra como uma excelente opção para alcançar níveis elevados de produtividade e reduzir os custos dando competitividade ao produto no mercado internacional (ANDA, 2009).

A fertirrigação tem sido um catalisador no processo produtivo da cafeicultura, tornando mais eficiente o uso de outras tecnologias. Verifica que o uso associado da fertirrigação com outras técnicas de manejo, tais como, tratos culturais adequados, renovação das lavouras, o uso de clones com alto potencial produtivo, contribui significativamente, para aumento dos índices de crescimento e produtividade da cultura (MANTOVANI et al., 2007). De forma direta ou indireta, a qualidade final do produto pode ser influenciada pela irrigação e/ou fertirrigação. Contudo, existem poucas pesquisas que tratam das características físico-químicas dos grãos e qualidade da bebida associadas ao uso das técnicas da irrigação e/ou fertirrigação.

4.7 Potássio na cafeicultura

O potássio é um dos macronutrientes mais importantes para o crescimento, desenvolvimento e a produção nos cultivos agrícolas. Para o café, o potássio é tão exigido pela planta, quanto o Nitrogênio (N), por isso, é um nutriente essencialmente importante para a cafeicultura. A adubação potássica influencia diretamente na produtividade e qualidade dos grãos do café. É um cátion que permanece na sua forma original, diferente de outros nutrientes como o N, C, O e H. Caracterizado, quimicamente, como um elemento altamente reativo e eletropositivo, de número atômico 19 e peso atômico 39,0983, pertencente ao grupo dos metais alcalinos (Nascimento, 2009).

Considerado um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre em torno de 2,4% (LIDE, 1994). Nos solos, está diretamente relacionado, ao tipo de material de formação do solo e sua pedogênese, e tem a sua principal fonte os minerais argilosos (NASCIMENTO; LAPIDOLOUREIRO, 2009).

Encontra-se incorporado nos minerais silicáticos, como os feldspatos, micas, feldspatoides, e nos sedimentos ricos em argilas. Apenas os sais solúveis de K são considerados apropriados para fertilizantes. Pesquisas realizadas em todo mundo, indicam que as rochas vulcânicas ultrapotássicas e rochas ricas em micas, também, podem ser utilizadas, como fontes de K (LAPIDOLOUREIRO; RIBEIRO, 2009).

De acordo com Greenwell (1999) mais de 95% do potássio produzido no mundo é destinado ao uso como fertilizante. Os compostos de potássio também são usados para a indústria de detergentes, cerâmicas, produtos químicos e farmacêuticos. O potássio é o segundo nutriente mais consumido pelo setor agrícola do Brasil, ficando apenas atrás do fósforo.

As principais reservas de potássio do mundo estão localizadas nos seguintes países: Ucrânia (50%), do Canadá (27%), do Reino Unido (11%), da Bielo-Rússia (5%), da Alemanha (4%), do Brasil (2%) e dos Estados Unidos (1%). A reserva medida do Brasil é de 1,9% com relação ao total mundial, o que situa o país na 10ª colocação, com 303,8 milhões de toneladas de K_2O (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2009).

O maior produtor mundial de K_2O é o Canadá com 34% da produção, seguido pela Rússia (16%), Bielo-Rússia (15%), Alemanha (12%), Israel (7%), Estados Unidos (4%) e Jordânia (2%). No Brasil, existe apenas uma reserva em plena operação, localizada em Sergipe, administrada pela Companhia Vale do Rio Doce. A produção brasileira de K consegue suprir apenas parte de todo o consumo do mercado interno,

requerido para o setor agrícola (DNPM, 2010). Os maiores consumidores mundiais são: China (18,9%), EUA (16,4%), Brasil (13,9%) e Índia (10,8%) todos estes países possuem em comum as grandes extensões de terras agricultáveis.

No ano de 2008, o Brasil investiu o equivalente a R\$ 2,08 bilhões com a importação de cerca de 5,0 milhões de toneladas de KCl, o que representa quase 90% do potássio requerido pelo setor agrícola. As importações foram feitas principalmente, do Canadá e da Rússia (MELAMED et al., 2009).

Naturalmente os solos tropicais são pobres nos teores de potássio. Nos solos, o potássio, se encontra em diversas formas e com diferentes índices de liberação. Na primeira, e maior parte, cerca de 98%, é a do K não disponível, o elemento está ligado fortemente aos minerais primários, rede cristalina (feldspatos, micas), também é conhecida como potássio estrutural, constitui a reserva do solo e é liberado lentamente, à medida que os minerais são intemperizados. A segunda é o K não trocável ligado eletrostaticamente ao material da fase sólida, retido entre as camadas das argilas do solo (2:1). A terceira forma o potássio se encontra na solução do solo, onde está disponível ou também, adsorvido em forma trocável (cátion), pela matéria orgânica ou pelas argilas do solo. (SPARKS, 2000; NASCIMENTO, 2009). Apesar de ser pequena em relação ao K total, essa fração é uma importante reserva do potássio disponível para os solos tropicais, altamente intemperizados, como, os latossolos (RAIJ, 1991).

Segundo Mauri (2016), a disponibilidade de potássio no solo é influenciada por fatores relacionados à interação solo, planta e ambiente. Os principais fatores do solo estão ligados a dinâmica do K na solução, o restabelecimento das formas trocáveis e não trocáveis, à medida que o k é absorvido pelas plantas ou lixiviado, e ao transporte do nutriente até as raízes.

Na planta, o potássio, não tem função estrutural, pois não participa da constituição de nenhum composto orgânico (MELAMED et al., 2009). Porém, é um cátion com alta mobilidade na planta, e elevada concentração no citoplasma, o que o torna importante na manutenção do potencial osmótico das células e tecidos, a turgidez. Tem como, principal função a ativação enzimática, de mais de 60 enzimas, que participam na fotossíntese e na respiração das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Alguns autores denominaram o potássio como sendo o “elemento da qualidade” tal sua grande importância na nutrição das culturas (ZEHLER et al., 1986; MALAVOLTA et al., 1997). Apesar do K não participar na estrutura das enzimas, a sua alta concentração no citoplasma, garante a ótima atividade enzimática, o elemento induz a

mudança na conformação das moléculas, pela variação do potencial hídrico, aumentando a exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato. Também garante a neutralização dos anions e mantém os níveis adequados de pH para o ótimo funcionamento da célula. Atua também, na síntese de carboidratos e proteínas sendo responsável, pelo transporte de aminoácidos e açúcares para os grãos, tubérculos e raízes, também, afeta a produção de amidos (MARSCHNER, 1995).

A presença de K nas folhas e o teor de amido têm uma alta correlação, ou seja, se baixar o teor de K, reduz também, a produção de amido, e por conseqüência, há uma redução no desenvolvimento da cultura, diminuindo o aparecimento de novos ramos e folhas, além da queda da produção. Na cafeicultura, essa estreita relação, entre os teores de K e amido, pode explicar, em parte, o fenômeno da bienalidade da produção. A alta carga de frutos, de um determinado ano de produção, pode exaurir as reservas de carboidratos, influenciando no crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas no ano seguinte, culminando com a queda da produção da cultura (CARVALHO, 1985; MALAVOLTA, 1986; COLL, 2001, OLIVEIRA, 2008).

Na fotossíntese, o potássio tem a função de balancear as cargas elétricas, durante o fluxo de prótons através da membrana do tilacóide, resultando na formação do gradiente de pH e o processo de fosforilação do ATP. Outras funções essenciais do K na planta são: o controle da atividade estomática nas células guardas e a ativação da enzima carboxilase e da rubisco (MARSCHNER, 1995).

Doses de potássio aplicadas no solo, nas quantidades adequadas elevam a resistência das plantas às doenças. Além disso, beneficia a maturação e a formação dos grãos, dando peso e volume, evitando grãos chochos. A mobilidade e a capacidade do K, de transportar assimilados pelo floema beneficiam tanto, o enchimento dos grãos, como a resistência ao acamamento das plantas (MALAVOLTA et al., 1974; BARBOSA FILHO, 1987).

O teor adequado do potássio no solo propicia à planta um melhor controle das suas funções hídricas, ou seja, da abertura e fechamento dos estômatos nas folhas, elevando a resistência da planta aos efeitos da deficiência de água no solo, no período seco as plantas conseguem reter mais água nos seus tecidos (NEIVA, 1977).

A deficiência de K nas plantas de café se manifesta por meio do amarelecimento das bordas das folhas (clorose) e posterior, escurecimento e necrose das margens e pontas das folhas, com aspecto de ferrugem, o chamado “cotton rust”, levando a

morte da folha. Devido a sua redistribuição o processo acontece a partir das folhas mais velhas para as mais novas (MALAVOLTA, 1980)

Bastos (1994) pesquisou a influência da aplicação de diferentes doses de KCl, nos parâmetros de crescimento do café. O pesquisador constatou a resposta positiva, na altura das plantas e no diâmetro do caule em função do aumento da doses. No entanto, devem-se evitar excessos na aplicação do nutriente.

Santinato et al. (1996), pesquisou a aplicação, na cultivar Acaia, de doses crescentes de 0, 114, 145 176 e 208 kg de K ha⁻¹ utilizando nitrato de potássio, como fertilizante, e obteve a maior produção para a dose de 176 kg de K₂O ha⁻¹ e teores N e K, nas folhas, de 28 e 22 g kg⁻¹ correspondentes da dose de maior produção. Oliveira & Pereira (1987) obtiveram 32 sacas ha⁻¹ de produtividade, com aplicação de cloreto de potássio na dose de 200 kg de K₂O ha⁻¹ com a cultivar Catuaí Amarelo com um teor de K de 40 mg dm⁻³ no solo.

Malavolta (1986 b) propôs uma faixa adequada de K disponível no solo para café de 117 a 156 mg dm⁻³ e Guimarães (1986) a faixa considerada como adequada de 112 a 150mg dm⁻³, em anos de alta demanda pela produção.

Vários autores comprovaram a eficiência da absorção do potássio pelo sistema radicular do café conilon, de forma indireta, por meio da enxertia (AGUIAR et al., 2001; REIS Jr & MARTINEZ, 2002; TOMAZ et al., 2003; TOMAZ et al., 2006).

Malavolta (2005) constatou um aumento na proporção de frutos cerejas com relação aos frutos secos e verdes, em resposta a aplicação de diferentes doses de potássio, no caso, o nitrato de potássio (KNO₃), a cada 10 dias. Tais resultados refletiram na melhoria da qualidade do café cereja descascado. Comprovando que o café é uma cultura que responde muito bem, a aplicação do potássio, com reflexos na produção e também, na qualidade final do produto.

Segundo Martin (1989), o potássio tem seu deslocamento, via floema, das folhas para outros órgãos da planta, que demandam altas quantidades de assimilados, ou seja, para os órgãos de crescimento ou o de armazenamento (frutos e grãos, no caso, do café).

A redistribuição do potássio ocorre na seguinte ordem: das folhas para os órgãos, das folhas mais velhas para as folhas mais jovens e das folhas para os frutos, a translocação é evidenciada facilmente, quando ocorrem os sintomas de deficiência do nutriente. Na ocorrência da drenagem para o fruto há uma diminuição do teor de K na folha. (MALAVOLTA, 1986).

No crescimento, mesmo em condições normais de nutrição da planta, há um acréscimo significativo nos teores de potássio no fruto (dreno primário), advindo da sua mobilização dos órgãos fontes (reservas) como, as folhas, ramos e caule (LIMA FILHO, MALAVOLTA, 2003). Bragança (2005) constatou que 19,41% do potássio absorvido pelas plantas são acumulados nos frutos e Cietto et al, (1991) verificou 61,82%, na fase de maturação dos frutos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e caracterização da área do experimento

A pesquisa foi conduzida no período de agosto de 2014 a julho de 2016, na área experimental do Departamento da Agronomia da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus de Rolim de Moura (latitude 11°, 34' 5" S, longitude 61°, 41' W e altitude de 277 m), localizada a 15 km do município de Rolim de Moura. Segundo a classificação de Köeppen, o clima da região, é o Aw (tropical quente e úmido), com temperaturas que variam de 18 a 33°C e umidade relativa na faixa de 75 a 83%. A estação seca é bem definida, entre os meses de maio a setembro, com déficits hídricos acumulados variando de 250 a 300 mm. O período chuvoso ocorre nos meses de outubro a março, com a precipitação média anual variando de 1800 a 2400 mm (SEDAM, 2010).

O trabalho foi implantado numa área de 2700 m², com topografia suave e declividade média de 2%. A lavoura foi constituída por diferentes variedades clonais, de café Conilon (*Coffea canephora Pierre ex Floehner*), oriundos dos cruzamentos naturais entre plantas dos grupos conilon (GS1) e robusta (GS2).

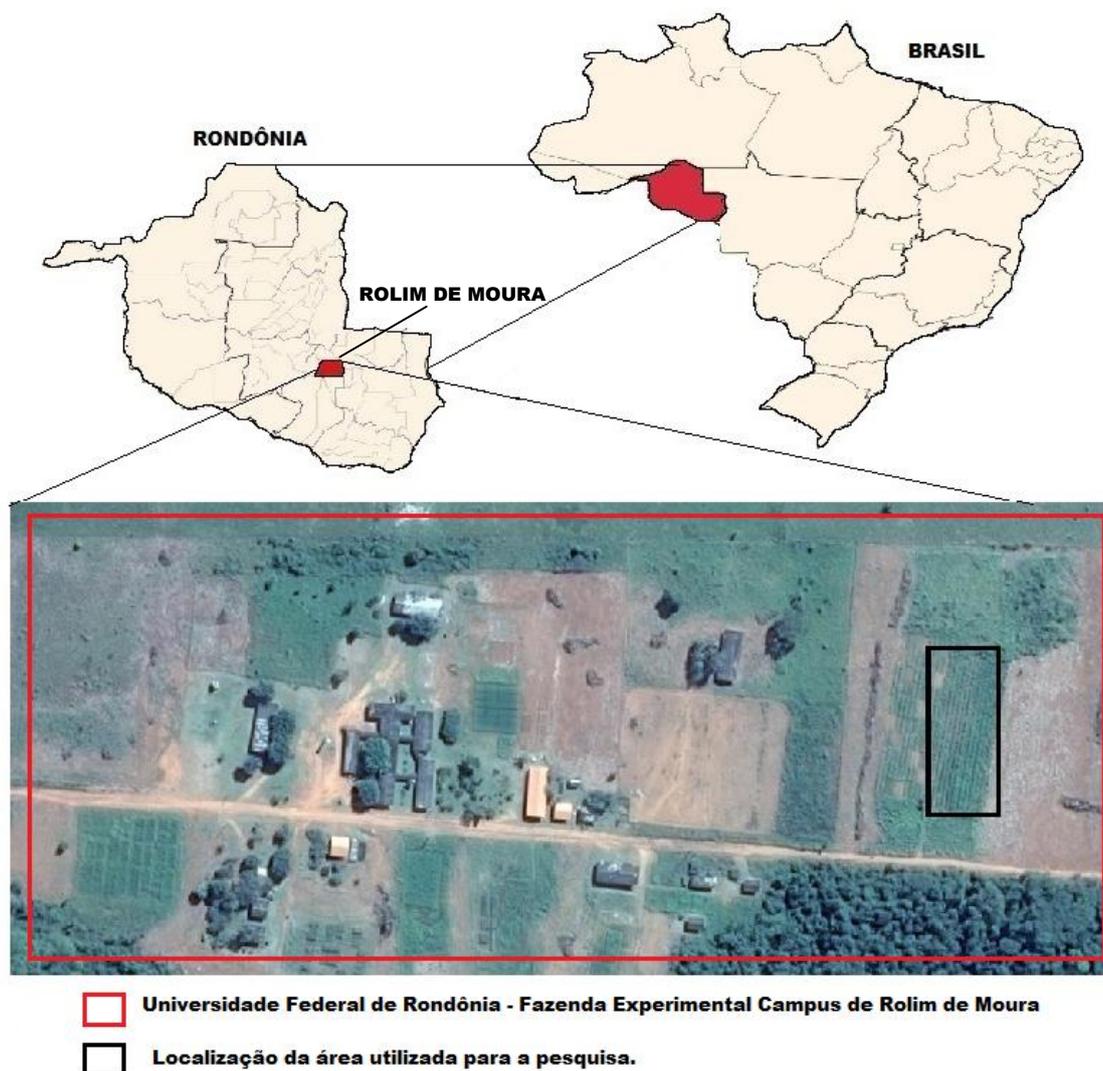


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no município de Rolim de Moura/RO.
Fonte: IBGE, 2016.

O plantio dos clones de café foi realizado em novembro de 2012, com espaçamento de 3,0 m entre as linhas e 1,5 m entre as plantas, constituindo um estande de 2.222 plantas por hectare. Cada planta foi cultivada com 4 ramos ortotópicos. O experimento foi composto por 600 plantas e dois anos após o plantio das mesmas, foram distribuídos os tratamentos nas unidades experimentais e iniciaram-se as avaliações.

5.2. Características químicas e físico-hídricas do solo

O solo onde foi instalado o experimento é do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico – LVAdf de textura argilosa, segundo a classificação da EMBRAPA (1999). Em 2012 foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para caracterização inicial da área do experimento. Nessas amostras foram determinados os seguintes atributos químicos do solo: pH, matéria orgânica (M.O), fósforo (P_{resina}), acidez potencial (H + Al), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e micronutrientes (Tabelas 2 e 3), de acordo com a metodologia citada por Raij et al. (2001). Já para a composição granulométrica (Tabela 4) seguiu-se a metodologia da EMBRAPA (1997).

Tabela 2. Caracterização química do solo, antes do início do experimento.

Prof. cm	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				-----mmol _c dm ⁻³ -----						
0-20	5,58	22	29,6	25,9	2,8	37,0	22,0	61,8	87,7	68,2

Tabela 3. Teores dos micronutrientes no solo, antes do início do experimento.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg dm ⁻³		
0,7	0,8	31,3	2,9	1,1

Em 2013 foram coletadas amostras de solo, com anéis volumétricos para estimar a curva de retenção de água (Tabela 4), conforme metodologia de van Genuchten (1980) e determinação dos parâmetros físico-hídricos: capacidade de campo (CC) e densidade aparente do solo (Ds), nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Todas as análises foram realizadas pelo laboratório de química e física do solo do Departamento de Recursos Naturais FCA-UNESP.

Tabela 4. Caracterização física e hídrica do solo, antes do experimento.

Prof.	Granulometria			Textura	Densidade do solo	CC	PM
	Areia	Silte	Argila				
0-20cm	g kg^{-1}			Argilosa	g cm^{-3}	$\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$	$\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$
	424	108	416				
20-40cm	-	-	-		1,25	28	24

CC – capacidade de campo; PM – ponto de murcha.

5.3. Monitoramento dos atributos químicos do solo

Além da análise química inicial, foram realizadas mais duas amostragens, com a finalidade de monitorar possíveis alterações nos atributos químicos do solo. Uma amostragem ocorreu no mês de novembro de 2014, estação chuvosa, início do desenvolvimento dos frutos e considerado o período de maior absorção dos nutrientes pela planta, e no mês de julho de 2015, posterior a colheita, estação da seca, período no qual, elevadas taxas de potássio são extraídas com os frutos e folhas.

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, em cinco pontos distintos, dentro cada parcela experimental, a uma distância de 20 cm da linha de gotejadores, constituindo amostras compostas. Todo esse processo visou acompanhamento dos teores dos macro e micronutrientes no solo (Figura 2).



Figura 2. Coleta das amostras de solo a 20 cm da linha de gotejadores (A); Amostras identificadas e embaladas (B).

5.4. Monitoramento dos teores dos nutrientes no tecido foliar

Para a verificação da concentração dos nutrientes nos tecidos foliares e do estado nutricional da planta foram realizadas amostragens, coletando-se folhas completamente expandidas, no terceiro ou quarto par de folhas do ramo plagiotrópico, situados no terço médio da planta (MALAVOLTA et al., 1997). As análises foram realizadas pelo laboratório de nutrição de plantas do Departamento de Recursos Naturais FCA-UNESP (Figura 3).



Figura 3. Vista do cafezal, em novembro de 2014, detalhe do posicionamento da coleta, (A); amostras dos extratos das folhas (B).

Em novembro de 2013, realizou-se uma amostragem de folhas, no início do desenvolvimento dos frutos, na fase fenológica do “grão chumbinho”, a fim de caracterizar o estado nutricional das plantas, antes do início da diferenciação dos tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares, antes do início do experimento

Análise Foliar	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
	29	2	20	10	5	2
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg kg ⁻¹					
	44	8	233	59	7	

Durante o primeiro ciclo de produção (2014-2015) foram realizadas três amostragens de folhas, nos principais estágios fenológicos da planta, a fim de caracterizar a curva de absorção dos nutrientes pela planta, principalmente do potássio (K). As coletas

foram realizadas nos seguintes meses: novembro de 2014 - fase de chumbinho; fevereiro de 2015 - após o término do ciclo de aplicações da fertirrigação e, julho de 2015 - após a colheita.

5.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 8 blocos. Os tratamentos foram distribuídos, aleatoriamente, dentro de cada bloco, totalizando 5 parcelas por bloco e 40 parcelas totais. Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por 1 linha composta por 12 plantas, onde as 4 plantas (úteis) do centro da parcela foram avaliadas e, as plantas localizadas nas extremidades foram desprezadas. Em cada planta avaliada foram marcados dois ramos ortotrópicos, com o objetivo de realizar as avaliações dos parâmetros vegetativos de crescimento das plantas (Figuras 4 e 5).

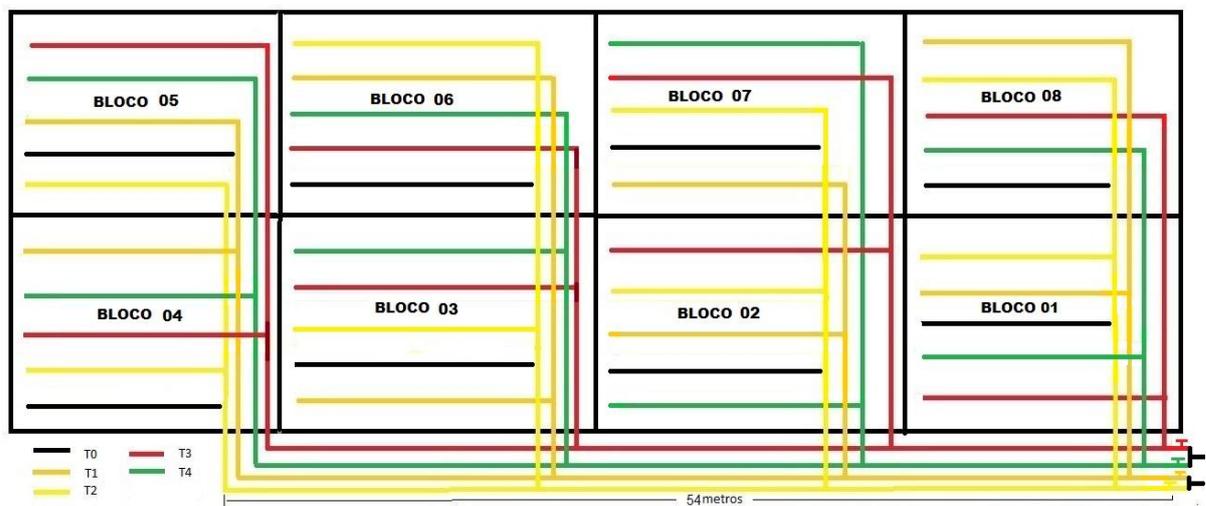


Figura 4. Croqui da área do experimento com a configuração dos blocos, tratamentos (parcelas), linhas de derivação e linhas de gotejamento

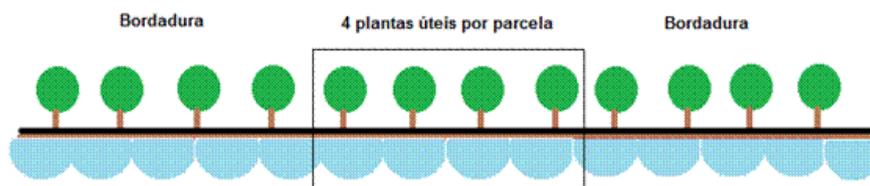


Figura 5. Representação da parcela de pesquisa com destaque das plantas avaliadas.

Os tratamentos consistiram de diferentes doses de Potássio (K_2O), na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O), aplicados via fertirrigação e adubação convencional, conforme recomendações sugeridas por Prezotti et al. (2007), que constituíram as diferentes parcelas (Tabela 6).

No primeiro ano de cultivo, foram:

T₁ – Fertirrigado com 50% da dose recomendada (170 Kg ha⁻¹);

T₂ – Fertirrigado com 100% da dose recomendada (340 Kg ha⁻¹);

T₃ – Fertirrigado com 200% da dose recomendada (680 Kg ha⁻¹);

T₄ – Fertirrigado com 400% da dose recomendada (1360 Kg ha⁻¹);

T₅ – Adubação convencional com 100% da dose recomendada;

No segundo ano de cultivo, foram:

T₁ – Fertirrigado, com 50% da dose recomendada (200 Kg ha⁻¹);

T₂ – Fertirrigado, com 100% da dose recomendada (400 Kg ha⁻¹);

T₃ – Fertirrigado, com 200% da dose recomendada (800 Kg ha⁻¹);

T₄ – Fertirrigado, com 400% da dose recomendada (1600 Kg ha⁻¹);

T₅ – Adubação convencional, com 100% da dose recomendada;

O aumento na dose recomendada de K_2O , no segundo ano do cultivo, se deve às características produtivas da cultura do café, tais como a idade e a expectativa de produção.

Tabela 6. Doses aplicadas de KCl (cloreto de potássio), para o café conilon, por Prezotti et al. (2007), no primeiro e segundo ano de experimento.

Tratamentos	Cloreto de Potássio (KCl)			
	Primeiro ano		Segundo ano	
	Kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	Kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
T ₁	284	128	334	150
T ₂	567	255	667	300
T ₃	1134	510	1334	600
T ₄	2268	1021	2668	1201
T ₅	567	255	667	300

5.6. Doses e parcelamento dos nutrientes na fertirrigação

As fertirrigações ocorreram, duas vezes por semana, de agosto a janeiro, totalizando 48 aplicações por ano. Além do potássio aplicou-se nitrogênio (N) via fertirrigação, na forma de uréia (45% de N), sendo as doses de 978 Kg ha⁻¹ de uréia, no primeiro ano, e 1112 Kg ha⁻¹, no segundo ano. Além dos macronutrientes, também foram aplicados via fertirrigação, os micronutrientes Boro (ácido bórico, 8 g planta⁻¹) e Zinco (sulfato de zinco, 14 g planta⁻¹). Somente a adubação do tratamento 5 foi realizada manualmente, dividida em três parcelas, nos meses de outubro, dezembro e fevereiro de cada ano de pesquisa.

5.7. Sistema de irrigação e fertirrigação

O sistema de irrigação utilizado foi de gotejamento, composto pelo tubogotejador, com dimensões de 16 mm de diâmetro, tipo autocompensante, pressão de serviço de 10 mca, vazão de 1,5 L.h⁻¹, espaçamento de 0,3 m entre os emissores, com 5 saídas por planta totalizando 7,5 Litros/planta/hora. As linhas de gotejadores foram conectadas às linhas de derivação, mangueiras de polietileno com diâmetro externo de 25 mm, sendo as 8 repetições de cada tratamento eram ligadas por uma linha de derivação de PVC, com 32 mm de diâmetro, independentemente dos demais tratamentos. No início de cada linha de derivação, foi instalado um registro de esfera, possibilitando, assim o controle do tempo de funcionamento e a aplicação diferenciada dos tratamentos nas distintas parcelas (Figura 6). A captação da água para a irrigação foi proveniente de um poço artesiano e ficou armazenada em duas cisternas de 15.000 litros, contendo um filtro de mesh na entrada das mesmas, para filtragem prévia.

O sistema da irrigação foi automatizado, composto por um controlador da irrigação, com capacidade para quatro estações, válvula solenóide, conjunto de bombeamento, constituído por uma motobomba da marca Schineider, potência de 1,0 cv, com vazão de 15 m³ h⁻¹ e altura manométrica máxima de 30 mca.

O cabeçal de controle foi constituído por: sistema de filtragem, com filtro de disco de 200 mesh, válvulas de controle, manômetro de glicerina e conjunto de aplicação de fertilizantes, composto por dois reservatórios de 200 L cada, duas bombas monofásicas de

0,5 CV, para a injeção da solução da fertirrigação, cada qual com cabeçal de controle, com válvulas de controle, filtro, e manômetro de glicerina.



Figura 6. Detalhe do sistema de irrigação com as cisternas e caixas para solubilização dos adubos (A), controlador automático do sistema de irrigação (B), malha de distribuição (C) e derivação de linha (D).

5.8 Manejo da lavoura

Para o controle das plantas invasoras foram realizadas capinas mensais durante o período chuvoso, de outubro a abril, e também o controle químico por meio da aplicação de herbicidas. Foi feito também, o controle químico, preventivo, de pragas e doenças, e o controle curativo, em algumas plantas, para o ácaro vermelho, comum na época seca do ano.

Após a colheita da safra 2014-2015, correspondente ao primeiro ano de produção, executaram-se a poda de limpeza dos ramos produtivos inferiores ("saia"), visando melhor arquitetura da planta e principalmente, a renovação do cafezal. No segundo ano de pesquisa realizou-se somente a poda de limpeza dos ramos considerados desgastados e improdutivos.

5.9. Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi conduzido com o turno de rega fixo (2 dias), de modo que atendesse às demandas hídricas das diferentes fases do desenvolvimento da cultura. Baseando-se na demanda evapotranspirométrica da cultura, levando-se em consideração as características físico-hídricas do solo, características fenológicas da cultura e o clima.

A quantidade de água a ser aplicada ou lâmina bruta de irrigação, foi proporcional a evapotranspiração de referência (ET_0), que foi estimada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al. 1998):

$$ET_{O_{(PM)}} = \frac{0,409\Delta(Rn - G) + \gamma(900/T + 273)u_2(e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

ET_0 = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Rn = saldo de radiação à superfície, MJ m⁻² dia⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T_2 = temperatura do ar a 2 m de altura, °C;

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, período de 24 horas, ms⁻¹;

$(e_a - e)$ = déficit de pressão de vapor, kPa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa°C⁻¹;

γ = constante psicrométrica modificada kPa °C⁻¹;

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0), usou-se os parâmetros meteorológicos, coletados diariamente na estação meteorológica automática, do modelo E5000, instalada próximo a área de cultivo. Dentre as variáveis climáticas medidas estão: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação (Figura 7).



Figura 7. Vista frontal da estação meteorológica automática, modelo E500 (painel de controle e datalogger).

A lâmina bruta de irrigação foi calculada, a partir da determinação da evapotranspiração da cultura para irrigação localizada (ET_d), em mm/dia. Segundo Keller e Bliesner (1990), $ET_d = ET_0 \times K_c \times K_l$, ou seja:

$$L_{Bruta} = \left[\frac{(ET_0 \times K_c \times K_l)}{E_a} \right] \quad (mm \ d^{-1}) \quad (2)$$

Onde:

L_{Bruta} Lâmina bruta de irrigação, $mm \ d^{-1}$;

ET_0 Evapotranspiração de referência, $mm \ d^{-1}$;

K_c Coeficiente da cultura;

K_l Fator de correção para a irrigação localizada;

E_a Eficiência de aplicação do sistema, %;

Os valores do coeficiente da cultura (K_c), foram adotados de acordo com Allen et al. (1998), para o primeiro ano de pesquisa o valor foi de 0,7, e para o segundo ano de 0,9, coeficientes recomendados para cafés cultivados em pleno sol e livre de pragas.

Os valores do coeficiente da irrigação localizada (KI), que ajustam a lâmina da irrigação de acordo aplicação localizada nas faixas das plantas, foram calculada pela equação de KELLER e BLIESNER (1990):

$$KI = 0,1 PS^{0,5} \quad (3)$$

Onde,

PS = Porcentagem de área sombreada, %

O valor da porcentagem de área sombreada utilizado no primeiro ano do experimento foi de 40%, em média, de acordo com as medições dos diâmetros da copa das plantas. Já para o segundo ano, usou se o valor de 50% de sombreamento.

A eficiência de aplicação de água utilizada para o cálculo da lâmina bruta (LB) foi de 90%, determinada logo após a instalação do sistema de irrigação, pela avaliação de uniformidade de distribuição de água, conforme Bernardo (2008).

Para o auxílio e monitoramento da umidade no solo, foram instalados dois tensiômetros por bloco, nas profundidades de 20 cm e 40 cm (Figura 8 (B)). Elaboraram-se as curvas de retenção da água no solo, a partir dos dados do potencial matricial (Ψ_m) e a umidade do solo (Θ) nas seguintes tensões: 1, 3, 10, 30, 50, 100, 1500 kPa determinados no laboratório de solo e água da FCA-UNESP. Para a capacidade de campo adotou-se a tensão de 30 kPa equivalendo a umidade de $0,30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Para leituras das tensões de água no solo, com intervalo de 2 a 3 dias, foi utilizado um tensímetro digital, modelo Blumat (Figura 8 (A)).

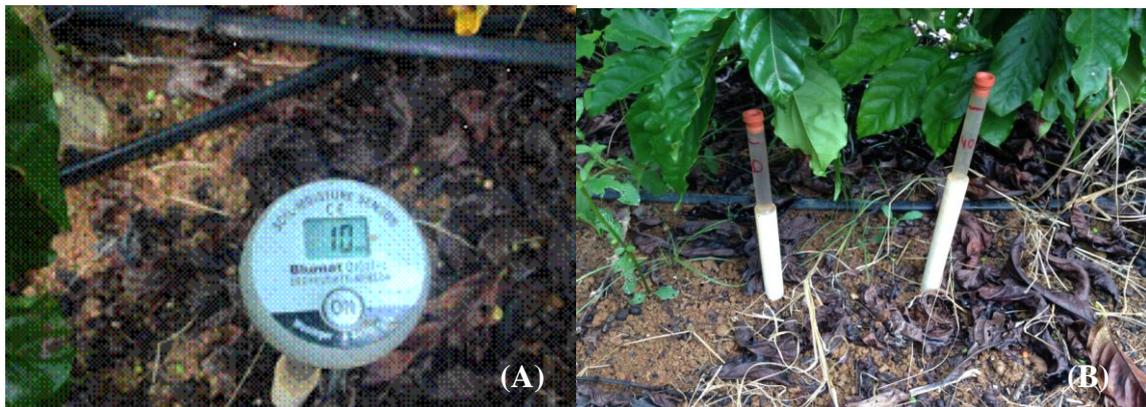


Figura 8. Tensímetro de punção para medição da tensão de água no solo (A); Bateria de tensiômetros instalados de 0-20 e 0-40 cm de profundidade no solo (B).

Outro método auxiliar utilizado para determinação da umidade do solo foi o método padrão de estufa (Bernardo, 2008). Mensalmente foram retiradas amostras de solo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na faixa molhada, em 8 pontos representativos da área experimental.

5.10. Extração da solução do solo

Foram instalados extratores de solução do solo, constituídos por um tubo de PVC e mangueiras de silicone, para aplicação do vácuo e sucção da solução, tampa de borracha e cápsula cerâmica porosa, na profundidade de 0,20 m da superfície do solo, e distanciados a 20 cm da linha de gotejo, no centro de cada parcela, com a finalidade da determinação da condutividade elétrica (C.E), concentração de potássio e pH (Figura 9 (A), (B) e (C)).

Após a fertirrigação, de 6 a 12 h, aplicou-se o vácuo, com a pressão de -70 a -80 kPa usando uma bomba a vácuo. Coletou-se semanalmente a solução após de 12 horas do vácuo aplicado, usando uma seringa de 60 ml e em seguida as amostras foram colocadas em frascos herméticos e conduzidas ao Laboratório de Qualidade de Água da Universidade Federal de Rondônia. A determinação da concentração de potássio, C.E e pH, foi por meio de um espectrofotômetro de chama, condutivímetro de bancada, respectivamente. (Figura 9 (D), (E)).

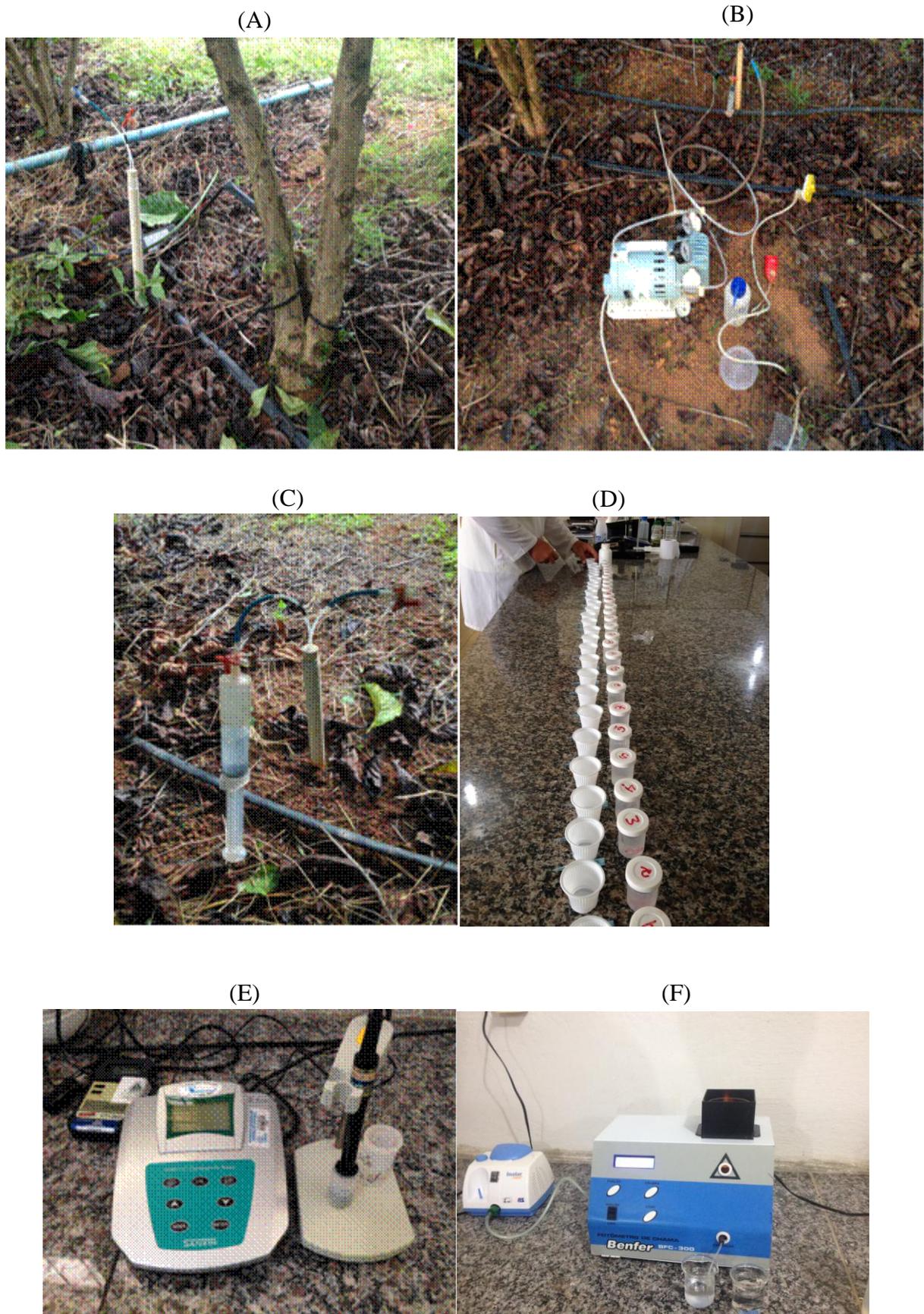


Figura 9. Posição do extrator (A); Bomba de vácuo (B); Seringa conectada ao extrator para a coleta (C); Amostras nos frascos de coleta (D); Condutivímetro (E); Espectrofotômetro de chama (F).

5.11. Parâmetros vegetativos avaliados

Para análise do desenvolvimento vegetativo da planta, executaram-se as seguintes avaliações: altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC), número de ramos plagiotrópicos (NRP), diâmetro da copa (DCOP), comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), número de rosetas (NRP) e número de folhas por ramo plagiotrópico (NFRP) (Figura 9). Os quatro períodos de avaliação foram: 30, 90, 150 e 180 dias, após a diferenciação dos tratamentos. No primeiro ano do experimento, foram mensurados os seguintes parâmetros: ALT, DC, NRP e DCOP, e no segundo ano, foram acrescentados à avaliação: CRP, NRP e NFRP e excluída a medida do DCOP.

Para altura da planta (ALT) mediu-se a distância entre a superfície do solo e o ápice da planta (Figura 10 A), no diâmetro da copa (DCOP), fez-se duas medidas no plano ortogonal, a primeira na direção da linha de plantio e a segunda, perpendicular a primeira, a partir do ponto central da copa. Para a mensuração dos comprimentos dos ramos plagiotrópicos, mediu-se a distância entre a inserção da haste no caule e a inserção da sua folha mais nova (Figura 10 B). Para estas mensurações usou-se uma trena e régua graduada.

Na determinação do número de ramos plagiotrópicos procedeu-se contagem das hastes reprodutivas, nos 2 ramos ortotrópicos marcados (Figura 10 C), do coleto até a inserção da sua folha mais nova, ou ápice. As contagens de folhas e rosetas, foram feitas ao longo dos 2 ramos plagiotrópicos marcados por planta (Figura 10 B). Considerou-se a média entre as mensurações.

O diâmetro do caule foi medido nos 2 caules ortotrópicos marcados, com um paquímetro digital a 15 cm do solo, sendo considerado o valor médio das medições (Figura 10 D).



Figura 10. Medição da altura das plantas (A); Ramo plagiotrópico marcado (B); Planta marcada nos dois ramos ortotrópicos (C); Medição do caule, utilizando um paquímetro digital (D);

5.12. Avaliação da produtividade

A avaliação da produtividade de grãos foi feita a partir das colheitas, executadas no mês de julho do primeiro e segundo ano do experimento. Iniciou-se o processo quando as plantas apresentavam de 70% a 80% dos frutos maduros (“cerejas”) (Figura 11). As medições foram realizadas nas 4 plantas úteis por parcela, determinando-se separadamente, o peso dos frutos frescos por planta. Logo em seguida, separaram-se 3 amostras de 1 kg de café cereja e uma amostra de 3 kg de café bóia, por planta, para a posterior secagem em terreiros de telas suspensas, até atingirem a umidade de 12% (base úmida) (Figura 11 (A), (B) e (C)).

Em seguida, as amostras do café seco com casca foram pesadas e obteve-se o rendimento do café “coco”. Posteriormente, as amostras foram descascadas e limpas (café beneficiado), determinou-se novamente o peso e o rendimento do café, por meio da relação dos pesos do café beneficiado/peso do café coco. Finalmente, extrapolaram-se os valores para Kg ha^{-1} e sacas ha^{-1} (Figura 12 (D) e (E)).



Figura 11. Frutos na fase de enchimento dos frutos (A); Frutos no auge da maturação, ponto de colheita (B);



Figura 12. Pesagem do total de frutos maduros por planta, utilizando uma balança de gancho (A); Secagem das amostras, em terreiro de tela (B); Amostra de café cereja (C); Máquina descascadora e beneficiadora de café (D); Amostra de café beneficiado.

5.13. Análise estatística

Os resultados da pesquisa foram submetidos à análise de variância (teste F), e ao teste de Tukey 5% a 10% da probabilidade, para o estudo qualitativo das médias de todos os tratamentos. Os parâmetros significativos submeteram-se à análise de regressão, somente para os tratamentos fertirrigados. Foi utilizado o teste de Dunnet para verificar as diferenças significativas entre o controle (T_5 - 100% da dose recomendada de K_2O , adubado de forma convencional) e os demais tratamentos. Para tanto, usou-se o software ASSISTAT 7.6, Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Parâmetros climáticos

Na figura 13 está representada a variação dos parâmetros do clima, registrados pela estação meteorológica automática instalada na área experimental, para aproximadamente vinte e quatro meses, compreendendo o período de agosto de 2014 a março de 2015, e de julho de 2015 a março de 2016.

Segundo os valores observados para as temperaturas médias do ar de 28 °C e 30 °C, no primeiro e no segundo ano de pesquisa, respectivamente, verifica-se que ambos os valores estiveram acima da faixa adequada de 22 a 26° C, para o pleno desenvolvimento da cultura do café (DADALTO; BARBOSA, 1995) (Figura 13 A e B).

A precipitação do primeiro ano de pesquisa foi de 1750 mm e do segundo ano, de 1450 mm, ambas dentro da média anual esperada (Tabela 13). Contudo, houve além de um maior volume, também uma melhor distribuição das chuvas, no primeiro ano do experimento. Comparando-se os dados da precipitação com os valores estimados da evapotranspiração da cultura (ET_c), verifica-se que houve a necessidade de suplementação da irrigação a partir do mês de fevereiro de 2016, no segundo ano do experimento (Figura 13 (C) e (D)).

O comportamento da E_{T0} durante o primeiro ciclo do café foi bastante regular com média de 5,5 mm d⁻¹ e no segundo ciclo, provavelmente devido a mudança no regime hídrico, atingiu valor médio de 6 mm d⁻¹ (Figura 13 (E) e (F)).

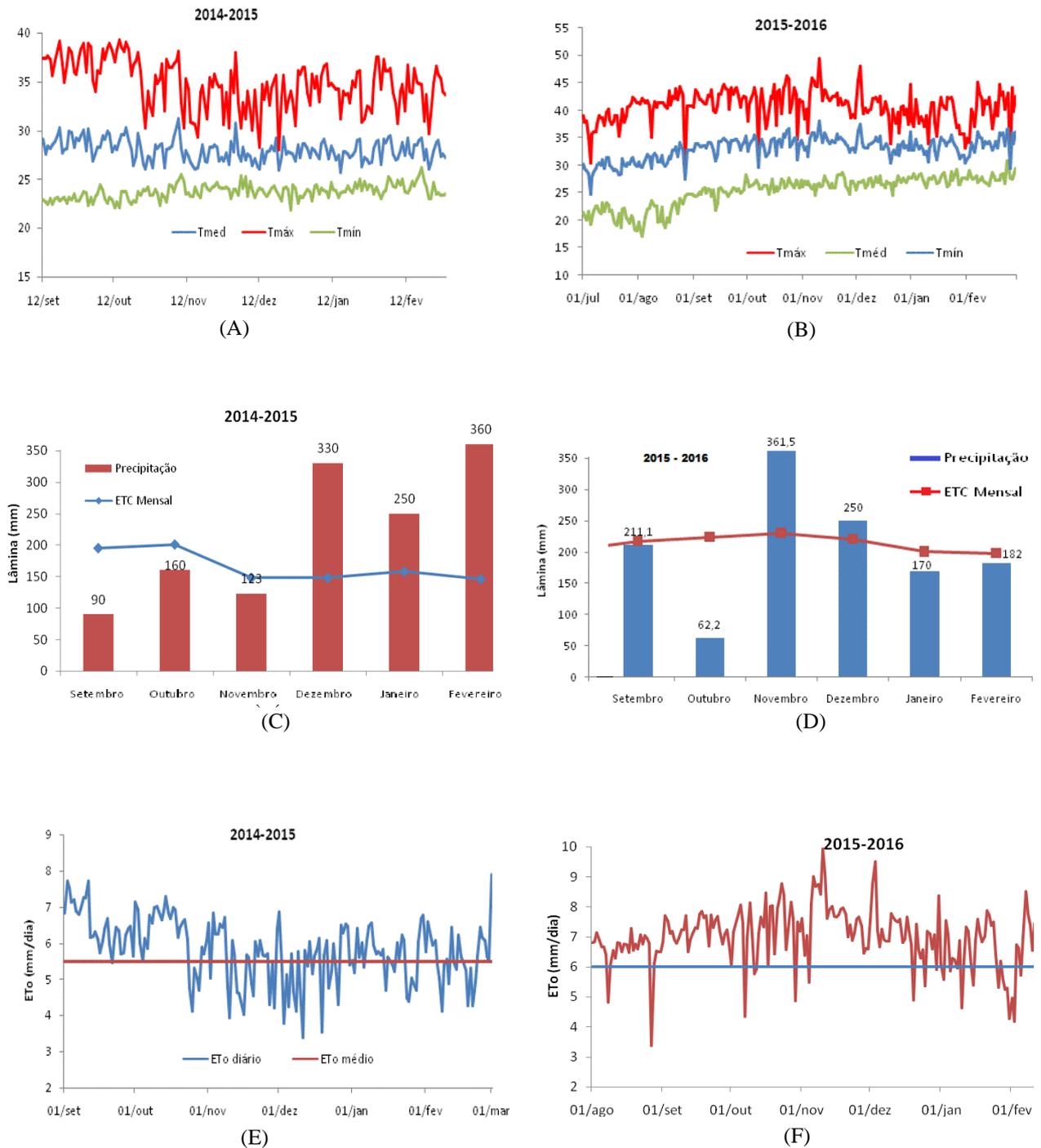


Figura 13. Comportamento dos parâmetros meteorológicos: valores médios diários das temperaturas máxima, média e mínima (A) e (B), mensais das precipitações e das ETo acumuladas (C) e (D) e os valores médios diários da ETo (E) e (F), nos dois anos de pesquisa.

6.2 Atributos químicos do Solo

6.2.1. pH

Os valores de pH do solo estão na Tabela 7, onde para novembro de 2014, 60 dias após a diferenciação dos tratamentos em pleno período chuvoso e na fase de intenso crescimento vegetativo, a dose recomendada aplicada via fertirrigação (T2), apresentou média inferior ao tratamento com dose recomendada, aplicada via adubação convencional, para a camada de 0 a 20 cm, pH 5,0 e 5,4, respectivamente. De acordo com Raij et al. (1996), o valor do pH apresentado pelo T5 foi classificado como nível médio e o pH do T2 foi considerado baixo. Observa-se também, que não houve significância entre os tratamentos fertirrigados (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de pH do solo, na camada de 0-20 cm nas diferentes épocas.

		Estatística F	
FV	GL	Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	9,7850 **	2,7071 ^{ns}
Bloco	7	0,8035 ^{ns}	0,1071 **
Residuo	28	-	-
		Meses	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamentos	CaCl ₂		
T1 - 50% da dose recomendada, Fert.		4,6 b	4,4 a
T2 - 100% da dose recomendada, Fert.		5,0 b	4,9 a
T3 - 200% da dose recomendada, Fert.		4,8 b	4,5 a
T4 - 400% da dose recomendada, Fert.		4,7 b	4,6 a
T5 - 100% da dose recomendada, Conv.		5,4 a	4,9 a
Média		4,9	4,6
CV (%)		5,65	7,42

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados da análise realizada no mês de julho de 2015, após a colheita, constata-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. De forma geral, os resultados evidenciaram uma diminuição nos índices do pH no decorrer do ciclo da cultura (Tabela 7). Considerando os valores médios nos meses de novembro de 2014

e julho de 2015, independente do tratamento, constata-se uma queda nos níveis do pH de 4,9 para 4,6, uma variação de 0,3 unidades, considerado inadequado para o crescimento e desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas, segundo Raij et al. (1996).

A variação dos níveis do pH, pode ter sido influenciada pelas aplicações de uréia, uma vez que ao ser aplicada ao solo ela se hidrolisa e forma o amônio (NH_4^+) que pode ser nitrificado liberando íons hidrogênio (H^+) no mesmo. Se caso a planta absorver o NH_4^+ , a mesma excreta H^+ para manter o equilíbrio elétrico, abaixando o pH da rizosfera (BOLAN et al., 1990).

Leite Junior (2003) alerta que na fertirrigação a uréia é aplicada de forma localizada e diluída, o que evita perdas por volatilização em relação ao método de adubação convencional, que geralmente não tem incorporação, especificamente, na cultura do café onde o sistema radicular é muito superficial. Já com relação à presença do potássio pouca influência pode lhe ser atribuída na modificação dos níveis de pH do solo.

Provavelmente, a redução do pH promoveu a redução da disponibilidade dos nutrientes e a solubilização do alumínio (Al^{3+}), e com ele o aporte de H^+ no sistema (MALAVOLTA, 1980). A presença do alumínio na solução, também pode ter gerado problemas no desenvolvimento radicular. Mauri et al. (2004) e Mattiello et al. (2008) alertam para a menor tolerância do café conilon ao alumínio, em relação ao café arábica. A aplicação de fertilizantes minerais seguidamente e de forma localizada (gotejamento) em solos tropicais, sem a aplicação adequada de corretivos do solo pode agravar esse quadro, de acordo com Laurindo (2005) e Guarçoni et al. (2005).

6.2.2. Potássio

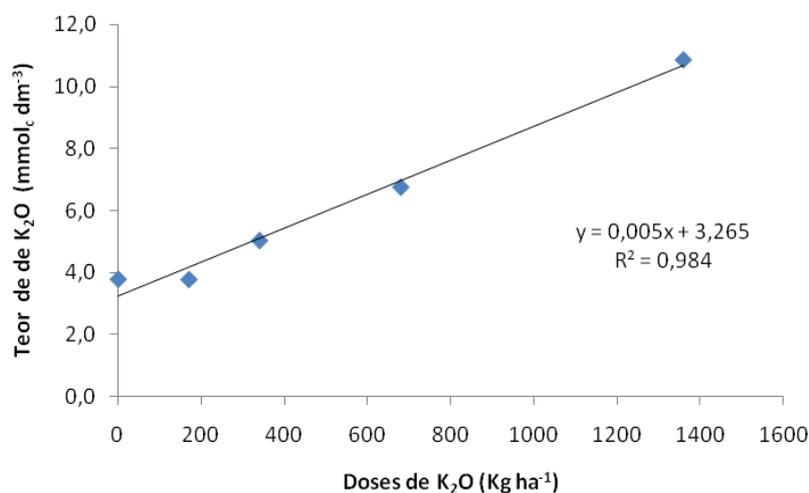
A disponibilidade do potássio no solo para a cultura do café conilon foi influenciada pelos diferentes tratamentos (Tabela 8), destacando-se o manejo fertirrigado, principalmente na fase de maior crescimento vegetativo da cultura. Na análise realizada em novembro de 2014, os resultados foram significativos, na comparação entre as médias dos tratamentos. O estudo de regressão resultou num comportamento linear e positivo para os tratamentos fertirrigados (Figura 14). Tal comportamento tem registro na literatura (COSTA et al., 2010), onde o estudo permite avaliar a dose de fertilizante mais indicada para cada cultivo nas diversas situações a campo.

Tabela 8. Teores médios do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm.

		Estatística F	
FV	GL	Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	8,1580 **	29,6263 **
Bloco	7	0,7541 ^{ns}	3,1700 *
Residuo	28	-	-

Tratamentos	Meses	
	Nov.2014	Jul.2015
	$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	
T1 - 50% da dose recomendada, Fert.	3,8 b	1,1 c
T2 - 100% da dose recomendada, Fert.	5,0 b	2,0 bc
T3 - 200% da dose recomendada, Fert.	6,8 b	1,6 c
T4 - 400% da dose recomendada, Fert.	10,9 a	4,4 a
T5 - 100% da dose recomendada, Conv.	3,8 b	3,2 ab
Média	6,1	2,4
CV (%)	48,42	28,16

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

**Figura 14.** Média dos teores de potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em função das doses aplicadas via fertirrigação, novembro de 2014.

Como esperado, o tratamento T4 obteve os maiores teores de potássio, ou seja, $10,9 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K_2O . De acordo com Rajj et al. (1997), valores maiores que $6,0 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$, são benéficos para o café em termos de disponibilidade, porém, tem efeito negativo pois pode causar desequilíbrio no complexo do solo e induzir deficiência do Mg e Ca na planta, além de perdas por lixiviação, dependendo do pH e da CTC do solo. A hipótese de

que freqüentes aplicações com doses elevadas de potássio causariam efeito antagônico com o magnésio, foi confirmada neste estudo, contudo sem apresentar efeitos visuais de deficiência foliar no decorrer do período experimental. O tratamento T1 teve o menor teor ($3,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) entre os tratamentos fertirrigados (Tabela 8), valor esse considerado como nível alto ($3,0 - 6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) conforme, Rajj et al. (1997).

Aplicou-se o teste de Dunnet para comparar o tratamento T2 (fertirrigado), com o T5 (adubação convencional) que receberam 100% da dose recomendada, notou-se uma pequena diferença entre médias, $5,0$ e $3,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 9). Esta diferença deve-se à eficiência da forma de aplicação e parcelamento das doses pelo tratamento fertirrigado. A quantidade de água, no solo, um fator essencial para a difusão e o fluxo em massa do potássio no perfil do solo, influenciando na sua disponibilidade e na absorção pelas plantas (BARBER, 1995). Diversos autores comprovaram a maior eficiência da fertirrigação, devido da sua aplicação localizada e diluída dos fertilizantes (KAFIKAFI e BAR-YOSEF 1980, BHELA e WILCOX 1986, PINTO et al. 1993 e SOUZA e SOUZA 1998).

Para os resultados da última amostragem realizada no mês de julho de 2015, após a colheita, verificou-se significância para os valores de potássio, evidenciada, por regressão linear com correlação positiva entre tratamentos fertirrigados (Figura 14). Destaca-se novamente a superioridade do T4, que atingiu teores de K_2O , de $4,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que o T1, os menores teores ($1,11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 9). Os teores dos tratamentos T4 e T1 são considerados como altos e baixos, respectivamente (RAIJ et al. 1997). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos T2 ($2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e T5 ($3,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), com superioridade para o tratamento adubado de forma convencional. Ambos os teores são considerados na faixa média, segundo Rajj et al. (1997).

Analisando os teores médios do elemento no período de novembro de 2014 a julho de 2015, independente do tratamento, observa-se um decréscimo de $3,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, significativo nos níveis do potássio no solo. Tal comportamento está relacionado aos picos de absorção de potássio pela cultura do café conilon. Há uma alta demanda, devido ao acúmulo de carboidratos para a formação dos frutos (drenos prioritários), já que o potássio tem grande participação na formação e translocação do amido (MALAVOLTA, 1986; COLL, 2001). Nesta dinâmica, para o período de janeiro a março ocorre a granação dos frutos e a solidificação dos líquidos internos dos grãos para a produção do cafeeiro (CAMARGO, 2001) e para o mês de julho, logo após a colheita, há uma queda acentuada dos níveis do potássio no

solo, devido à exportação desse elemento com a retirada dos frutos (grão + casca), folhas e ramos, não permitindo sua reciclagem na cultura (Figura 15 e 16).

Tabela 9. Teores médios do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e comparação das médias (Dunnet).

		Estatística F	
FV	GL	Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	8,3509 ^{**}	41,9024 ^{**}
Bloco	7	0,7900 ^{ns}	4,6701 ^{**}
Residuo	28	-	-
		Meses	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamentos		$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	
T1 - 50% da dose recomendada, Fert.		3,8	1,1 *
T2 - 100% da dose recomendada, Fert.		5,0	2,0 *
T3 - 200% da dose recomendada, Fert.		6,8 *	1,6 *
T4 - 400% da dose recomendada, Fert.		10,9 *	4,4 *
T5 - 100% da dose recomendada, Conv.		3,8	3,2
Média		6,1	2,4
CV (%)		48,42	28,16

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Dunnet.

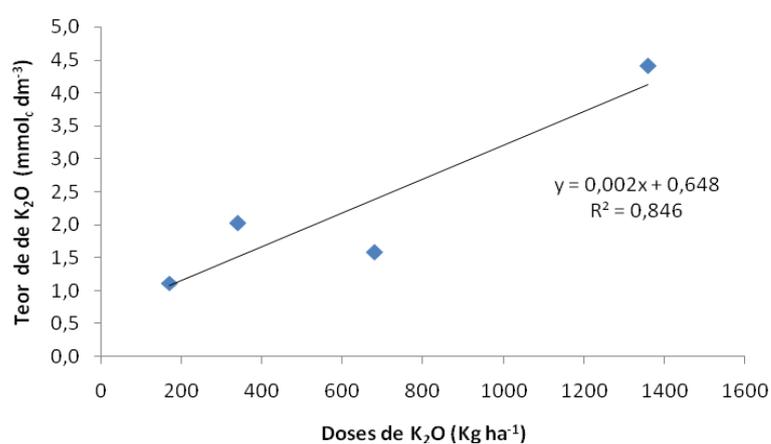


Figura 15. Médias das doses de potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) após a colheita, em julho de 2015.

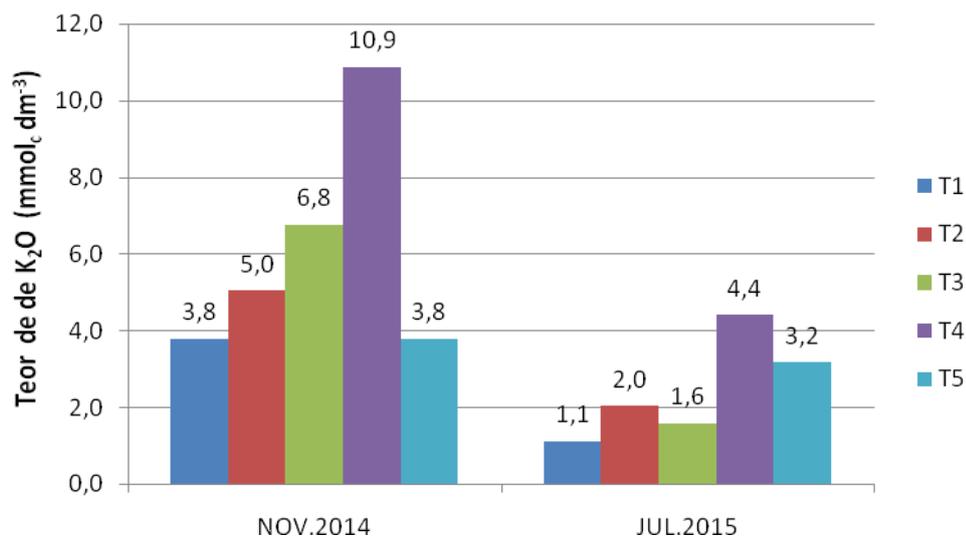


Figura 16. Comportamento dos teores de potássio, na camada de 0-20 cm do solo.

6.2.3. Magnésio (Mg)

Verifica-se na tabela 10 que o teor de Mg do tratamento T5, de adubação convencional (100% da dose recomendada), apresentou níveis de 17 e 12 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, para os meses de novembro de 2014 e julho de 2015, respectivamente,. Ambos os teores são considerados altos de acordo com Raij et al. (1997). A mesma condição não foi verificada para o tratamento T2, fertirrigado (100% da dose recomendada), que obteve os valores de 11 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ (teor alto) e 7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ (teor médio). Numa análise qualitativa entre as médias de todos os tratamentos, usando o teste de Tukey, observa-se que o T5 foi superior aos demais (Tabela 10).

Tabela 10. Teores médios do magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm de profundidade.

		Estatística F	
FV	GL	Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	12,5290 **	113,6929 **
Bloco	7	0,3860 ^{ns}	0,1836 *
Resíduo	28	-	-
		Meses	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamentos		$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		7,1 b	7,1 b
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		7,0 b	7,0 b
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		6,2 b	6,2 b
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		3,9 c	3,9 c
T5 - 100% da dose recomendada, conv.		12,3 ^a	12,3 ^a
Média		10,3	7,3
CV (%)		33,85	22,11

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Leite Junior (2003) obteve resultados semelhantes, pesquisando o efeito da fertirrigação no café arábica em formação, cultivado na região de Botucatu – SP. O autor explica que existe um efeito antagônico entre as quantidades de K_2O e Mg, e que a fertirrigação e a aplicação de altas doses de K_2O colaboram com intensificação desse processo. O K_2O desloca Mg no complexo de troca iônico na solução do solo e com isso, intensifica a lixiviação do Mg no perfil. Segundo Kiehl (1979), citado por Leite Junior (2003), as perdas de bases são influenciadas diretamente pelo pH, quando menor que 5,0 podem também gerar deficiências de Ca, Mg e P, fato observado neste estudo.

A figura 17 demonstra as regressões lineares negativas, nos meses de novembro de 2014 e julho de 2015, ou seja, quanto maior a dose de K_2O aplicada, menor a resposta do teor de Mg. Este efeito pode ser ocasionado, provavelmente, pela competição iônica entre os nutrientes.

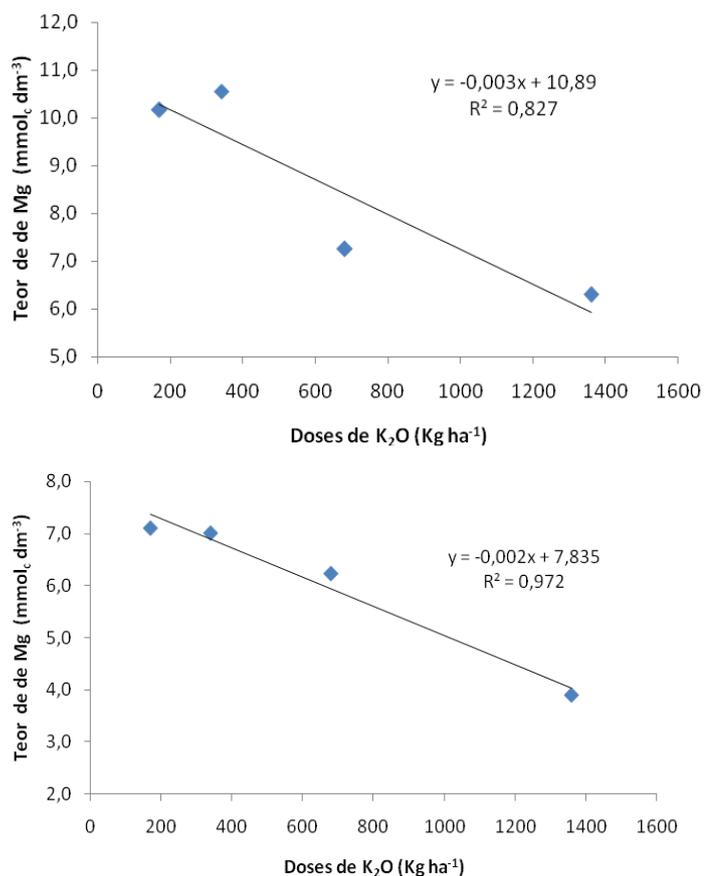


Figura 17. Correlações negativas das médias das doses de Mg (mmol_c.dm⁻³), novembro de 2014 (A), e após a colheita, em Julho de 2015 (B).

6.2.4. Cálcio (Ca)

De uma maneira geral, os menores teores de cálcio no solo (20 ± 7 mmol_c dm⁻³) estão relacionados aos tratamentos fertirrigados (Tabela 11). Dentre os tratamentos fertirrigados foram obtidas diferenças significativas, com comportamento similar ao Mg, apresentando uma tendência das maiores doses de potássio promoverem menores teores de Ca. Analisando os resultados dos diferentes períodos de coleta, novembro de 2014 e julho de 2015, verifica-se que os tratamentos que receberam as maiores doses de potássio, apresentam os menores teores de Ca e que o tratamento T5 em ambas as épocas, obteve os maiores valores de Ca. Contudo, numa comparação usando Dunnett, entre o tratamento T2 com o tratamento com adubação convencional T5, não houve diferença significativa entre as médias no mês de novembro de 2014, porém, no mês de julho de 2015, houve significância (Tabela 12).

Tabela 11. Teores médios do cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo na camada de 0-20 cm de profundidade.

		Estatística F	
FV	GL	Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	13,4301 **	29,2219 **
Bloco	7	0,6022 ^{ns}	0,3348 ^{ns}
Residuo	28	-	-
		Meses	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamentos		$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		19 bc	16 b
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		25 cd	15 b
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		14 ab	14 b
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		12 a	11 a
T5 - 100% da dose recomendada, conv.		34 d	25 c
Média		21	16
CV (%)		29,6	8,39

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Ao analisar os valores médios de cálcio independente dos tratamentos, considerando apenas as épocas avaliadas, os teores médios de Ca (21 mmol dm^{-3}) e Mg ($10,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$), encontrados para o mês de novembro de 2014, apontam uma relação média de Ca/Mg em torno de 2,1 (Figura 18). Já para o mês de julho de 2015 os valores foram de 16 e de $7,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$, respectivamente de Ca e Mg, e a relação encontrada foi de 2,2, valores estes considerados adequados por Souza e Lobato (2004).

Porém, analisando os valores médios das relações de Ca/K, considerando todos os tratamentos, verificou-se, 8,9 para T5 (nível médio), 5,0 para T1 e T2 (nível médio), 2,0 e 1,1 para T3 e T4, níveis estes considerados baixos. A amplitude entre os valores do T5 e do T4 é um indicativo de desequilíbrio no complexo de cátions do solo, gerado pelos aportes de adubações potássicas excessivas. Conforme Oliveira et al (2001), os altos níveis de Ca e Mg no solo podem reduzir a absorção de potássio pelas raízes e provocar sintomas de deficiência na planta. As relações entre os teores de Ca e Mg e K não devem ser muito elevadas, a fim de não gerar problemas nutricionais para o cafeeiro.

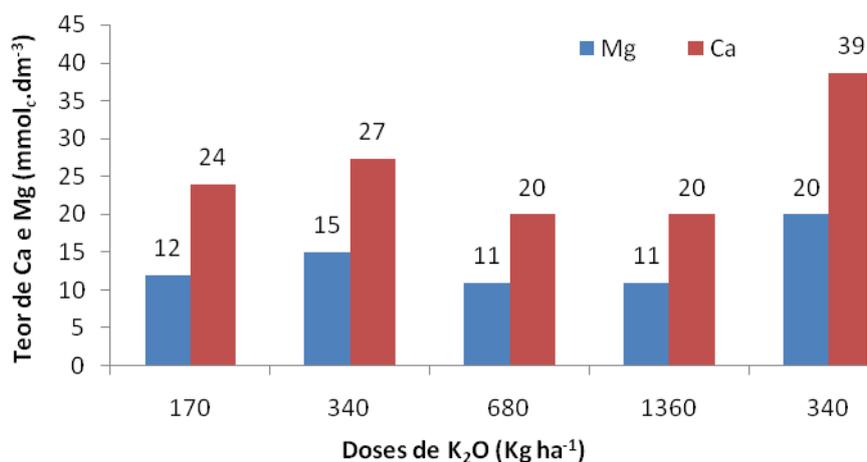


Figura 18. Teores médios de Cálcio e Magnésio (mmol_c.dm⁻³), na camada de 0-20cm, mês de novembro de 2014

Contudo, numa comparação usando Dunnett, entre o tratamento T2 com o tratamento com adubação convencional T5, não houve diferença significativa entre as médias no mês de novembro de 2014, porém, no mês de julho de 2015, houve significância (Tabela 12).

Tabela 12. Teores médios do cálcio (mmol_c dm⁻³). Teste de Dunnett.

FV	GL	Estatística F	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamento	4	13,4301 ^{**}	29,2219 ^{**}
Bloco	7	0,6022 ^{ns}	0,3348 ^{ns}
Residuo	28	-	-
		Meses	
		Nov.2014	Jul.2015
Tratamentos		mmol _c dm ⁻³	
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		19 *	16 *
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		25	15 *
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		14 *	14 *
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		12 *	11 *
T5 - 100% da dose recomendada, conv.		34	25
Média		21	16
CV (%)		29,6	8,39

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Dunnett.

6.3 Análise foliar

O desenvolvimento ideal da cultura do café conilon está relacionado à interação dos macronutrientes e micronutrientes no sistema solo-planta, refletindo na absorção da planta. O método mais usado para determinar o estado nutricional da planta, segundo Scherer (1998), é a análise dos tecidos foliares que faz o levantamento dos níveis dos nutrientes na planta.

Na figura 19 observa-se uma correlação positiva para os valores de potássio no tecido (g kg^{-1}) em função do aumento de da dose de potássio no solo, para o mês de novembro de 2014, ocasião do início do desenvolvimento dos grãos (chumbinho), quando o ciclo da cultura estava com 60 dias após a florada.

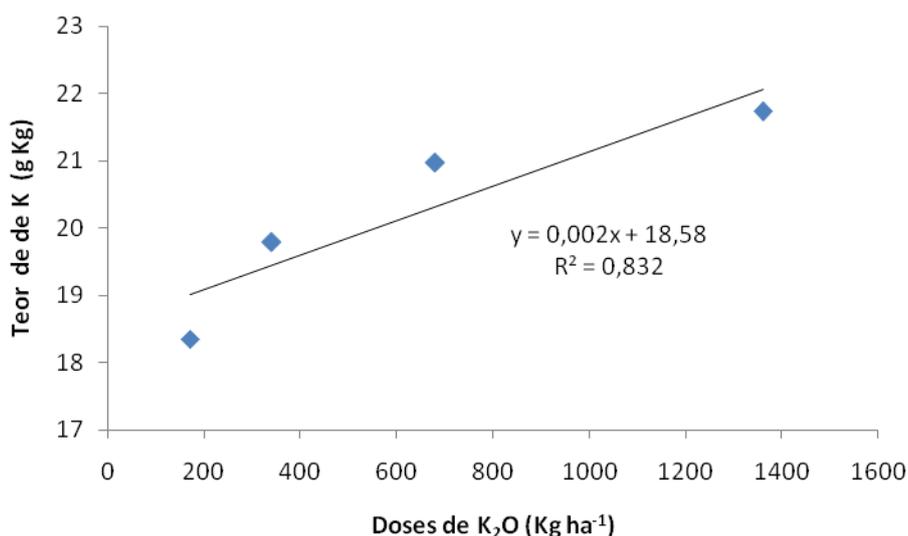


Figura 19. Regressão linear, correlação positiva, das médias dos teores de K nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho.

De acordo com a tabela 13, a dose recomendada de 100%, aplicada via fertirrigação (T2), teve média de 20 g Kg^{-1} de potássio no tecido foliar, enquanto que o tratamento que recebeu a mesma quantidade dos nutrientes, porém de forma convencional (T%), teve média de 18 g Kg^{-1} . Esses teores são considerados adequados ao desenvolvimento do café Conilon, de acordo com os valores de referência dos nutrientes nas folhas ($18 - 20 \text{ g Kg}^{-1}$) proposto por Prezotti et al. (2007) e abaixo do teor crítico (20 g Kg^{-1}), sugerido por Costa e Bragança (1996). A pequena diferença a favor do tratamento fertirrigado pode ser atribuída à influência positiva da eficiência da fertirrigação na difusão e fluxo de massa do potássio aumentando a absorção pela planta.

Tabela 13. Resumo da análise de variância com os teores dos macro e micronutrientes presentes nos tecidos foliares, em novembro de 2014, período chuvoso, na fase de “chumbinho” para o café conilon. Teste de Tukey

FV	GL	Estatística F					
		K	N	P	Fe	Ca	Mg
Tratamento	4	4,2740 **	4,5074 **	0,8840 ns	1,3793 ns	10,1591 **	10,9013 **
Bloco		1,1383 ns	4,0009 **	2,5483 *	2,3932 *	5,3374 **	5,7257 **
Residuo		-	-	-	-	-	-

Tratamentos	g kg ⁻¹					
	K	N	P	Fe	Ca	Mg
T1 - 50%, fert.	18,35 b	37,58 ab	11,38	152	6,65 b	3,11 bc
T2 - 100%, fert.	19,78 ab	37,95 a	11,52	149	7,33 b	3,51 ab
T3 - 200%, fert.	20,97 ab	38,27 a	11,54	134	6,63 b	3,08 bc
T4 - 400%, fert.	21,72 a	39,47 a	11,48	131	5,97 b	2,80 c
T5 - 100%, conv.	18,15 b	32,59 b	11,41	142	9,03 a	4,12 a
Média	19,79	37,17	11,46	141,6	7,12	3,32
CV (%)	14,67	9,52	14,04	16,25	14,6	13,19

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Observa-se na tabela 13, um maior acúmulo de nitrogênio (N) nas folhas do café conilon no tratamento (T2) com 100% da dose recomendada via fertirrigação, em comparação ao tratamento que recebeu mesma dose, porém por meio da adubação convencional. Também pode-se ressaltar, para os tratamentos fertirrigados que o acúmulo de N é diretamente proporcional ao aumento da dose do potássio, resultando uma regressão linear positiva (figura 20), apesar dos valores serem próximos (36,58; 37,83; 38,33 e 39,33 g Kg⁻¹, para 50, 100, 200 e 400% de K, respectivamente). Os teores encontrados são considerados acima do normal de 29-32 g Kg⁻¹ por Prezotti et al. (2007) e também acima do teor crítico de 30 g Kg⁻¹, sugerido por Costa e Bragança (1996) ou mesmo entre 26,0 a 30,0 g kg⁻¹ (GUIMARÃES et al., 1999).

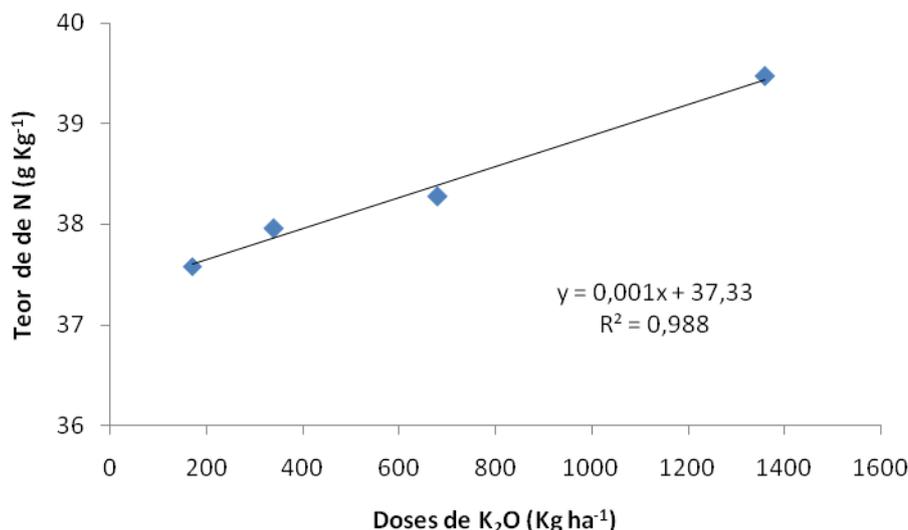


Figura 20. Regressão linear, correlação positiva, das médias dos teores de N (g kg^{-1}) nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho.

O cálcio nas folhas apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos que receberam a dose recomendada (T2) e a testemunha (T5) (Tabela 14). Entre os tratamentos fertirrigados, os valores variaram de 5,97 a 7,33 g Kg^{-1} e não se obteve significância estatística entre eles. Analisando as médias de todos os tratamentos, fica evidente a carência desse elemento nas folhas das plantas, já que os teores se encontram abaixo dos níveis adequados, de 10-13 g Kg^{-1} e 14 g Kg^{-1} (nível crítico) apontados por Prezotti et al. (2007), Guimarães et al., (1999), e Costa e Bragança (1996).

Observa-se na figura 21, que os valores do Mg apresentaram-se inversamente proporcionais as doses de aplicação do K, efeito antagônico também observado por Malavolta et al. (1986). Constata-se a superioridade da dose recomendada, aplicada de forma convencional, sobre o valor médio encontrado quando aplicada via fertirrigação e com acréscimo de 0,83 g Kg^{-1} de Mg nas folhas do cafeeiro.

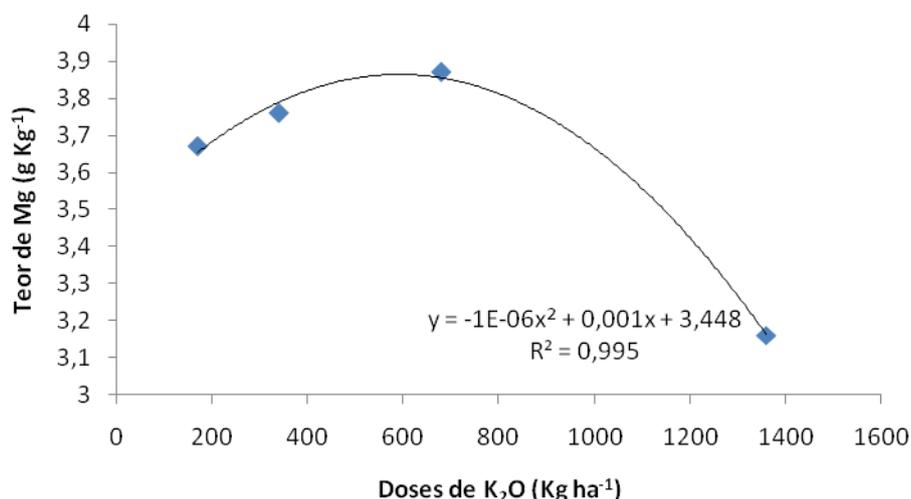


Figura 21. Regressão quadrática, correlação negativa, das médias dos teores de Mg nas folhas, novembro de 2014, fase chumbinho.

O micronutriente boro (B), em novembro de 2014 também apresentou teores abaixo dos níveis considerados adequados de 40-80 mg Kg⁻¹ e 48 mg Kg⁻¹, de acordo com Guimarães et al., (1999) e Prezotti et al. (2007). Comparando as médias do tratamento 100% da recomendação via fertirrigação, e o tratamento com a mesma dose + adubação convencional + irrigação, nota-se que este tratamento foi superior com acréscimo 5 mg Kg⁻¹ nas folhas do café conilon (Tabela 14).

De acordo com a tabela 14, observa-se que os demais micronutrientes não apresentaram significância das médias pelo teste F. Entretanto, ao analisar-se os teores foliares do Fe e Cu, os valores encontrados nesse trabalho estão dentro da faixa adequada para o cafeeiro que é entre 70,0 a 180,0 mg kg⁻¹ para o Fe e 14,0 a 26,0 mg kg⁻¹ para o Cu, respectivamente (GUIMARÃES et al., 1999). Para o Mn e para o Zn os valores encontrados estão inadequados para a cultura, sendo o ideal estar entre 50,0 a 200,0 mg kg⁻¹ para Mn e 10,0 a 20,0 mg kg⁻¹ para Zn.

Analisando os níveis dos elementos na tabela 15, referente à segunda análise foliar, realizada no mês de fevereiro de 2015, logo após o término das aplicações totais dos fertilizantes, período de crescimento e maturação dos frutos, fase que reflete diretamente na produção da cultura, verifica-se que os somente os teores dos nutrientes Ca e Mg foram alterados pela aplicação das diferentes doses de potássio.

Tabela 14. Resumo da análise de variância com os teores dos macronutrientes presentes nos tecidos foliares, em fevereiro de 2015, época chuvosa, início do enchimento dos frutos. Teste de Tukey

FV	GL	Estatística F				
		K	N	P	Ca	Mg
Tratamento	4	0,2397 ^{ns}	2,0738 ^{ns}	1,1347 ^{ns}	2,9638*	6,0270**
Bloco	7	0,5862 ^{ns}	2,5162 ^{ns}	1,3613 ^{ns}	2,1205 ^{ns}	3,6918**
Resíduo	28	-	-	-	-	-
Tratamento		K	N	P	Ca	Mg
		g kg ⁻¹				
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		16,78	24,4	1,33	7,54 ab	3,28 ab
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		16,28	23,45	1,34	7,68 ab	3,41 a
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		15,78	23,31	1,42	8,63 a	3,74 a
T4 - 200% da dose recomendada, fert.		16,98	24,54	1,37	8,00 ab	3,30 ab
T5 - 100% da dose recomendada, conv.		16,53	22,45	1,34	6,63 b	2,63 b
Média		16,47	23,63	1,36	7,69	3,27
CV (%)		4,38	6,46	13,39	15,58	14,53

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

O magnésio (Mg) apresentou pouca variação nos seus valores médios quando compara-se os tratamentos que receberam as doses recomendadas, T2 (3,45 g Kg⁻¹) e T2 (2,63 g Kg⁻¹). Nos tratamentos fertirrigados as aplicações crescentes de K não promoveram acréscimos significantes aos teores foliares. Segundo Orlando Filho et al. (1996), existe uma alta competição do Mg com o Ca pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes devido a similaridade das suas propriedades químicas, como o grau de valência e a mobilidade, causando efeito antagônico de adsorção e absorção desses elementos.

Os resultados dos níveis de Ca nas folhas sofreram alterações com a variação das doses de K, nota-se um acréscimo nos níveis quando comparamos com os dados de novembro de 2014, provavelmente, devido à diminuição dos teores de K alocados para os frutos nesta fase da cultura. Analisando de forma isolada esta fase, verifica-se que os tratamentos que receberam as maiores doses (T3 e T4), apresentaram índices de Ca na folha mais elevados (8 g Kg⁻¹). Esta maior disponibilidade do Ca pode estar relacionada à lixiviação do K no solo, devido aos altos índices pluviométricos ocorridos nos meses de novembro e dezembro de 2014.

Na tabela 15, constam os níveis dos macronutrientes, referentes aos níveis restantes de nutrientes presentes nas folhas, depois de todo o processo produtivo, após a colheita (julho/2015), e reflete bem as quantidades que foram extraídas com a colheita, frutos,

folhas e ramos. Apesar da visível redução da maioria dos nutrientes nas folhas, não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados, evidenciando a necessidade de reposição dos nutrientes no solo para o próximo ano de produção.

Tabela 15. Resumo da análise de variância com os teores médios dos macronutrientes presentes nos tecidos foliares, em Julho de 2015, Teste de Tukey

FV	GL	Estatística F				
		K	N	P	Ca	Mg
Tratamento	4	3,5299*	1,8202 ^{ns}	0.8450 ^{ns}	2.5523 ^{ns}	3.3924 ^{ns}
Bloco	7	6,7378**	2,2187 ^{ns}	1.4181 ^{ns}	8.6030**	8.0361**
Residuo	28	-	-	-	-	-
Tratamento		K	N	P	Ca	Mg
		g kg ⁻¹				
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		11,78	20,48	1,13	10,13	3,68
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		13,26	19,53	1,14	10,39	3,76
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		12,04	19,21	1,00	10,73	3,88
T4 - 200% da dose recomendada, fert.		14,03	18,46	1,10	9,48	3,16
T5 - 100% da dose recomendada, conv.		12,71	19,53	1,04	10,39	3,10
Média		12,76	19,44	1,08	10,22	3,62
CV (%)		10,18	7,81	13,39	8,10	11,80

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Numa análise do comportamento dos níveis de K nas folhas, no decorrer de todo ciclo de produção da cultura, observa-se a variação dos teores de acordo com cada fase fenológica. O potássio, principal parâmetro desse estudo, apresentou quedas nos seus níveis do início ao fim do ciclo produtivo da cultura (Figura 22). No período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, houve a redução nos teores foliares em torno de 5 g Kg⁻¹, observada principalmente nos tratamentos que receberam maiores doses de K e de 1,6 g Kg⁻¹, para os tratamentos com menores doses de K aplicadas. Este intervalo de tempo correspondeu às fases de crescimento vegetativo intenso (folhas e ramos), desenvolvimento do fruto e enchimento dos grãos. Nestes estádios, a planta apresenta alta demanda por K para o seu pleno desenvolvimento, tendo como principais drenos, os frutos e os ramos.

Após a colheita, os teores médios de K nas folhas, continuaram em decréscimo, chegando a valores médios de 3 a 5 g Kg⁻¹, de perdas (Figura 22). Os níveis do K nas folhas, para todos os tratamentos, ficaram abaixo da faixa considerada como adequada, devido as altas taxas de K exportados com os frutos, ramos e folhas.

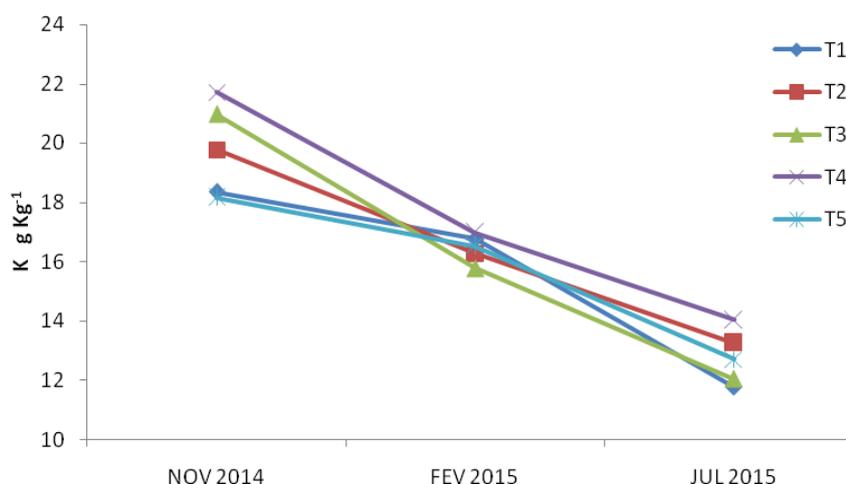


Figura 22. Comportamento dos teores de potássio (K), nos tecidos foliares, nas fases de “chumbinho” dos frutos, enchimento e maturação dos frutos, e no final do ciclo produtivo da cultura do conilon.

O café é uma cultura que exige altas quantidades de N para o seu crescimento e desenvolvimento ideal, e, além disso, tem um papel primordial na estrutura de moléculas e diversas enzimas. A Figura 23 mostra a variação temporal das concentrações de N, no ciclo de produção estudado. Verifica-se que teor do N nas folhas também sofreu decréscimo nos seus valores de acordo com os estádios de crescimento da planta. No intervalo de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, os valores tiveram perdas médias de 15 g Kg^{-1} , no período do pleno crescimento vegetativo, quando a planta tem altas demandas pelo nutriente, para processos fisiológicos (fotossíntese), e expansão da área foliar (TAIZ, 2009).

Já na fase após a colheita, verificam-se variações mais suaves entre os valores de fevereiro a julho de 2015 ($6,1 \text{ g Kg}^{-1}$). Estes níveis do final do ciclo da planta são inadequados para as necessidades das plantas no ciclo do ano seguinte.

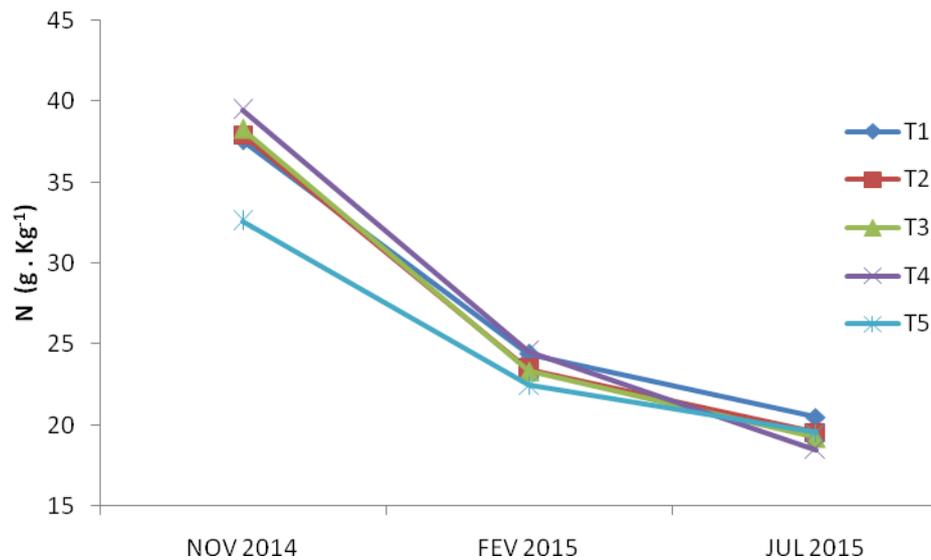


Figura 23. Comportamento dos teores de nitrogênio (N), nos tecidos foliares, nas fases de “chumbinho” dos frutos, enchimento e maturação dos frutos e depois da colheita.

6.4 Parâmetros de crescimento da planta

6.4.1. Altura da planta

De acordo com a análise de variância não houve interação significativa entre os tratamentos aplicados, para o parâmetro altura, no primeiro ano da pesquisa, onde o valor médio foi de 1,47 m. De setembro de 2014 a fevereiro de 2015, as plantas cresceram com uma taxa média de crescimento de 10 cm ao mês. Já no segundo ano do estudo, observa-se que houve efeito significativo, na comparação entre os tratamentos que foram fertirrigados e o tratamento adubado de forma convencional, conforme apresentado na tabela 16.

A média dos tratamentos fertirrigados foi de 2,33 m enquanto que a média do tratamento convencional obteve 1,97 m. As taxas de crescimento mensal de setembro de 2015 a fevereiro de 2016 foram de, aproximadamente, 0,42m e 0,10 m, respectivamente, para os tratamentos fertirrigados e o tratamento não fertirrigado. O parâmetro altura pode expressar o crescimento direto da planta e, proporcionalmente, a quantidade de ramos plagiotrópicos produtivos. Porém, clones de Conilon com altura muito elevada, dificultam a colheita e os tratos culturais, além de propiciar um ambiente favorável à incidência de pragas e doenças, devido ao dossel fechado das plantas (MARCOLAN et al., 2009).

6.4.2. Número de Ramos Plagiotrópicos

Conforme a análise de variância, apresentada na tabela 16, houve diferença significativa com relação às doses de potássio ofertadas, sobre a característica de crescimento e número de ramos plagiotrópicos, no primeiro ciclo de produção. De forma geral, o tratamento 3 (200% da dose recomendada, fertirrigado) foi superior aos demais tratamentos, com o acréscimo de 2 pares de hastes produtivas por mês, no período de outubro de 2014 a fevereiro de 2015. O excelente desenvolvimento também se deve ao manejo correto da irrigação e às condições climáticas favoráveis ocorridas nos meses de novembro a abril, período de intenso crescimento da cultura.

Tabela 16. Valores médios da altura (m) das plantas e do nº de ramos plagiotrópicos por ramo ortotrópico (NPR). Primeiro e segundo ano.

Fonte de Variação	GL	QM			
		Altura (m)		NRP	
		1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Tratamento	4	0,5510 ^{ns}	6,4211 ^{**}	9,0544 [*]	10,8074 ^{**}
Bloco	7	1,7864 ^{ns}	2,9817 [*]	3,3902 ^{**}	1,7985 ^{ns}
Resíduo	28	-	-	-	-
		1,46	2,36 a	39 b	46 a
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		1,48	2,31 a	38 b	49 a
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		1,48	2,29 a	41 a	47 a
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		1,48	2,35 a	39 b	47 a
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		1,47	1,97 b	38 b	41 b
T5-100% da dose recomendada, conv.		1,47	2,26	37	46
Médias		1,47	2,26	37	46
CV (%)		8,84	8,00	2,05	3,94

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

O melhor desenvolvimento de ramos plagiotrópicos foi estimado, com o uso do modelo polinomial quadrático, em 235% em relação à dose recomendada de Potássio via fertirrigação (Figura 24).

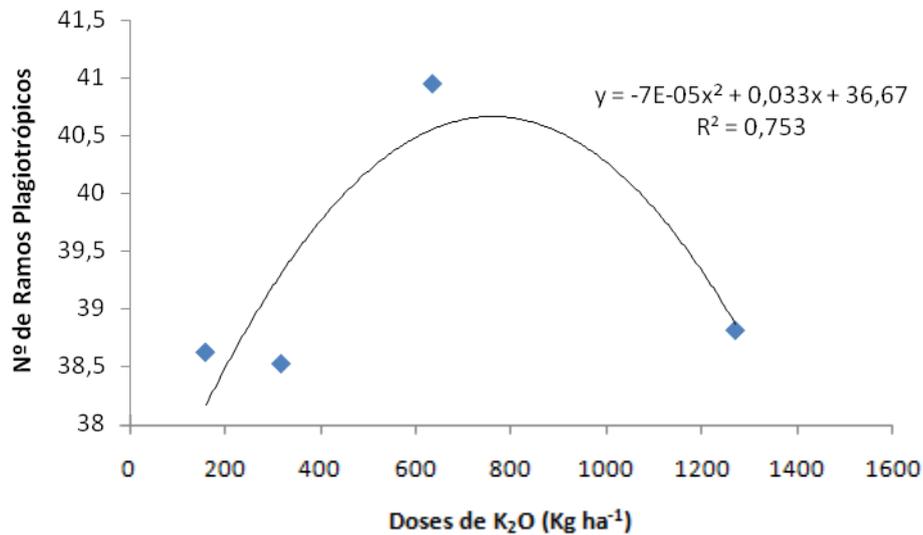


Figura 24. Estimativa polinomial para a quantidade de ramos plagiotrópicos no café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio. Primeiro ano.

Analisando de forma isolada, por período de avaliação, verifica-se na tabela 17, que na avaliação realizada no mês de outubro de 2014, houve significância entre as médias dos tratamentos, tendo também o T3 como superior aos demais. A figura 25 demonstra a interação entre o número de hastes e o teor ideal do elemento, em torno 7,67 mm_c dm⁻³ (0-20 cm de profundidade no solo).

A tabela 17 demonstra que no segundo ano de pesquisa (2015-2016), houve diferença significativa de todos os tratamentos fertirrigados quando comparados com o T5, tratamento adubado manualmente. A média do tratamento não fertirrigado foi de 20 pares de ramos e em média os tratamentos fertirrigados tiveram valores de 24 pares de hastes, taxa de crescimento ao mês de 3,5 e 4 pares, respectivamente. Vale à pena lembrar, que no final da colheita do primeiro ano de pesquisa foram realizadas as podas de limpeza, com a finalidade de eliminar ramos desgastados e ao mesmo tempo elevar a copa com a eliminação dos ramos mais baixos, como recomendado para os tratamentos culturais do conilon (FERRÃO et al., 2007). Isso pode explicar os resultados ocorridos no segundo ano de avaliação, no sentido de melhor aproveitamento de aporte de nutrientes fertirrigados.

Tabela 17. Resumo da análise de Variância referente aos ramos plagiotrópicos de plantas de café conilon submetidos a diferentes doses de K₂O, nos meses de avaliação. Primeiro ano.

FV	Estatística F				
	GL	Setembro	Outubro	Novembro	Fevereiro
Blocos	7	1.8996 ns	1.3326 ns	1.9477 ns	1,4751 ns
Tratamentos	4	1.2204 ns	3.7646 *	1.2620 ns	1,5490 ns
CV (%)	-	10,22	7,43	7,72	8,16
Tratamentos					
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		28.60	36.78 ab	41.90	47.21 b
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		28.26	32.91 b	41.26	49.05 b
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		30.77	37.77 a	43.79	51.49 b
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		29.97	35.69 ab	40.50	49.08 b
T5-100% da dose recomendada, conv.		-	35.47 ab	41.00	50.56 b
Médias		29,4	35,72	41,69	49,47

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

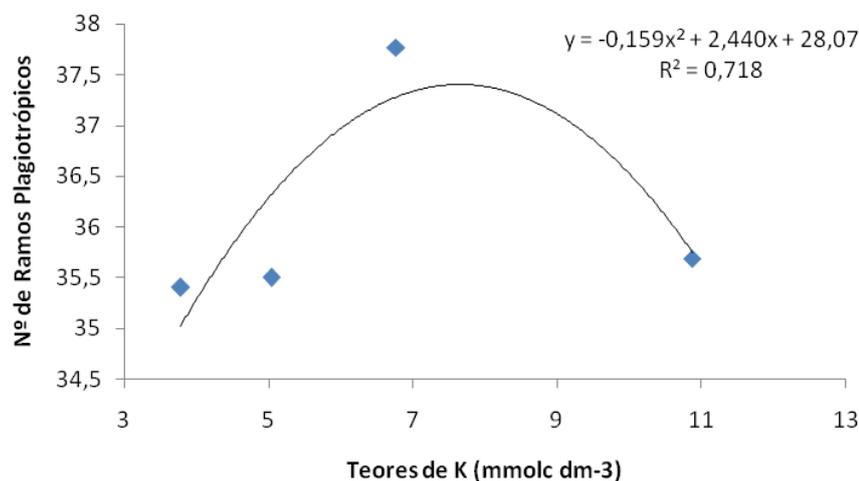


Figura 25. Estimativa polinomial para a quantidade de ramos plagiotrópicos em café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio. Segundo ano de estudo.

6.4.3. Diâmetro do caule e da copa

De acordo com os dados apresentados na tabela 18, verifica-se que no primeiro ciclo de produção do café conilon, houve diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância para o diâmetro do caule. No entanto, as médias apresentam pequenas diferenças entre seus valores, com variação de 3,25 mm entre o maior valor T3 (200% da dose recomendada, fertirrigado) e o menor valor T5 (dose recomendada, convencional).

Observa-se também que, as médias dos tratamentos que receberam as doses recomendadas T2 (fertirrigado) e T5 (adubação convencional), são praticamente iguais e que durante todo o primeiro ano da pesquisa os valores do T5 foram inferiores aos demais tratamentos.

No segundo ano de pesquisa, cujas avaliações foram realizadas, de setembro de 2015 a fevereiro de 2016, nota-se que houve efeito positivo, da interação entre as doses aplicadas de K e os diâmetros dos caules, e uma correlação quadrática negativa, representada na figura 26. Observou-se que todos os tratamentos fertirrigados tiveram médias superiores ao tratamento 5, conforme apresentado na tabela 18. A dose mais adequada de K_2O , seguindo a equação da regressão foi de 175% com relação à dose recomendada.

Quanto ao parâmetro diâmetro da copa, a análise de variância não indicou a significância da interação entre seus valores e as doses de K aplicadas no tempo do experimento. Não foram realizadas avaliações deste parâmetro, no segundo ano de pesquisa devido a maior altura das plantas limitarem a execução e a eficiência do método de medida.

Tabela 18. Resumo da análise de variância referente aos diâmetros, do caule (DC) e da copa (DCOP) de plantas de café conilon submetidos a diferentes doses de K₂O.

Fonte de Variação	GL	QM		
		DC (mm)		DCOP (m)
Doses de K	4	1º Ano	2º Ano	1º Ano
				10,7062**
CV (%)		3,11	3,68	5,61
Tratamentos				
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		28,00 a	26,55 b	1,44 ab
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		25,73 b	26,48 b	1,40 b
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		28,16 a	27,00 b	1,44 a b
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		26,64 ab	26,38 b	1,44 ab
T5-100% da dose recomendada, conv.		24,75 b	24,13 a	1,58 a
Médias		26,65	26,00	1,46

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

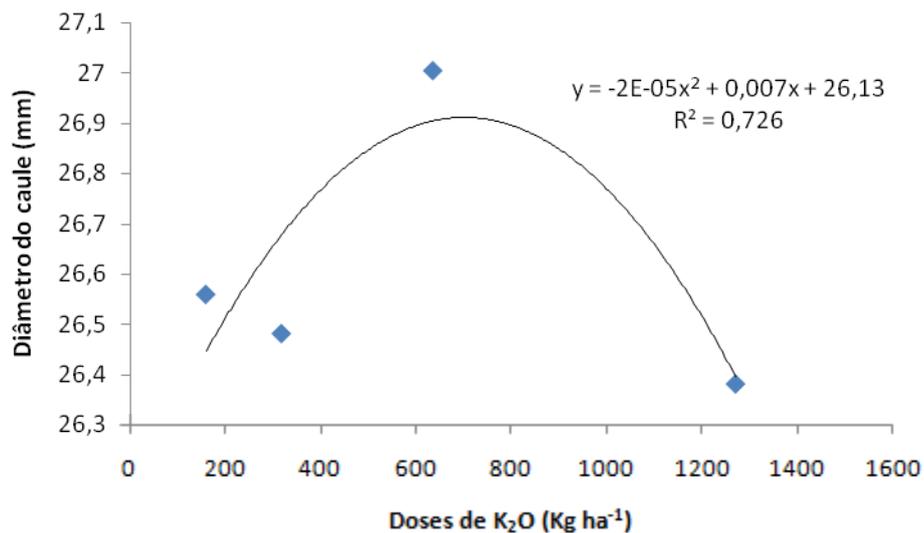


Figura 26. Estimativa polinomial para a quantidade do diâmetro do caule em café conilon em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio.

6.4.4. Número de rosetas, folhas e comprimento do ramo plagiotrópico

Conforme apresentado na tabela 19, verifica-se que não houve diferença significativa para os parâmetros número de rosetas e comprimento dos ramos plagiotrópicos, no período de avaliação de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. Porém, para o número de folhas por ramo plagiotrópico, a diferença entre as médias entre os tratamentos fertirrigados e o não fertirrigado com a dose recomendada, ficou evidente. Essa grande diferença no número de folhas, entre os tratamentos avaliados, pode ser explicado pelo fato de que as plantas que receberam maiores doses de K, via fertirrigação, tiveram uma melhor relação entre o número de rosetas/comprimento dos ramos/número de folhas/carga dos frutos, e também uma melhor relação N/K sendo capazes de manter, ou até mesmo perder, uma menor percentagem de folhas, mesmo com as altas cargas de frutos.

Já o tratamento que recebeu a dose recomendada, porém de forma convencional, não teve aporte de nutrientes, suficiente para manter tanto as folhas, como também parte da própria carga dos frutos (fonte/dreno). Em detrimento da alta carga dos frutos, que é o principal dreno de assimilados, a planta perde em parte, ou totalmente, as folhas e parte dos ramos plagiotrópicos, na tentativa de concluir seu processo reprodutivo com sucesso. Como consequência, acontecem desequilíbrios nutricionais, fisiológicos e, sérios prejuízos a produção, daquele ano e também do ano seguinte, já que a recuperação do dossel da planta é lenta, acentuando a bienaliedade da cultura do café.

Tabela 19. Resumo da análise de Variância referente aos nº de rosetas por ramo plagiotrópico (NR), nº de folhas por ramo plagiotrópico (NF) e comprimento dos ramos plagiotrópicos marcado (CR) submetidos a diferentes doses de K₂O. Segundo ano de produção.

Fonte de Variação	GL	QM		
		Nº rosetas	Nº folhas	C. R.
Doses de K ₂ O	3	3.2779 *	1.3810 ^{ns}	36.6739 **
CV (%)		4.02	4.24	3.68
Tratamentos				
T1 - 50% da dose recomendada, fert.		13,29	85,84	27,46 a
T2 - 100% da dose recomendada, fert.		11,68	82,80	26,12 a
T3 - 200% da dose recomendada, fert.		13,80	84,36	26,40 a
T4 - 400% da dose recomendada, fert.		14,05	82,00	24,65 a
T5-100% da dose recomendada, conv.		11,65	82,52	15,30 b
Médias				

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

6.5. Solução do solo

Na Tabela 20 apresentam-se os valores médios das concentrações de potássio e da condutividade elétrica nos quatro tratamentos estudados (fertirrigados), bem como o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se na figura 27, que os tratamentos que receberam as maiores aplicações de potássio, T3 (200% da dose recomendada) e T4 (400% da dose recomendada), expressaram maiores valores para o teor de K presente na solução do solo, apresentando correlação de regressão positiva. A variação entre o tratamento T4, que obteve os maiores teores de potássio, e o tratamento T1, com menores respostas, foi de 38 mg L⁻¹. Todos os valores encontrados estão dentro da faixa adequada proposta por Tisdale et. al (1993), onde a concentração ótima de K na solução do solo, varia de 10 a 60 mg L⁻¹, dependendo da cultura, estrutura e fertilidade do solo e suprimento de água.

Tabela 20. Resumo da análise de Variância referente aos valores médios da condutividade elétrica da solução do solo, de acordo com as doses de K_2O .

FV	Estatística F		
	GL	Ks ($mg L^{-1}$)	Condutividade (Ω)
Blocos	7	4.5103 **	16.7521 **
Tratamentos	4	25.1241 **	3.8830 *
Resíduo	28	-	-
CV (%)		11.18	8.80
T1 - 50% da dose recomendada.		81 b	0,57 b
T2 - 100% da dose recomendada		91 b	0,65 ab
T3 - 200% da dose recomendada.		108 a	0,71 ab
T4 - 400% da dose recomendada.		119 a	0,74 a
Médias		100	0,67

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de erro. *Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F. **Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

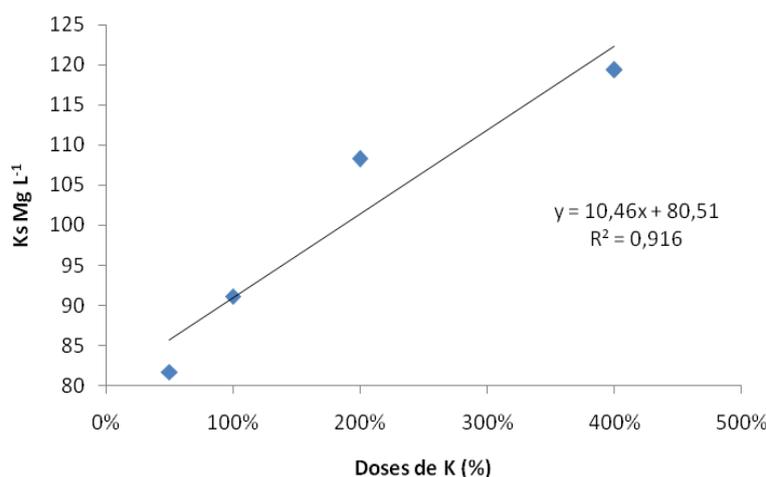


Figura 27. Relação entre os níveis da concentração de K_2O na solução da solução e os diferentes níveis de níveis da aplicação de potássio, via fertirrigação.

Para os valores médios da condutividade elétrica do solo (E_c) verificou-se que somente o tratamento T4 diferiu dos demais tratamentos. Houve correlação de regressão linear positiva (Figura 28). De forma geral, os valores obtidos são considerados muito baixos quando comparados com os resultados de 2,0 a 3,0 $dS m^{-1}$, para plantas jovens e adultas, encontrados por Matiello et al.(1998), os quais afirmam que a cultura do café é medianamente tolerante a salinidade.

Os valores encontrados podem estar relacionados com a alta capacidade de retenção de água do solo, no local do experimento, onde era um Latossolo vermelho distrófico com baixa CTC, altamente argiloso, e com o suprimento adequado das

lâminas de irrigação, que propiciaram elevadas taxas de umidade no solo, sempre próximas a capacidade de campo, promovendo a percolação e/ou precipitação dos sais, tal como o consumo dos nutrientes pelas plantas, diminuindo assim suas concentrações e possíveis índices elevados de salinidade.

Havlin et al., (1999) afirmam que lixiviação de potássio depende do teor deste elemento na solução do solo, dos valores da umidade no perfil e da capacidade do solo em reter cátions. Segundo Pimentel (1999), a influência da concentração salina sobre desenvolvimento das plantas depende do tempo de déficit de água, e isto, dependerá da espécie, do solo e das condições do clima.

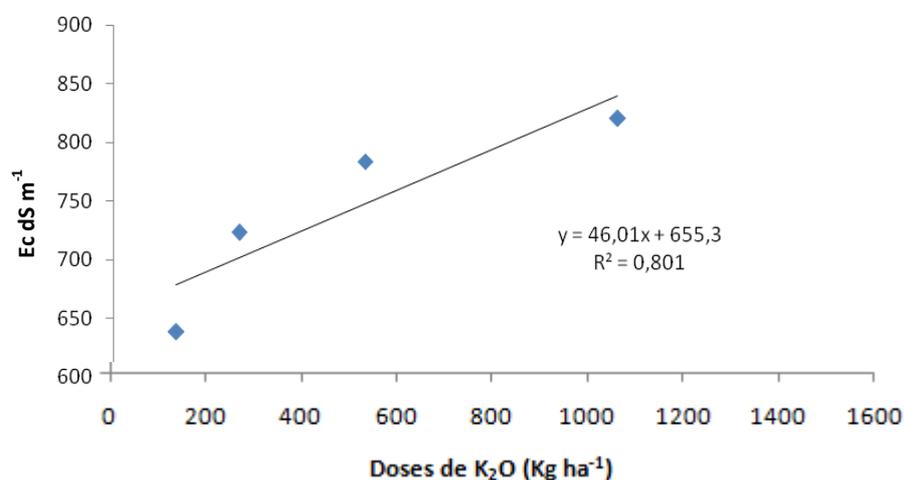


Figura 28. Relação entre a condutividade elétrica níveis da concentração de K₂O na solução da solução e os diferentes níveis de níveis da aplicação de Potássio, via fertirrigação.

As Figuras 29 e 30 mostram a distribuição temporal do teor de potássio e os valores da condutividade elétrica na solução do solo, corrigida para o valor equivalente do extrato saturado do solo, na profundidade de 20 cm. De uma forma geral, os resultados obtidos com a análise da concentração de potássio na solução do solo indicam que os tratamentos aplicados afetaram o comportamento da concentração do elemento de forma semelhante na distribuição temporal.

Na Figura 29, indica que existe um comportamento semelhante ao longo do experimento. Porém, destaca-se que a partir do mês de setembro de 2015 houve nítidos acréscimos nos níveis de potássio na solução do solo.

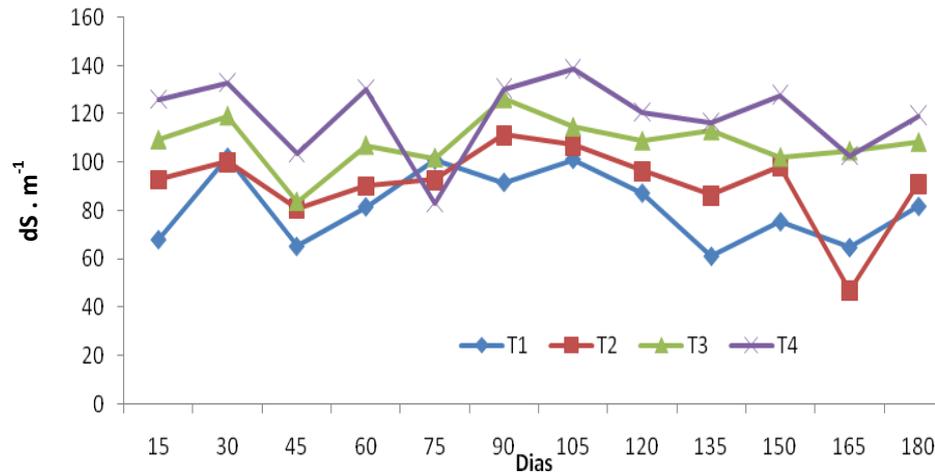


Figura 29. Variação da concentração de K_2O na solução, para a profundidade de 20 cm, no decorrer dos seis meses de aplicação da fertirrigação (safra 2015/2016), submetidos a crescentes doses de K_2O .

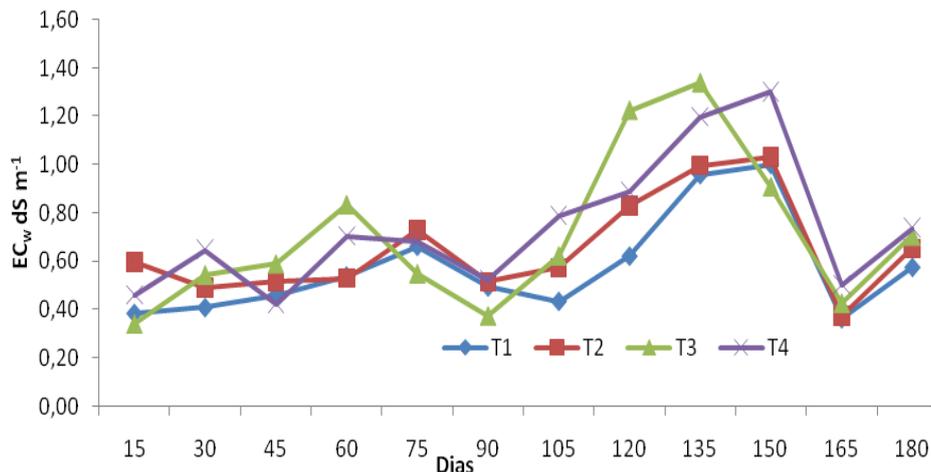


Figura 30. Variação da condutividade elétrica na solução do solo, para a camada de 20 cm decorrer dos seis meses de aplicação da fertirrigação (safra 2015/2016), submetidos a crescentes doses de K_2O .

6.6. Produtividade do café conilon

As colheitas foram realizadas durante o mês de julho, nos anos de 2015 e 2016. A tabela 21 apresenta a análise de variância para a produtividade de grãos de café maduro, em coco, beneficiado e rendimento de produtividade (sacas por ha) da primeira produção (safra 2014/2015). Houve diferenças significativas para todos os parâmetros em relação às doses aplicadas de potássio. Aponta também, um aumento no peso das amostras de acordo com as doses progressivas do fertilizante, e significativa correlação quadrática da

curva, ou seja, a tendência de maior produção para os tratamentos que receberam as maiores doses de K_2O , observados nas figuras 31 (A), (B), (C) e (D).

Tabela 21. Valores médios dos pesos em $Kg\ planta^{-1}$ do café maduro, coco e beneficiado. Primeiro ano.

FV	GL	Estatística F			
		Maduros	Coco	Beneficiado	Sacas ha^{-1}
Blocos	7	1.2543 ns	1.0899 ns	1.0899 ns	1.2790 ns
Tratamentos	4	12.0197 **	8.9709 **	8.9709 **	9.3415 **
Resíduo	28	-	-	-	-
CV (%)	-	13.10	15.08	15.08	14.75
TESTE TUKEY					
Tratamentos	Peso de café ($Kg\ planta^{-1}$)				
	Maduros	Coco	Beneficiado	Sacas ha^{-1}	
T1 - 170 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	7.83 c	3.46 c	1.76 c	66 c	
T2 - 340 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	8.16 bc	3.56 bc	1.82 bc	68 bc	
T3 - 680 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	9.77 ab	4.38 ab	2.24 ab	85 ab	
T1 - 1360 $Kg\ ha^{-1}$ K_2O , fert.	10.70 a	4.64 a	2.37 a	90 a	
T5 - 340 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , conv.	7.37 c	3.24 c	1.65 c	61 c	

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

A produtividade de sacas por hectare alcançada no experimento foi elevada, em torno de 90 sacas ha^{-1} no tratamento que recebeu a maior dose (400% acima da dose recomendada de K_2O , via fertirrigação), ou seja, 29 sacas acima da produtividade do tratamento não fertirrigado. Esses resultados são importantes para a região, pois deve ser levado em conta que se trata da primeira produção “comercial” da lavoura do experimento (3 anos de idade), e também considerando a média de produtividade do estado de Rondônia, no mesmo ano de 2015 que foi de 20 sc ha^{-1} . Comparando os tratamentos onde foram aplicadas as doses recomendadas via fertirrigação e via adubação convencional nota-se que não houve diferença estatística, talvez devido aos elevados índices pluviométricos do Estado.

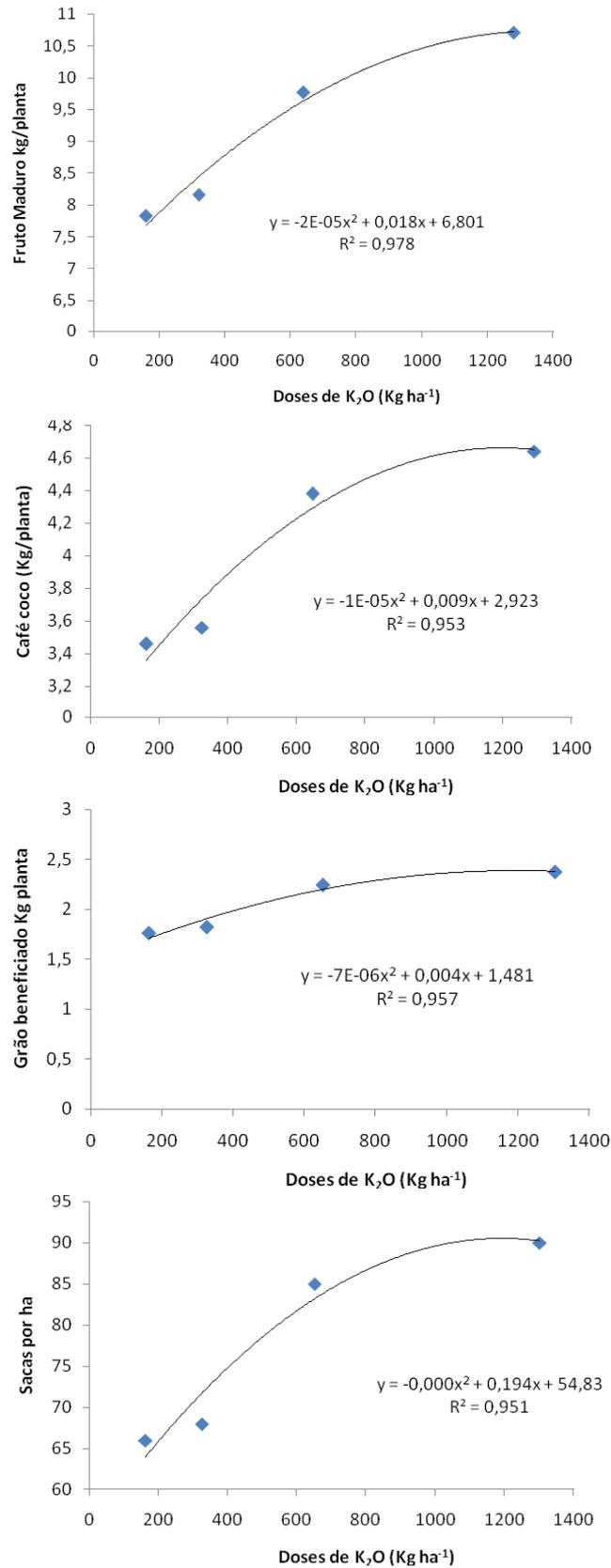


Figura 31. Estimativa polimoniais para cafés, maduro, coco, beneficiado e para a produtividade em função dos tratamentos com diferentes doses de Potássio fertirrigados.

Analisando a segunda produção, de acordo com a análise de variância apresentada na tabela 22, referente aos parâmetros de produtividade verifica-se que houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Entretanto, não houve efeitos de correlações positivas entre as doses aplicadas e as variáveis analisadas, pesos dos cafés, maduros, coco e beneficiado.

O tratamento que recebeu a maior dose (T4), novamente foi superior ao demais, em termos de produtividade de sacas por ha, em torno de 91 sacas beneficiadas, reforçando a vantagem da fertirrigação de estabilizar as produções, diminuindo o efeito da bienalidade, tão conhecida na cultura do café.

Nota-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos que receberam a dose recomendada de K_2O , via fertirrigação e adubação convencional irrigado, repetindo o comportamento do ano anterior. A Figura 32 mostra as médias das produtividades de todos os tratamentos nos dois anos de produção. Constata-se que, praticamente, não houve o efeito da bienalidade, para a maioria dos tratamentos.

Tabela 22. Valores médios dos pesos em $Kg\ planta^{-1}$ do café maduro, coco e beneficiado. Segundo ano.

FV	GL	Estatística F			
		Maduros	Coco	Beneficiado	Sacas ha^{-1}
Blocos	7	2.15 ns	2.15 ns	2.15 ns	2.15 ns
Tratamentos	4	6.13 **	6.13 **	6.13**	6.13 **
Resíduo	28	-	-	-	-
CV (%)	-	14.23	14.23	14.23	14.23

Tratamentos	Peso de café ($Kg\ planta^{-1}$)			
	Maduros	Coco	Beneficiado	Sacas ha^{-1}
T1 - 200 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	10.54 ab	4.22 ab	2.24 ab	83 ab
T2 - 400 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	8.37 bc	3.35 bc	1.77 bc	66 bc
T3 - 800 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , fert.	9.80 abc	3.92 abc	2.07 abc	77 abc
T1 - 1600 $Kg\ ha^{-1}$ K_2O , fert.	11.60 a	4.63 a	2.46 a	91 a
T5 - 400 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O , conv.	7.37 c	2.95 c	1.56 c	58 c

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

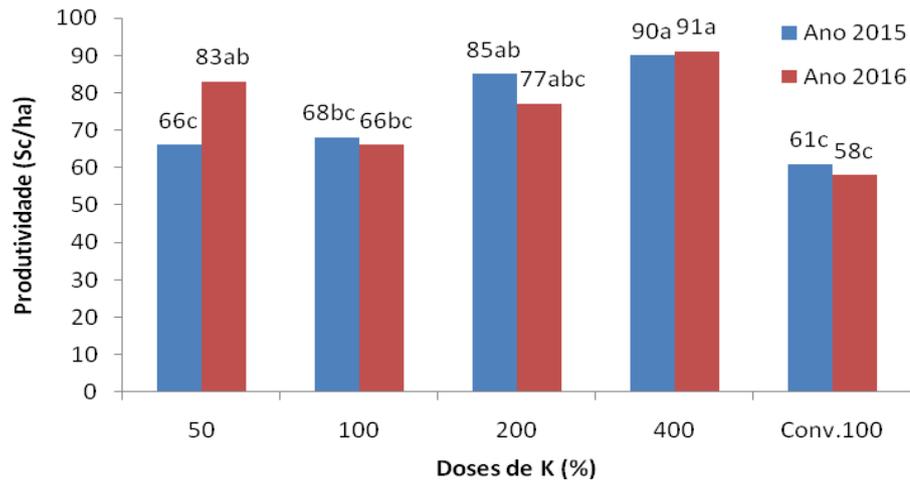


Figura 32. Comparação entre as médias das produtividades (sacas por ha), dos tratamentos submetidos a crescentes doses de K₂O, para os dois anos de pesquisa.

7. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, para as condições do presente estudo conclui-se que:

Houve influência dos níveis diferenciados da adubação potássica, aplicadas via fertirrigação, na absorção de nutrientes pelo de café conilon (*Coffea canephora*) em produção, bem como houve efeito do tipo de manejo da aplicação de fertilizantes nos atributos químicos do solo e no acúmulo dos elementos nos tecidos foliares das plantas.

As crescentes doses de potássio melhoram os níveis do elemento no solo e na solução do solo, aumentando sua disponibilidade para as plantas, o que refletiu diretamente nas respostas lineares positivas nos tecidos foliares e na produtividade do café conilon.

Os teores foliares encontrados foram muito altos comparados a faixa considerada adequada, o que indica uma eficiente absorção do café conilon. O tratamento fertirrigado que recebeu 400% da dose recomendada obteve, em média, a produtividade de 90 sacas de café beneficiado por hectare. No entanto, as doses elevadas de adubação com potássio causaram desequilíbrio entre as cargas elétricas do solo, o que ocasionaram a diminuição dos teores do Ca e Mg no solo e na planta.

De modo geral, ocorreu uma redução nos nível do pH, um patamar mais agravante para os tratamentos fertirrigados comparados ao tratamento convencional.

Os parâmetros de crescimento da planta, como o número dos ramos plagiotrópicos, de rosetas e de folhas também apresentaram repostas significantes.

Os valores da condutividade elétrica não indicaram tendências a problemas de salinização do solo, devido ao uso da fertirrigação. Porém, nas doses mais elevadas dos tratamentos fertirrigados, houve aumento significativo da CE. Dessa forma, o

acompanhamento desse parâmetro torna-se essencial, como forma preventiva, para o uso da prática da fertirrigação durante os anos do cultivo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC – **Associação Brasileira da Indústria de Café** (2013) <http://www.abic.com.br> em 19/02/2013. Página mantida pela ABIC.

AGUIAR, A. T. da E. **Descritores para caracterização de cultivares e linhagens de café tipo arábica**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M.(1998) **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

ALVES, M. E. B. et al. **Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.

AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio**. 1991. 139 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. **Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência**

estomática e fotossíntese. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

AMARAL, J.A.T.do et al. **Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros conilon propagados por estacas em tubetes.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1624-1629, 2007.

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos. (2009) Disponível em: <<http://www.anda.org.br/home.aspx>>. Acessado em: 16 de fevereiro de 2009.

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 DE CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. Anais... Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000. p. 823-826.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D.L. (Ed.). Advances in Agronomy. New York: Academic Press, 1999. p.1-77.

BARBOSA FILHO, M. P. Adubação potássica. In:_____. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 64-66.

BARROS, R. S., MOTA, J. W. S., DAMATTA, F. M., MAESTRI, M. (1997). **Decline of vegetative growth in Coffea arabica L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance.** Field Crops Research, 54: 65-72.

BASTOS, C.E. de R. **Avaliação do desenvolvimento de variedades, cultivares e progênies de cafeeiro (Coffea arabica L.) submetidos a diferentes doses de potássio no substrato.** Lavras: ESAL, 1994. 80p. Dissertação Mestrado.

BELING, R. R. **Anuário brasileiro do café 2005.** Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2005. 88 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas).** 2. ed Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BERNARDO S; SOARES AA; MANTOVANI EC. 2007. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa MG: UFV. 625p.

BERTHAUD, J. L. **Incompatibilit e chez Coffea canephora**. In: FERRÃO, M. A. G. et al. (Orgs.). *Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de Coffea canephora*. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

BHELLA, H.S., WILCOX, G.E. (1986) **Yeld and composition of muskmelon as influenced by replant and trickle applied nitrogen**. HortScience, v. 21, p, 86-88.

BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. **Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures**. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V. C.; MUR-RMANN, R. P. (eds.). *Plant-soil interactions at low pH*. Beckley: Kluwer Academic Publishers, 1990. p.169-179.

BONOMO, D, Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. **Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irriga o**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.7, n.2, p.157- - 169, 2013.

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (Coffea canephora Pierre)**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. **Nutri o do cafeeiro Conilon**. In: FERRÃO, G. F. et al (Orgs.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

BRAGANÇA, S.M.et al. **Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 05, p. 765-770, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário Estatístico da Agroenergia 2012** - Secretaria de Produ o e Agroenergia. Brasília 2015, 282 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento do Café – DCAF. 2015.

BUSATO, C.; REIS E. F.; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. **Lâminas de irriga o aplicadas ao café Conilon na fase inicial de desenvolvimento**. Revista Ceres, Viçosa, MG, v.54, n.314, p.351-357, 2007.

CAFÉ E MERCADO In: **Consumo mundial de café segue tendência de alta** (17/10/2008) Disponível em www.cafeemercado.com.br/inc/peganoticia.php?id=1417
Acesso em 08/12/2015

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

CAMARGO, F. T. de et al. **Crescimento e maturação do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em um sistema arborizado e em monocultivo**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. Anais... Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

CARVALHO, A. **Evolução nos cultivares de Café**. 4, Campinas, v.37, p.7-11, 1985.

CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.

CARVALHO, C. M. de, ELOI, W. M., LIMA, S. C. R. V., PEREIRA, J. M. G. **Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba**. Irriga, Botucatu, v.11, p.36 - 46, 2006.

CARVALHO, C.H.M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; MORAIS, A.R. de. **Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.30, n.2, p.243-250, 2006.

CARVALHO, C.H.S.; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. **Relação entre a produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e seca de ramos do 'Catimor' (*Coffea arabica* L.)**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V.28, n.6, p.665-673, 1993.

CECAFÉ (Conselho dos Exportadores de café do Brasil). Disponível em: <http://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/exportacoes-brasileiras/>. Acessado em: 2015.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Botanical classification of coffee**. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Eds.). *Coffee: agronomy*. London: Elsevier, 1998. p. 167-195.

CIETTO, S.; HAAG, H.P., DECHEN, A.R. **Acumulação de matéria seca, absorção de N P e K pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado**. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.48, p.245-268, 1991.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; COSTA, E. L. **Uso regulado do déficit de irrigação nas fases de crescimento de frutos de lima ácida Tahiti irrigado por gotejamento**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2006. 1 CD-ROM.

COELHO, A. M. **Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos**. Item, Brasília, n. 58, 2003, p. 44- 54.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; NASCIMENTO JUNIOR, A. L. **Molhamento parcial do sistema radicular do limoeiro em condições semi-áridas do Norte de Minas**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 19., 2009, Montes Claros. Anais... Montes Claros: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2009. 1 CD-ROM.

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

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.400-408, 2005.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. 2001. **Citoquininas.** In: Coll, J. B.; Rodrigo, G. N.; Garcia, B. S. & Tames, R. S. (Eds). Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid, España, p.342-355

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira, café safra 2015, quarto levantamento.** Brasília: MAPA/CONAB, dezembro, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café. Safra 2015, **Primeiro Levantamento**, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

CONILON Brasil 2011. Disponível em: <<http://www.conilonbrasil.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

COSTA, A.N.; BRAGANÇA, S.M. **Normas de referência para o uso do DRIS na avaliação do Estado Nutricional do café Conilon.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 22., Águas de Lindóia-SP, 1996. Anais... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1996. p.103-104.

COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994. 315p.

COSTA, E. L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento em cafezal e sua influencia nas características químicas do solo.** 2005. 100p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005

CULLEN, P. **The journey to sustainable irrigation.** In: IRRIGATION ASSOCIATION OF AUSTRALIA ANNUAL CONFERENCE, 2004, Adelaide.

Proceedings... Sydney: Irrigation Association of Australia, 2004. Disponível em: . Acesso em: 21 nov. 2010.

DADALTO, G.G., BARBOSA, C.A. **Macrozoneamento agroecológico**. In: COSTA, E.B. coord. Manual Técnico para a cultura do café no Estado do espírito Santo. Vitória, ES: SEAG-ES, 1995. P. 11 – 14.

DAMATTA, F.M.et al. **Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.19, n.4, p.485-510. 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Sumário mineral 2010. Disponível em: . Acesso em: 15 nov. 2011.

ECCARDI, F., SANDALJ, V. (2002). **Coffee** – a celebration of diversity. Sandalj Eccardi Company: Trieste, Italy, 228p.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. [Home page]. Disponível em: . Acesso em: 18 fev. 2016

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo: **Manual de Métodos de Análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [https://<www.embrapa.br>](https://www.embrapa.br) . Acesso em: 5 mar. 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 401 p.

ESTADOS UNIDOS. **Department of Agriculture**. USDA.gov - United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications>>. Acesso em: 19 jan. 2015

FARIA, M. A. de et al. **Influência das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (Cof ea arábica L.): 1a colheita**. In: SIMPÓSIO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. Resumos expandidos... Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 11-14.

FAVARIN, J. L. **A cultura do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 45 p.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D. GARCIA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. **Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FAZUOLI, L. C. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. In: RENA, A. B. et al.(Ed.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba : Potafos, p.87-106,1986.

FAZUOLI, L. C.; SILVAROLLA, M. B.; CAMARGO, C. E. de O.; POMMER, C. V.; CHIAVEGATO, E. J.; DALL'ORTO, F. A. C.; NAGAI, H.; GODOY, I. J.; VEIGA, R. F. A. **Descritores mínimos para o registro institucional de cultivares: Café**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1994. (Documentos IAC, 46).

FEIGIN, A.; LETEY, J.; JARREL, W.M. **Nitrogen utilization efficiency by drip irrigated celery receiving or water applied N fertilizer**. Agronomy Journal, Madison, v.72, p.978-983, 1982.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; LESSI, R.; YAMADA, A.; SILVA, V. A. **Efeito do déficit hídrico e do uso de granulados de solo para recuperação de lavouras irrigadas por sistema de gotejamento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. Anais... Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 97-99.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, C.R. **Efeito do posicionamento de gotejadores no perfil do solo em diferentes profundidades e distanciamentos dos cafeeiros**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, 2001, Araguari. Anais... Uberlândia: UFU, 2001, p.15-19.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476p.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FILHO, A. C. V.; VOLPI, P. S. **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de Coffea canephora**. In: FERRÃO, R. G. et al. Café conilon. Vitória, E.S.: Incaper, p.66-91, 2007a.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; PACOVA, B. E. V. **Melhoramento genético do Coffea canephora**. In: FERRÃO, R.G. et al. (Ed.). Café Conilon. Espírito Santo: Incaper, p.121-173, 2007 b.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F.. **Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Circular Técnica, 03-I, Vitória, ES:Incaper, p.60, 2004.

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA M. A. de; SILVA, E. L. da. **Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2006.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: **hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. João Pessoa: UFPB, 1994. 344 p.

GREENWELL, B. **Canadian minerals yearbook: general review**. Disponível em: . Acesso em: 15 nov. 2011

GUARÇONI, A. M., BRAGANÇA, S. M., LANI, J. A. (2005) **Modificações nas características da fertilidade do solo causadas pelo plantio adensado do café conilon**. Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 31., 2005, Anais. Guarapari, ES: MAPA, p. 208 – 209.

GUIMARÃES, P.T.G. **Respostas do cafeeiro (Coffea arabica L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas**

Gerais. 1986. 140p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GUIMARÃES, R.J.; SCALCO, M.S.; COLOMBO, A.; ASSIS, G.A.; CARVALHO, G.R.; ALEXANDRE, L.P.B. **Adubação para primeiro ano pós plantio (N e K²O) de cafeeiros fertirrigados na região sul de Minas Gerais.** Coffee Science, v.5, p.137-147, 2010.

GUIMARÃES, T. G. et al. **Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com as formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo.** Bragantia, v. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.

HAVLIN, J.L., J.D. Beaton, S.L.Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. **Soil Fertility and Fertilizers.** 6th Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 499 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados Agregados - Sistema de Recuperação Automática - SIDRA.** Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 abril 2009.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA).** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/>. Acesso junho de 2015.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Historical data. Disponível em: <http://www.ico.org/new_historical.asp>. Acesso em: 20 nov. 2015.

KAFIKAFI, U., BAR-YOSEF, B. (1980) **Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in highly calcareous soils.** Agronomy Journal, v.72, p.893-897.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Avibook, 1990. 649p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Ceres, 1979. 262p

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; RIBEIRO, R. C. C. **Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio**. Breve síntese conceitual. In: LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 149-165.

LAURINDO, V. T. **Interferência da fertirrigação, de lâminas e modos de aplicação localizada de água nos atributos químicos do solo e na produtividade da laranja Valência**. 2005. Tese Dissertação (de Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2005.

LEITE JÚNIOR, J.B. **Fertirrigação por gotejamento e seu efeito na cultura do café em formação**. 2003. 108 f. Dissertação (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

LIDE, D. R. **Handbook of chemistry and physics**. New York: CRC Press, 1994. 2608 p.

LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E. **Studies on the mineral nutrition of the coffee plant (*Coffea arabica* L. cv. *Catuai Vermelho*)**. LXIV. Remobilization and reutilization of nitrogen and potassium by normal and deficient plants. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 63, n. 3, p. 81-490, 2003.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 44-79, 104-218.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. In: _____. *Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas*. São Paulo: Pioneira, 1974. p. 203-255.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 500 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição Mineral e Adubação do Cafeeiro: Colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 200 p. MALAVOLTA,

E. Importância da adubação na qualidade dos produtos: funções dos nutrientes na planta. São Paulo: Cood. Ícone, 1994. 437 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, Adubação e calagem para o cafeeiro.** In: **RENA, A. B. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas da Potassa e do Fosfato, 1986. 447p.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach.** 2nd ed. New York: John &Wiley, 1995. 414p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro.** In: RENA, A. B.;

MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1986b. p. 136-274.

MALAVOLTA, E. **Potássio: absorção, transporte e redistribuição na planta.** In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFÓS, 2005, p. 179-238.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 308 p.

MALTA, M. M. Brasil: **Novo produtor de café robusta.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO CAFÉ ROBUSTA, 1., Vitória, ES. Anais... Vitória: SEAG, 1986, p. 19-28.

MANTOVANI, E. C. **A irrigação do cafeeiro.** In: ZAMBOLIM, L. Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: UFV, 2000a. p. 263-292.

MANTOVANI, E. C. **A irrigação do cafeeiro.** ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n. 48, p. 50-55, 2000.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** Viçosa: UFV, 2007. 318p.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. F.; COSTA, J. N. M.; JÚNIOR, J. R. V.; OLIVEIRA, S. J. M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros conilon e Robusta para Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, p.61, 2009. Disponível em:< http://www.cpafrro.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/sp33_cafe.pdf> Acesso em: 23 fev 2015

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e **Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. In: SOUSA, V. F. de; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças; São Luís: Embrapa Cocais; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 721-738.

MARSCHNER, H. **Nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTIN, P. **Long-distance transport and distribution of potassium in crop plants**. In: INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE. Methods of K-research in plants. Proceedings of the 21st Colloquium, Louvain-la-Neuve, 1989. Bern, 1989. p. 83-100.

MATIELLO, J. B. **Novas observações sobre os efeitos hídricos no pegamento da florada de cafeeiros**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFFÉIRA, 21., Caxambu, 1995 Anais... Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998 (CD-ROM Jubileu de Prata).

MATIELLO, J. B., GARCIA, A. W. R., Almeida, S. R. (2009) **Como formar cafezais produtivos**. 1. ed. Varginha: Fundação Procafé, 150p.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, F. A. S. **Desenvolvimento do cafeeiro e do sistema radicular com e sem irrigação em Brejão (PE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas. Resumos... MAA/PROCAFÉ, 1987. p. 165.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo Manual de Recomendações. Rio de Janeiro-RJ e Varginha-MG: MAPA/PROCAFÉ Fundação PROCAFÉ, 2005. 438 p.**

MATTIELLO, E. M. et al. **Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por Coffea canephora e Coffea arábica sob influência da atividade do alumínio em solução.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 1, p. 425-434, 2008.

MAURI, R.: **Adubação do café conilon irrigado por gotejamentofertirrigação x fertilizantes de eficiência aprimorada.** 2016. 94 p. Tese (Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C., MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais.** In: LAPIDOLOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 385-395.

MIRANDA, W.L.; GUIMARÃES, R.J.; MAGALHÃES, P.B.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, P.M. de. **Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.1618-1624, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001200006.

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 CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. Anais... Caxambu: MAPA/PROCAFE, 2002. p.143-144.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. **O potássio na agricultura brasileira: fontes e rotas alternativas.** In: LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 305-335.

NAZARENO, R. B., OLIVEIRA, C. Um S., SANZONOWICZ, C., SAMPAIO, J. B. R., SILVA, J. C. P., GUERRA, Um F. (2003). **Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em respostas a doses de nitrogênio fósforo e potássio e a regime hídricos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38: 903-910.

NEIVA, L. C. S. **Influência do potássio sobre a economia de água de quatro cultivares de arroz submetidos a déficit hídrico.** 1977. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1977.

NOGUEIRA, L. C.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRA, L. R. Q.; SANTANA, C. E.; GORNAT, B. **Efeito de sistemas de irrigação localizada na cultura do maracujá em solo de tabuleiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: SBF, 1998. p. 575.

OIC - Organização Internacional do Café. Disponível em: <www.ico.org/coffee/statistics>. Acesso em dez. de 2015.

OLIVEIRA, J. A.; PEREIRA, J. E. **Efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação e produção do cafeeiro em LVHd.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1987. p. 133-136.

OLIVEIRA, S.J.M.; ARAUJO, L.V. **Aspectos econômicos da cafeicultura.** In: MARCOLAN, A. L, ESPINDULA, M. C, (Ed.). Café na Amazônia – Brasília, DF: Embrapa, 2015. p.27-38.

PAPADOPOULOS, I. **Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, FOLEGATTI, Marcos Vinicius (Coord). cap. 1, p. 11- 74, 1999.

PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., DETMANN, E., CAMPOSTRINI, E. **Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha.** Revista Ceres, v.53, 204-210, 2006.

PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., SILVA; M. G. RAMALHO, J. C. **Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree.** Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

PEREIRA, J. E.; BRAGANÇA, J. B.; PAULINO, A. J. **Modo e frequência de aplicação de fósforo na formação do cafeeiro.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 7. Araxá, 1979. Resumos p. 306 - 307.

PEZZOPANE, J. R. M.et al. **Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.

PIMENTEL, C. **Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2021- 2027, 1999.

PINTO, J.M., SOARES, J.M., CHOUDHURY, E.N., et al. (1993) **Adubação via água de irrigação na cultura do melão.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 28, n. 11, p. 1263-1268.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação.** Vitória, ES: SEEA; INCAPER;CEDAGRO, 2007. 305 p.

PREZOTTI, L. C. **Fertilização do cafeeiro**. In: ZAMBOLIM, L. Tecnologias de Produção de Café com Qualidade. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.607-646.

RAIJ, B. V. et al. **Análises químicas para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC/FUNDAG, 2001, 285 p.

RAIJ, B. V. **Fertilização e Desenvolvimento Sustentável**. In: ZAMBOLIM, L. Boas Práticas Agrícolas na Produção de Café. Viçosa: UFV-DEP, 2006. p.62-66.

RAIJ, B. V. **O Uso de Fertilizantes Minerais para Café no Brasil**. In: ZAMBOLIM, L. Boas Práticas Agrícolas na Produção de Café. Viçosa: UFV-DEP, 2006. p.66-69.

RAIJ, B. V.; ROSAND, P. C.; LOBATO, E. Adubação Fosfatada no Brasil – **Apreciação geral, conclusões e recomendações**. In: OLIVEIRA, A. J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. Adubação Fosfatada no Brasil. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.9-28.

RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

REIS JR., R.A. & MARTINEZ, H.E.P. **Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por variedades de cafeeiro**. Sci. Agric., 59:537-542, 2002.

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

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Fisiologia do 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, 1986. p. 14-85.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Ecofisiologia do cafeeiro**. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Eds.) *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Potafos, 1987, p. 119-147.

REZENDE, R.; HELBER JÚNIOR, C.; SOUZA, R.S. de; ANTUNES, F.M.; FRIZZONE, J.A. **Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação**. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.447-458, 2010. DOI: 10.1590/S0100-69162010000300009.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. **Aspectos fisiológicos do café conilon**. In: FERRÃO, G. F. et al. (Orgs.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

RONDÔNIA. Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental. *Atlas Ambiental 2002*. Disponível em: < <http://www.sedam.ro.gov.br> >. Acesso em: 10 abr. 2013.

ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, S. J. M.; ARAÚJO, L. V.; ARAÚJO, T. G. **Aspectos econômicos, de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia**. Porto Velho, RO: Sebrae: Embrapa Rondônia: Emater. 2012. 70 p.

SANTINATO, R. **Avanços de tecnologia na cultura do café**. In: SANTOS, C.M. **Irrigação da cafeicultura no Cerrado: palestras**. Uberlândia: UFU, 2001, p.79-82.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. São Paulo: ARBORE, sd. 46 p. SOUSA, V. F. Manejo de água e nutrientes em cultivos intensivos. In: SIMPÓSIO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., Separata. Vitória: SEEA, 2000. 54 p.

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

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

SANTINATO, R.; GONZAGA, A.; NEVES, C.P.; SENNA, C.A.; SILVA, A.A. **Modo de adubação NK no cafeeiro irrigado por gotejamento em região com déficit hídrico limitante à cultura de Coffea arabica: fase de formação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15, 1989, Maringá. Trabalhos apresentados...Brasília: IBC, 1989. p.225-227.

SANTINATO, R.; OLIVEIRA, L. H.; PEREIRA, E. M. **Efeitos do uso de salitre de potássio como fonte de nitrogênio e potássio na adubação química do cafeeiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. Anais... São Paulo: SDR; PROCAFÉ; EMBRAPA; DENAC; CATI, 1996. p. 180-184.

SANTINATO, R.; SILVA, O. A.; FIGUEIREDO, J. P.; CARVALHO, C. H. S.; BARROS, U. W. **Estudo do crescimento, composição química e deficiência do cafeeiro cultivado em solo de cerrado – LVE**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8. Campos do Jordão, 1980. Resumos p. 428-437.

SCALCO, M.; ALVARENGA, L.; GUIMARÃES, R.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. **Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (Coffea arabica L.) em plantio superadensado**. Coffee Science, Lavras, v.6, n.3, p.193-202, 2011.

SCHERER EE. **Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo húmico de Santa Catarina**. Rev Bras Cienc Solo. 1998;22:57-62. doi:10.1590/S0100-06831998000100008

SEDAM. **Meteorologia: Boletins climatológicos**. Anuais 2012b. Disponível em: < <http://www.sedam.ro.gov.br> >. Acesso em: 10 abr. 2016.

SILVA, A. L. et al. **Viabilidade do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (Coffea arabica L.)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari. Resumos expandidos... Uberlândia: UFU, 2003. p. 25- 29.

SILVA, E. A.; DAMATTA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. **Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees.** Field Crops Research, Amsterdam, v. 89, n. 2-3, p. 349-357, 2004.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; ARRÉ, T. J.; JUAN, R. S.; OLIVEIRA, E. **Avaliação da colheita mecanizada do café com uso do ethephon,** Coffee Science, Lavras, v.1, n.1, p.1-6, 2006

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. Proceedings... Reno, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1 CD-ROM

SILVA, J. G. F. da; REIS, E. F. dos. **Irrigação do cafeeiro conilon.** In: FERRÃO, G. F. et al (Orgs.). Café Conilon. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

SILVA, V.A.et al. **Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.45, n.5, p.457-464, 2010.

SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S. **Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conilon.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. Trabalho apresentados... Águas de Lindóia: SDR/Procafé/Embrapa, 1996. p. 99-100.

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

SOARES, A.R.; MUDRIK, A.S.; SILVA, T.C.; MANTOVANI, E.C. **Estudo sobre a utilização de distintas fontes de nitrogênio e potássio na produtividade dos cafeeiros irrigados e fertirrigados (resultado de três colheitas)**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 3, 2003, Porto Seguro. Anais. Porto Seguro: Embrapa-Café, 2003. Cd Rom.

SOARES, A.R.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A.A.; BONOMO, R. **Estudo comparativo de fontes de nitrogênio e potássio empregados na fertirrigação do cafeeiro**. Anais do I Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil. Poços de CaldasMG. 2000. 149p

SOBRAL, L. F.; NOGUEIRA, L. C. **Influência de nitrogênio e potássio via fertirrigação, em atributos do solo, níveis críticos foliares e produção do coqueiro-anão**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 32, p. 1675-1682, 2008.

SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; CARVALHO, J.G. **Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.9-16, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000100002.

SOUSA, D. M. G. e LOBATO, G. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p

SOUSA, E. F. **Estimating the total leaf area of the green dwarf coconut tree (Coccus nucifera L.)**. Scientia Agricola, v.62, n.6, p.597-600, 2005.

SOUZA, V.F. de, SOUZA, A.P. (1998) **Efeito da frequência de aplicação de N e K por gotejamento na cultura do meloeiro (Cucumis melo L.)**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.17, n.3, p.36-45.

SOUZA, F. de F. SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. dos. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 22p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 93.).

SOUZA, J. L. M. de. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 p. Dissertação (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

SOUZA, S. P. de; CAIXETA, J. V. M. **Resposta do Cafeeiro Mundo Novo à aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2. Poços de Caldas, 1974. Resumos p. 276.

SOUZA, T. R. **Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 501-505, 2006.

SOUZA, T. R. et al. **Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas de cítricas fertirrigadas**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.33, n.3, p.993-1003, set. 2011.

SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2005. **Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira**, baseado em APG II. Plantarum, Nova Odessa.

SPARKS, D. L. **Bioavailability of soil potassium**. In: SUMNER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 38- 53.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p

TEMÓTEO, Amansleone da Silva. **Cultivares de café Conilon (Coffea Canephora) sob estresse salino-hídrico**. 2012. xii, 117 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/103404>>. Acesso em: 23 set 2015

TEODORO, R. E. F. et al. **Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro cultivado em região do cerrado**. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. Resumos expandidos... Uberlândia: UFU, 2005. p. 85-88.

TESSLER, M. **Irrigação por gotejamento, uma revolução na produção de café.** Agriannual 2002: anuário da agricultura brasileira, São Paulo, p. 220-224, 2002.

TISDALE, S.M.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. & HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers.** 5.ed. New York, Macmillan Publishing Company, 1993. 634p.

TOMAZ, M.A.; SAKIYAMA, N.S.; DAMATTA, F.M.; MARTINEZ, H.E.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.A. **Efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, área foliar e superfície de raiz de mudas de Coffea arabica L.** Revista Ceres, v.53, p.237-242, 2006.

TOMAZ, M.A.; SILVA, S.R.; SAKIYAMA, N.S. & MARTINEZ, H.E.P. **Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de Coffea arabica.** R. Bras. Ci. Solo, 27:885-892, 2003.

VAN GENUCHTEN, M.T. **Aclosed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** Soil Science Society of America Journal, v.44, p.892-898, 1980. DOI: 10.2136/sssaj1980 .03615995004400050002x.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. **Fertilizantes em fertirrigação.** In: FOLEGATTI, M.V. (coord.). WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 1, 1999. Piracicaba. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: ed. Agropecuária, 1999, p 293-320.

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. 111 p.