

4.3 - FERTIRRIGAÇÃO PARA CAFEIRO

Leandro José Grava de Godoy

*Eng.º. Agr.º. M. Sc. Doutorando em Agronomia/Agricultura
Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu.*

Roberto Lyra Villas Bôas

*Prof. Adjunto do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo -
Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu.*

1. INTRODUÇÃO

Hoje a aplicação de fertilizantes dissolvidos na água de irrigação técnica conhecida como fertirrigação já é uma realidade entre os produtores de diversas culturas como pimentão, tomate, alface, laranja, milho, feijão, café e outras. Como toda técnica, esta evoluiu com o tempo a partir da exigência dos produtores que a utilizam e se particularizando para se adequar à nutrição mineral e a ecofisiologia de cada cultura.

A cultura do café no Brasil ocupa grandes áreas com déficit hídrico o que obriga a utilização da irrigação para que se consiga alcançar altas produtividades e tornar lucrativo o cultivo nessas áreas. Com um sistema de irrigação aplicando água uniformemente no cafezal bastam algumas adaptações como a instalação de um injetor de fertilizantes e seus componentes para a adoção da fertirrigação.

A fertirrigação permite, que quantidades de fertilizantes dosadas de acordo com a demanda da planta, possam ser aplicadas já dissolvidas e incorporadas (através da lâmina de irrigação) em qualquer estágio fenológico da cultura, de maneira uniforme na área e com a mínima utilização de mão-de-obra. Para tanto é necessário que se conheça a demanda de nutrientes pela planta e suas variações de acordo com as condições edafoclimáticas, cultivares, sistema de produção e outros.

Este trabalho tratará da fertirrigação aplicada especificamente na cafeicultura brasileira buscando ressaltar aspectos fisiológicos e morfológicos do cafeeiro relacionados com a utilização da fertirrigação e portanto, não serão tratados

assuntos gerais como qualidade de água, fertilizantes utilizados em fertirrigação, vantagens e desvantagens do uso da fertirrigação e outros aspectos que serão abordados em outros capítulos deste livro.

1.1 A cafeicultura brasileira no cenário mundial

Cerca de 70% dos cafeeiros plantados no mundo são da espécie *Coffea arabica* L., localizados principalmente nas Américas do Sul e Central, e o restante é da espécie *Coffea canephora* Pierre conhecido como café robusta ou conillon que produz um café de qualidade inferior ao café arábica, produzido em países da Ásia, África e Brasil (Leite e Silva, 2000).

A América do Sul é o continente que mais produz café e o Brasil e a Colômbia juntos produziram aproximadamente 40% do total mundial nas últimas décadas (Silva e Leite, 2000). O Brasil hoje produz quase todos os tipos de café demandados, em volume e qualidade, que satisfazem desde o microtorrefador até as grandes indústrias multinacionais. O crescimento do sistema de cereja descascado permitiu ao Brasil torna-se um fornecedor preferencial de matéria-prima para cafés expressos, forma de preparação de maior crescimento no mundo (Brando, 2003)

Com uma produção anual de 33,7 milhões de sacas beneficiadas (60 kg) em 2002 o Brasil é o maior produtor mundial de café seguido pelo Vietnã, Colômbia e Indonésia. Quando se considera apenas o café conillon o Brasil possui a segunda maior produção mundial (10,7 milhões de sacas beneficiadas), ficando atrás apenas do Vietnã (FNP, 2003). Mesmo sendo o maior produtor mundial de café arábica o Brasil não possui a maior produtividade média (14,7 sacas ha⁻¹) ficando atrás de países como a Costa Rica e Etiópia com produtividade média de 25,0 e 15,3 sacas ha⁻¹, respectivamente (Silva e Leite, 2000).

O café ocupa o segundo lugar na pauta de exportação do Brasil (Mendonça, 2001) situando o país entre os principais exportadores de café (arábica e conillon) com 24 milhões de sacas beneficiadas exportadas em 2001/02, seguido do Vietnã que surpreendeu a todos desbancando a tradicional cafeicultura colombiana. Outros países

podem ser citados como importantes exportadores de café como a Indonésia, México, Guatemala e Costa do Marfim (Marino, 2003).

Brasil e Colômbia além de serem grandes produtores também são grandes consumidores de café. No entanto, a maior parte do café produzido no Brasil é exportada para países como a Alemanha, os Estados Unidos (maior consumidor mundial de café) a Itália e o Japão. Países como a Dinamarca, Finlândia, Suécia e Noruega destacam-se pelo alto consumo médio per capita de 10 kg por ano contra os 4,0 e 3,4 kg no EUA e Brasil, respectivamente (Leite & Silva, 2000).

Tabela 1. Produção, consumo e exportação de alguns países na safra de 2001/2002.

País	Produção	Consumo	Exportação
	----- mil sacas beneficiadas de 60 kg -----		
Brasil	33.700	13.300	24.880
Vietnã	12.250	633	11.167
Colômbia	11.000	1.530	10.020
Indonésia	5.980	1.385	4.730
México	4.700	1.000	3.700
Guatemala	3.827	420	3.627

Fonte: adaptado do FNP Consultoria & Agroinformativos (2003).

1.2 A cafeicultura no Brasil

A cafeicultura no Brasil é a segunda atividade geradora de empregos e renda no campo e nas cidades situadas nas regiões produtoras (Mendonça, 2001). Embora responda por menos de 5% das divisas geradas o café sustenta de 250 a 300 mil produtores e emprega diretamente no setor um contingente de 3 milhões de trabalhadores rurais (Marino & Bredariol, 2003).

A técnica da irrigação aplicada à cultura do cafeeiro permitiu a viabilização agrônômica e econômica da cafeicultura em regiões consideradas marginais quanto ao déficit hídrico ocupando além das tradicionais áreas no Sul de Minas, Zona da Mata, São Paulo e Paraná, novas áreas no nordeste de Minas Gerais, leste de Goiás e Mato Grosso e Oeste Baiano (Santinato, 2001) regiões favorecidas pelas elevadas temperaturas que proporcionam ganhos de produtividade. Em algumas regiões o apoio governamental e o baixo preço da terra auxiliaram na ocupação dessas novas áreas. Na

Tabela 2 pode ser observada a distribuição da cafeicultura nacional com suas respectivas produtividades.

Tabela 2. Estimativa da área, produtividade e produção de café arábica e conillon das regiões produtoras brasileiras na safra de 2001/02.

Estado	Área ha	Produtividade	Produção sc 60 kg
		Média sc ha ⁻¹	
MINAS GERAIS	1.084.391	16,98	15.035.461
Sul e Oeste/Arábica	581.373	14,73	7.453.368
Cerrado e Alto Paranaíba / Arábica	167.716	22,69	3.263.989
Z. da Mata e Jequitinhonha/ Arábica	335.301	13,51	4.318.104
ESPIRITO SANTO	568.065	18,28	9.360.081
Arábica	---	---	1.872.016
Conillon	---	---	7.488.065
SAO PAULO/ Arábica	294.255	15,08	3.358.674
PARANÁ / Arábica	148.118	5,55	746.025
BAHIA	117.067	20,71	2.113.310
Arábica	---	---	1.373.651
Conillon	---	---	739.658
RONDÔNIA / Conillon	258.159	12,12	2.255.153
OUTROS	87.534	14,40	1.014.188
Arábica	---	---	517.236
Conillon	---	---	496.952
TOTAL	2.557.588	14,73	33.882.892
Arábica	---	---	22.903.063
Conillon	---	---	10.979.828

Fonte: FNP Consultoria & Agroinformativos (2003).

De acordo com Mantovani (2001) cerca de 200 mil dos 2,2 milhões de hectares da cafeicultura brasileira (2000/01) são irrigados o que representa aproximadamente 10% da área plantada com café e 8,7% da área irrigada no Brasil.

Além da irrigação, novas técnicas de plantio em alta densidade, avanços em nutrição e no combate a pragas e doenças, variedades de café arábica resistentes à ferrugem estão permitindo regiões produtoras atingirem produtividades médias de 30 sacas ha⁻¹ o que tem proporcionado o aumento da produtividade média nacional que poderá exceder 20 sacas ha⁻¹ em curto prazo (Brando, 2003).

O aumento na produtividade média do cafeeiro devido a adoção da fertirrigação pode ser de até 140% quando comparado com um cultivo não irrigado que recebe adubação em cobertura e de até 26% quando comparado a um cultivo irrigado (Tabela 3).

Tabela 3. Produção média de cafeeiros “Catuaí Vermelho” (em sacas beneficiada ha⁻¹) numa população de 5.357 plantas por hectare (3,5 x 0,8m) cultivado em um Latossolo Vermelho Amarelo no Cerrado Mineiro (Jaboticatubas, 1989).

Tratamentos	Primeira colheita		Segunda colheita		Terceira colheita		Média de três colheitas	
	Sacas beneficiadas ha ⁻¹ (% em relação à testemunha)							
A - Sem irrigação e 4 adubações em cobertura	35,75 b	(100)	8,02 b	(100)	43,77 b	(100)	29,18	(100)
B - Com irrigação e 4 adubações em cobertura	65,23 a	(182)	28,60 a	(357)	93,83 a	(214)	62,55	(214)
C - Com irrigação e 4 fertirrigações constantes	72,54 a	(202)	32,31 a	(402)	104,85 a	(239)	69,90	(240)
D - Com irrigação e fertirrigação constante	72,26 a	(210)	29,60 a	(369)	104,74 a	(239)	68,87	(236)
Teste de significância (F)	54,49**	-	15,51**	-	55,00**	-	-	-
DMS	9,67	-	12,24	-	15,82	-	-	-
CV %	9,66	-	29,14	-	11,13	-	-	-

Fonte: Santinato et al. (1989).

Além disso os custos com adubação na cultura do café no Brasil representam de acordo com a FNP Consultoria & Agroinformativos (2003) 60% dos custos com insumos e cerca de 27% do custo total de produção sendo importante a adoção de técnicas que visem o aumento da produtividade e a redução dos custos como é o caso da fertirrigação.

1.3 Características da cafeicultura com potencial para fertirrigação

Antes de comentar sobre as características da cafeicultura irrigada em cada região brasileira é necessário que se conheça um pouco sobre os principais sistemas de irrigação utilizados na cultura do café e em quais a fertirrigação também pode ser utilizada.

É essencial para se obter sucesso na fertirrigação que a distribuição de água na lavoura tenha uma boa uniformidade e por isso na cafeicultura os dois sistemas mais utilizados são as irrigações por aspersão (pivô central) e a irrigação localizada

(gotejamento). Embora se conheça aproximadamente qual a área irrigada por estes sistemas nas principais regiões cafeeiras do Brasil é difícil estimar em quais destas áreas eles são utilizadas apenas para a aplicação de água ou também para a aplicação de fertilizantes dissolvidos na água.

Os sistemas de irrigação por aspersão são aqueles em que a água é aspergida sobre a superfície do solo e/ou sobre as plantas. Os tipos mais utilizados na cafeicultura são os que utilizam aspersores (convencional), o autopropelido e o pivô central (Vieira & Bonomo, 2000) sendo o último o mais indicado para a realização da fertirrigação em função do maior coeficiente de uniformidade de aplicação de água.

No sistema de pivô central a fertirrigação é mais eficiente quando realizada em cafeeiro superadensado ou adensado ou com a utilização do plantio circular do café e com a substituição dos aspersores (“sprays”) convencionais por emissores do tipo LEPA (Low Energy Precision Application) que permite a fertirrigação de modo mais eficiente em café com espaçamentos convencionais (Santinato, 2001).



Figura 1. Sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura com potencial para fertirrigação: (a) irrigação por pivô central LEPA (ITEM, 2000); (b) irrigação por gotejamento (Mantovani, 2000); (c) irrigação por MPP (mangueira plástica perfurada) – “tripa” (ITEM, 2000).

Os sistemas de irrigação localizada aplicam a água diretamente no local de maior concentração de raízes, com pequena intensidade e alta frequência existindo dois tipos: a microaspersão e o gotejamento (convencional ou tubogotejador). O gotejamento é o mais indicado para a prática da fertirrigação no cafeeiro devido à alta uniformidade de aplicação de água e por manter o teor de água no solo adequado para a absorção dos nutrientes (Santinato et al., 1996).

Para Santinato (2001) o sistema por gotejamento teve uma maior evolução nos últimos anos com o lançamento de gotejadores autocompensantes, auto-drenantes e

auto-limpantes que proporcionam um sistema altamente eficiente na distribuição de água com custos menores (linhas laterais mais longas). Em face das limitações de recursos hídricos grandes áreas de café começaram a ser irrigadas através do sistema de gotejamento já que a diferença de consumo de água é de 35% e mais de 100% quando comparado com o pivô central e autopropelido respectivamente. Estima-se que aproximadamente de 15 a 20 mil hectares plantados com cafeeiros estejam sendo irrigados por gotejamento no Brasil (Tessler, 2002).

De acordo com Fernandes et al. (2001) o sistema de gotejamento para fertirrigação do cafeeiro deve ser utilizado superficialmente pois enterrado a 10, 20 ou 30 cm de profundidade independentemente da distância em relação à linha de cafeeiro (20, 30, 40 ou 50 cm) ocorrem perdas de produtividade da ordem de 17 a 38% provavelmente devido a pior distribuição de água e fertilizantes em profundidade no bulbo fertirrigado devido a perdas por lixiviação em função do sistema radicular do cafeeiro estar concentrado nos 30 cm superficiais.

Um outro sistema de irrigação é o de tripas ou mangueira plástica perfurada a laser (MPP) bastante utilizada na cafeicultura e que se enquadra no sistema de irrigação localizada. Este sofreu uma pequena evolução nos últimos anos passando de tubos simples (com capacidade de irrigar apenas uma linha do cafezal) para tubos com perfuração dupla capazes de irrigar duas linhas, no entanto, embora sirvam para a fertirrigação não são tão eficientes na uniformidade da aplicação de água quanto ao gotejamento.

1.4 Regiões produtoras com potencial para fertirrigação

O estado de Minas Gerais, maior produtor nacional de café, possui a segunda maior área irrigada (75 mil hectares) de café no país e boa parte dela se encontra no Cerrado (ITEM, 2000). Na região do Cerrado 35% dos produtores utilizam irrigação predominando o sistema de irrigação por tripa ou MPP (mangueira plástica perfurada), no entanto, o sistema de irrigação localizada por gotejamento vem aumentando a cada ano por possibilitar a fertirrigação (Mendonça, 2001). No Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba predomina os plantios convencionais com uma população

menor de 3,5 a 5,5 mil plantas ha^{-1} e produtividades de 30 a 40 sacas ha^{-1} existindo três sistemas de irrigação: pivô central, mangueira plástica perfurada a laser (MPP) ou tripa e o gotejamento. Em algumas áreas ainda se utiliza o autopropelido.

A maior área de cafeicultura irrigada se encontra no estado do Espírito Santo (segundo maior estado produtor de café do Brasil) com 110 mil hectares de acordo com um levantamento realizado pela EMCAPER (Empresa Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) em agosto de 2000 onde predomina (80% do total plantado) o café conillon (*Coffea canephora* L.). O sistema de irrigação por aspersão convencional é o predominante no estado (58,5%), seguido pelo uso de mangueira (17,4%), microaspersão/gotejamento (15%) e apenas 1% por pivô central (ITEM, 2000).

Já no estado da Bahia, considerado a nova fronteira do café irrigado, o sistema predominante nas áreas irrigadas é o pivô central com mais de 650 pivôs instalados em áreas aptas para a cafeicultura desde de 1995 (cada pivô irriga em média uma área de 100 hectares). Pode-se destacar regiões como o Oeste Baiano na região de Barreiras (8 mil hectares irrigados) considerada por Santinato (2000) como uma das regiões mais tecnificadas na utilização da irrigação na cafeicultura, o planalto de Vitória da Conquista, região de maior tradição da cafeicultura, (6 mil hectares irrigados), a Chapada Diamantina (5 mil ha) e o extremo sul na faixa litorânea (5 mil ha) num total de 24 mil hectares irrigados (ITEM, 2000). No sudoeste Baiano as lavouras têm sido implantadas em sistemas de plantio adensado (8 a 10 mil plantas ha^{-1} com expectativa de 60 a 70 sacas ha^{-1}) e convencional (4,5 a 5,5 mil plantas ha^{-1} com expectativa de 50 sacas ha^{-1}) irrigados por pivô central e gotejamento principalmente.

No estado de São Paulo onde a cafeicultura ocupa uma área aproximada de 294 mil hectares com uma produtividade média de 15,0 sacas por hectare ainda pequenas áreas de cafeicultura vêm sendo fertirrigadas em Franca e Garça (Antunes & Villas Bôas, 2002).

2. ASPECTOS MORFOLÓGICOS E ECOFISIOLÓGICOS DO CAFEIRO

O cafeeiro é um arbusto de crescimento contínuo que apresenta um dimorfismo dos ramos, ou seja, apresenta ramos que crescem verticalmente, chamados

ortotrópicos e ramos que crescem lateralmente com uma certa inclinação em relação ao tronco, conhecidos como plagiotrópicos. Os ramos verticais originam-se de gemas dispostas em série no caule principal e os ramos laterais de gemas isoladas (“cabeça de série”) e localizadas logo acima da gemas seriadas (Rena & Maestri, 1987). Possuem um sistema radicular complexo sendo difícil classificá-lo em um tipo, no entanto, sabe-se que as raízes primárias não vão além de 0,5m de profundidade o que impede a formação de uma raiz pivotante ou axial do cafeeiro em condições naturais.

O cafeeiro é uma planta C_3 que pode apresentar várias florações ao longo do ano nas regiões equatoriais chuvosas e poucas nas regiões de latitude média com estações secas bem definidas.

2.1 Sistema radicular

As raízes de um cafeeiro podem chegar até 3,0 m de profundidade, no entanto, concentram-se principalmente nos 30 cm superficiais do solo (maior concentração nos primeiros 10 cm) e a uma distância de 30 cm do caule (Matielli et al., 1996; Rodrigues et al., 1996). Esta característica oferece uma contribuição para a adoção da fertirrigação por gotejamento na qual os fertilizantes podem ser distribuídos nesta área de maior concentração de raízes dimensionando a lâmina de irrigação de acordo com o tipo de solo.

Tabela 4. Distribuição do sistema radicular do cafeeiro em metros de radículas em amostras coletadas (785 cm^3 de solo).

Profundidade das amostragens (cm)	Distância do Caule (cm)		
	30	60	90
10	17,6	14,0	5,1
20	16,7	3,7	2,2
30	13,4	1,5	2,2
40	4,3	1,7	2,1
50	1,7	1,6	2,3

Fonte: adaptado de Matielli et al. (1996)

Zanini (1991) observou em Latossolo Roxo um aprofundamento da área molhada de 0 a 52 cm e um afastamento lateral de 0 a 50 cm do ponto de gotejamento

em 8 horas de irrigação com um gotejador de 3 L h^{-1} . O teor de K^+ foi aproximadamente 2,3 e $1,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ acima do teor original do solo na profundidade de 30 cm de e distante horizontalmente 30 cm do bulbo de umedecimento do solo após 24 horas da fertirrigação.

Em geral, a irrigação aumenta a profundidade de penetração de raízes pseudo-pivotantes e axiais do cafeeiro e estimula o desenvolvimento de raízes primárias e secundárias laterais nas camadas mais superficiais do solo. (Rena & Maestri, 2000). No entanto, Faria & Siqueira (2000) não encontraram diferenças na profundidade do sistema radicular entre cafeeiros cv Catuaí (7 anos) irrigados e sem irrigação e sim na distribuição de raízes na qual 80% das raízes do cafeeiro concentram-se em profundidades menores que 0,9 m quando irrigado e 1,3 m quando não irrigado.

De acordo com Salomão (2002) o uso da irrigação por gotejamento não tem modificado muita a morfologia do sistema radicular do cafeeiro não ficando este confinado apenas no bulbo úmido porque nessas áreas irrigadas as chuvas não são tão escassas e por ser bastante plástico capaz de se adaptar em várias condições do ambiente.

Outro ponto importante ressaltado por Rena & Maestri (2000) quando se utiliza a fertirrigação e, principalmente quando realizada por gotejamento é a salinidade do solo, uma vez que a força iônica ou concentração salina do solo quando acima de certos valores tem efeito deletério sobre o sistema radicular principalmente para o cafeeiro que parece ser sensível à salinidade do solo. Furlani et al. (1976) observaram um grande número de raízes mortas em mudas de café (nove meses de idade) que receberam doses altas de KCl ($1,3$ e $2,6 \text{ g K kg}^{-1}$ de solo), fertilizante que apresenta maior índice de salinidade.

Entretanto, estudos preliminares realizados por Matiello et al. (1998) em cafeeiros irrigados por gotejamento com água salobra no Estado da Bahia indicam que o cafeeiro pode ser considerado uma planta mediantemente tolerante à salinidade (limite de condutividade elétrica entre $2,0$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ para plantas jovens e adultas, respectivamente).

2.2 Crescimento vegetativo

Em condições não irrigadas o crescimento vegetativo do cafeeiro arábica normalmente reinicia com o início das chuvas e elevação da temperatura, o que ocorre normalmente em meados de setembro no sudeste do Brasil. Cafeeiros irrigados podem retomar seu crescimento no início de agosto dependendo da temperatura. Porém em algumas condições não irrigadas com a elevação da temperatura em agosto o crescimento vegetativo precede o início das chuvas em até semanas provavelmente pelo solo ser mais argiloso e o sistema radicular ser mais profundo, o que proporciona uma maior reserva de água e maior aproveitamento desta (Rena & Maestri, 2000). Logo, a regulação do crescimento vegetativo do cafeeiro é bastante complexa e depende de uma combinação da temperatura, precipitação, tipo de solo e sistema de produção (adensado ou convencional, irrigado ou não, etc.).

A influência da temperatura nos meses mais frios e da disponibilidade de água no crescimento vegetativo (medido através do número de internódios) é descrita por Santinato (2001). Em regiões onde as temperaturas são maiores que 19°C o número de internódios pode chegar a 19,2 e à medida que ocorre uma redução da temperatura o número de internódios formados é menor (Tabela 5).

Tabela 5. Crescimento vegetativo (número de internódios) relacionado à temperatura do ar (°C).

MESES	AFD ¹	Mai/Jun/ Jul/Ago com T < 19°C	Jun/Jul com T < 19°C	Mai/Jun/ Jul/Ago Com T > 19°C	AFD	Efeito no Crescimento
	mm	-----Número de Internódios formados/mês -----			mm	
Janeiro	100					
Fevereiro	100	1,2 a 1,5	1,4 a 1,6	1,5 a 1,8	< 50	Redução de 20 a 40%
Março	100					
Abril	100	0,5 a 1,0	0,7 a 1,1	1,3 a 1,7	< 75	Paralisação
Mai	100	0,0 a 0,5	0,4 a 0,7	1,1 a 1,4		
Junho	100				> - 50	Desfolha
Julho	75	0,0	0,2 a 0,5	0,8 a 1,2		
Agosto	50				> -100	Desfolha e seca de ramos
Setembro	75	0,5 a 1,0	0,6 a 1,1	1,3 a 1,6		
Outubro	100	1,1 a 1,4	1,2 a 1,5	1,4 a 1,7		
Novembro	100	1,2 a 1,5	1,4 a 1,6	1,5 a 1,8	< 50	Redução de 30 a 60%
Dezembro	100					
TOTAL		8,1 a 11,9	10,7 a 14,1	15,3 a 19,2		

¹Água Facilmente Disponível

Fonte: Adaptado de Santinato, 2001.

Em relação à disponibilidade de água para o cafeeiro é considerado como água facilmente disponível (AFD) crítica a quantidade de 100 mm armazenados no solo (Santinato et al., 1996). Na tabela 5 pode-se observar os efeitos de uma redução na AFD em cada época do ano. Portanto, com a utilização de uma irrigação adequada pode-se evitar, por exemplo, uma desfolha nos meses de Junho e Julho que ocorre quando a AFD for negativa (-50mm). O maior número de internódios e portanto um maior crescimento é atingido quando a AFD é mantida nos limites ótimos.

Os resultados de vários estudos do crescimento vegetativo do cafeeiro em condições não irrigadas, irrigadas e fertirrigadas (Santinato et al., 1989; Karasawa et al., 2001; Alves et al., 1999) têm mostrado que os cafeeiros irrigados e fertirrigados não diferem entre si na altura, diâmetro de copa, número de internódios e número de ramos plagiotrópicos. Entretanto, ambos apresentam maior crescimento que os cafeeiros não irrigados ficando evidente a importância da irrigação no crescimento vegetativo.

Porém, a utilização da fertirrigação, fornecendo água e nutrientes (principalmente o nitrogênio) nos meses de menor temperatura (maio a agosto), pode proporcionar efeitos benéficos ao crescimento vegetativo do cafeeiro a partir de setembro. As raízes, devido o maior saldo de carboidratos proporcionado pelo menor crescimento da parte aérea, se mantêm fisiologicamente ativas no inverno acumulando compostos nitrogenados que serão transportados para a parte aérea na fase de retomada do maior crescimento vegetativo (Amaral, 1991; Matta et al., 1999).

2.3 Crescimento reprodutivo

O crescimento reprodutivo pode ser dividido basicamente em duas fases: a floração iniciando na indução das gemas florais até a abertura e fecundação da flor e a frutificação (chumbinho, expansão, granação e maturação dos frutos).

Segundo Rena & Maestri (2000) os mecanismos fisiológicos que conduzem o cafeeiro à floração ainda não são completamente conhecidos. O que se conhece é que as relações hídricas, a temperatura e a irradiância interagem para iniciar uma cadeia de processos que resultarão na abertura da flor, com destaque para a deficiência de água. Para Camargo & Camargo (2001) as flores atingem a maturação para a antese quando o somatório da evapotranspiração atinge 350 mm.

Um período de restrições hídrica seguida de chuva ou irrigação abundante proporciona uma boa florada, enquanto água com muita frequência torna a floração indefinida (Camargo & Camargo, 2001). Déficit hídrico e temperaturas elevadas podem levar ao abortamento de flores (“estrelinhas”). Na Tabela 6 pode ser observada o efeito da disponibilidade de água sobre a florada.

Tabela 6 – Iniciação, diferenciação e floração relacionadas à disponibilidade de água.

Meses	AFD ¹ mm	Fases	AFD Mm	Ocorrência de floração
Fevereiro	100	Iniciação não visível	< 50	Baixa
Março	100			
Abril	100			
Maio	100	Diferenciação floral visível	> -50	Baixa a nula
Junho	100			
Julho	75			
Agosto	50			
Setembro	75	Abortamento e Floradas	> -100	Desidratação Queima
Outubro	100			

Fonte: Adaptado de Santinato, 2001. ¹Água Facilmente Disponível

Em localidades com temperaturas médias anuais inferiores a 20°C a florada normalmente ocorre em final de setembro ou início de outubro. A sincronização do desenvolvimento das flores e concentração da florada dependem do estado de dormência proporcionado por baixas temperaturas e seca. Em regiões da Colômbia e Costa Rica onde há uma ausência de um período seco definido e em regiões mais frias sob irrigação permanente é comum um maior número de floradas (Rena & Maestri, 2000).

Tabela 7 – Frutificação relacionada à disponibilidade de água.

Meses	AFD ¹ mm	Fases	AFD mm	Efeito nos frutos
Janeiro	100	Granação	< 50	Queda em até 30%
Fevereiro	100	Verde aquoso		Chochamento em até 50%
Março	100	Verde cana		80% dos frutos de peneira < 16
Abril	100	Maturação cereja	< 75	Queda precoce em até 20%
Maio	100			Maturação forçada
Junho	100	Colheita e repouso	< -150	Queda acentuada e Ressecamento dos frutos
Julho	75			
Agosto	50			
Setembro	75			
Outubro	100	Expansão chumbinho	< 50	Queda de 30 a 70% Peneira baixa (<16)
Novembro	100			
Dezembro	100			

Fonte: Adaptado de Santinato, 2001. ¹Água Facilmente Disponível

Na frutificação a disponibilidade água, seja pela chuva ou pela irrigação até a 18^a. semana após o florescimento é muito mais importante que a carga de frutos, a nutrição mineral e outras práticas culturais afetando a produtividade, tipo e bebida do café (Tabela 7). Na maturação dos frutos, no entanto, deficiência hídrica moderada pode beneficiar a qualidade do produto final (Camargo & Camargo, 2001).

2.4 Caracterização das fases fenológicas do cafeeiro

Após várias tentativas de esquematizar as fases fenológicas do cafeeiro Camargo & Camargo (2001) propõem uma forma constituída de seis fases distintas envolvendo dois anos fenológicos (iniciando em setembro) tempo que a planta de café arábica leva para completar o ciclo fenológico de frutificação :

1^a fase vegetativa (ano 1) - Vegetação e indução de gemas foliares (setembro a março): crescimento de ramos e folhas e formação de gemas foliares, durante sete meses de dias longos (mais de doze horas de brilho solar).

2^a fase vegetativa (ano 1) - Indução, maturação e dormência das gemas florais: (abril a agosto): as gemas foliares formadas na primeira fase são induzidas para gemas florais durante os meses e dias curtos entram em repouso de julho a agosto, quando emitem um ou dois pares de folhas .

3^a fase reprodutiva (ano 2) - Florada, chumbinho e expansão dos frutos (setembro a dezembro): cerca de 8 a 15 dias após o aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras (choque hídrico) as gemas florais complementam a maturação, estando prontas para a antese principal a partir de abril. Em localidades com temperaturas médias anuais inferiores a 20°C a florada normalmente ocorre em final de setembro ou início de outubro. Após a fecundação, formam-se os pequenos frutos chamados “chumbinhos” que sofrem uma expansão durante os quatro meses seguintes (setembro a dezembro).

4ª fase reprodutiva (ano 2) - Granação dos frutos (janeiro a março): líquidos internos dos frutos se solidificam formando os grãos. Estiagens severas resultam no chochamento de frutos.

5ª fase reprodutiva (ano 2) - Maturação dos frutos (abril a maio e junho): deficiências hídricas moderadas beneficiam a qualidade do produto final.

6ª fase (ano 2) - Senescência dos ramos produtivos não primários (julho a agosto)

Período vegetativo											
Vegetação e formação das gemas foliares						Indução e maturação das gemas florais					
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Ano 1											
											Repouso
Florada, chumbinho e expansão dos frutos				Granação dos frutos			Maturação dos frutos			Repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários	
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Ano 2											
Período reprodutivo (novo período vegetativo)										Autopoda	
Período reprodutivo											

Figura 2. Vegetação e frutificação do cafeeiro arábica abrangendo seis fases fenológicas durante 24 meses (Adaptado de Camargo & Camargo, 2001).

2.5 Cultivares com potencial para a fertirrigação

Uma das etapas mais importantes na implantação de uma lavoura de café é a escolha do cultivar/linhagem pelo fato do cafeeiro ser uma espécie de ciclo perene.

Quando a escolha do cultivar é direcionada para uma lavoura que será fertirrigada algumas características devem ser consideradas como porte da planta, resistência a patógenos, depauperamento precoce, tolerância à seca, etc.

Cultivares de porte baixo devem ser preferidos por facilitarem o manejo da lavoura e porque cultivares de porte alto como a Mundo novo e a Icatu, cultivares que apresentam um rápido crescimento em condições fertirrigadas resultando no fechamento da lavoura .

Alguns cultivares com resistência à ferrugem, apresentam melhor aspecto vegetativo quando cultivadas sob fertirrigação porque o ambiente é favorável, permitindo o melhor parcelamento das adubações via fertirrigação, o que minimiza o risco de depauperamento precoce (Nazareno & Mendes, 2001).

Em seguida serão descritos cultivares disponíveis no mercado, com potencial para a cafeicultura fertirrigada de acordo com as características desejáveis citadas por Nazareno & Mendes (2001):

Catuaí Vermelho ou Amarelo (Caturra x Mundo Novo): plantas vigorosas, com internódios curtos e abundante ramificação secundária, porte baixo (2,0 a 2,4 metros de altura) e diâmetro de copa entre 1,7 e 2,1m, maturação de frutos mais tardia e desuniforme. São utilizadas no espaçamento de 1,7 a 2,0m x 0,5 a 1,0m (adensado com poda programada) ou de 3,0 a 3,5m x 0,5 a 1,0m (crescimento livre e permite a mecanização). É interessante a utilização da fertirrigação em lavouras deste cultivar porque as plantas não podem ser submetidas a condições de estresse quando a produção é elevada (adubação deficiente e longo período de deficiência hídrica) pois, podem exibir secas de ramos produtivos, depauperamento precoce e até morte de plantas quando ainda nas primeiras produções. Produtividade entre 25 a 50 sacas de café beneficiado por hectare.

Rubi (vermelho) e Topázio (amarelo): plantas de pote baixo (2,0 m) e diâmetro de copa ao redor de 1,8m. Apresenta abundante ramificação secundária com maior angulação o que permite uma boa aeração e insolação no interior da planta. São plantadas no mesmo espaçamento do Catuaí, obtendo rendimento médio de grãos entre 10 e 15% superiores ao Catuaí e resistentes à seca dos ponteiros.

Obatã, Tupi e Iapar-59: plantas resistentes à ferrugem, com porte baixo (1,70 a 1,90 m), maturação precoce no Tupi e tardia no Obatã. Apresentam depauperamento precoce e morte de plantas. As plantas do cultivar Obatã são mais vigorosas que as plantas dos cultivares Tupi e Iapar-59.

Cultivares tradicionalmente utilizados nas lavouras como o Mundo Novo e Icatu devem ser evitado em lavouras fertirrigadas pelo alto porte (3,0 m) e maior diâmetro de copa (2,2 a 2,7 m) o que proporcionaria um rápido fechamento da lavoura. O cultivar Acaíá e Acaíá Cerrado embora possuam porte alto (4,2 e 3,1 m, respectivamente) podem ser utilizados em lavouras fertirrigadas por possuírem reduzido diâmetro médio de copa (1,8 a 1,9 m).

3. DEMANDA POR NUTRIENTES PELA CULTURA DO CAFÉ

Antes de se adotar a fertirrigação é importante que se conheça quais são os nutrientes mais absorvidos, a demanda por estes nutrientes e as fases de maior exigência pela cultura para que os fertilizantes sejam utilizados mais eficientemente. A quantidade de fertilizante a ser aplicado deve suprir os nutrientes de acordo com as taxas de crescimento da planta e pode ser estimada pela extração de nutrientes pela cultura subtraindo a quantidade de nutriente fornecida pelo solo e levando em consideração também a eficiência de utilização do fertilizante. Segundo Villas Bôas et al. (2002) para a fertirrigação via gotejamento a eficiência de aproveitamento do fertilizante é maior que 80% para o N e o K e cerca de 70% para o P.

O acúmulo de fitomassa seca e de nutrientes pelo cafeeiro é crescente em função da idade (Figura 3 e 4), no entanto a retirada anual de nutrientes pela planta adulta mostra-se semelhante com pouca alteração em função da safra (Côrrea et al., 1986). Mesmo com produtividades semelhantes aos 30 e 42 meses (Figura 5) a extração de nutrientes foi quase o dobro aos 42 meses (143,5 contra 79,4 kg N planta⁻¹ aos 30 meses) no cafeeiro Catuaí, no entanto, a quantidade exportada pelo fruto foi praticamente a mesma (34,9 e 37,7 kg N planta⁻¹ aos 30 e 42 meses respectivamente).

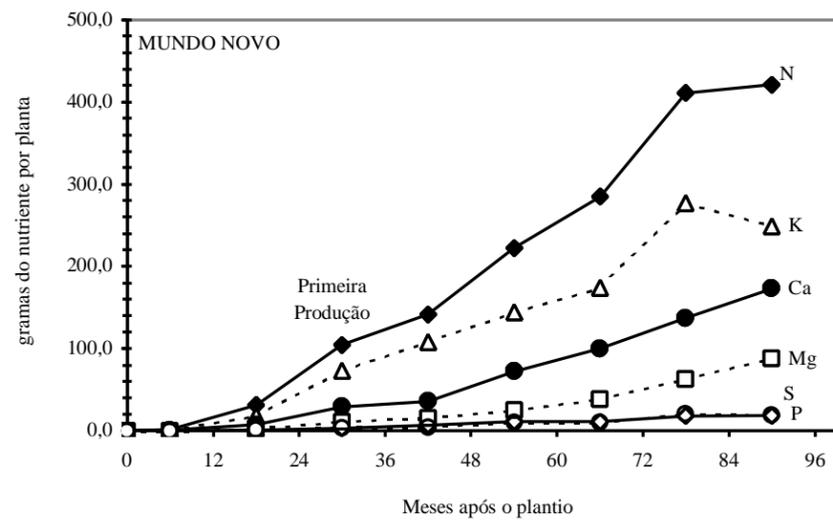


Figura 3. Extração de macronutrientes (em gramas do macronutriente por planta) por cafeeiro cv. Mundo Novo LCMP379/19 plantados a 4 x 2m (2 plantas/cova) em um Latossolo Vermelho, Varginha, MG (1979-1986). Adaptado de Côrrea et al. (1986).

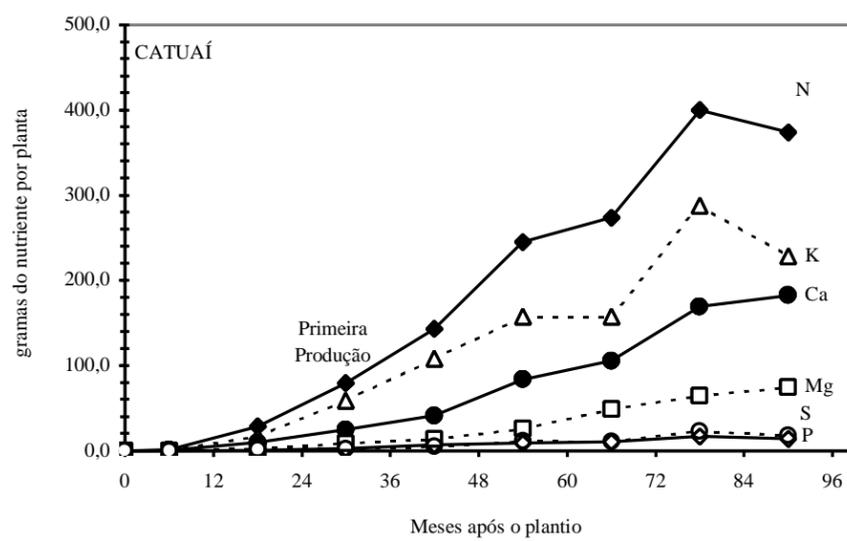


Figura 4. Extração de macronutrientes (em gramas do macronutriente por planta) por cafeeiro cv. Catuaí LCH2077-2-5-81 plantados a 4 x 2m (2 plantas/cova) em um Latossolo Vermelho, Varginha, MG (1979-1986). Adaptado de Côrrea et al. (1986).

Portanto, a remoção de nutrientes pelas colheitas também pode ser um índice para auxiliar na adubação visando atender a demanda pela planta. Willson (1985) calculou que para cada tonelada de grão em coco de café 63,1, 4,9 e 55,8 kg de

nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, são removidos com a colheita contidos na polpa, no pergaminho e no grão de café. As quantidades citadas por Raij et al. (1996) para cafeeiros do estado de São Paulo são semelhantes para o P (4 kg) e para o K (52kg) no entanto, bem abaixo para o N (32 kg). Côrrea et al. (1986) encontraram quantidades semelhantes às citadas por Raij et al. (1996) de N, P, K e S removidas pela colheita (média de 6 colheitas) dos cultivares Catuaí e Mundo Novo (Tabela 8).

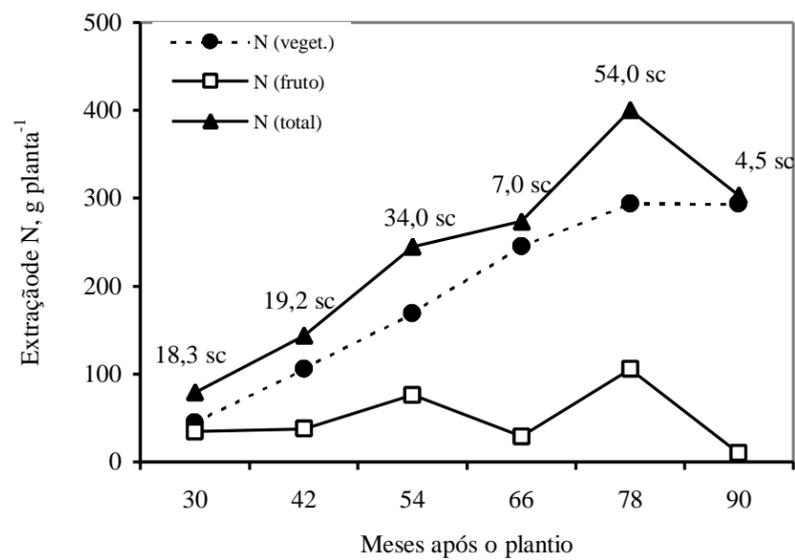


Figura 5. Extração de N pelas partes vegetativas e pelos frutos de cafeeiro cv. Catuaí em função da idade e da produtividade. Varginha, MG (1979-1986). Adaptado de Côrrea et al. (1986).

Segundo Malavolta et al. (2002) a demanda por nutrientes pelo cafeeiro não varia em virtude da produção, pois quando a frutificação é baixa, o crescimento de ramos plagiotrópicos, a formação de folhas e ramos novos substituem o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes (Figura 5). Aos 66 meses após o plantio a produtividade reduziu de 34 aos 54 meses para 7 sc ha⁻¹ entretanto a extração de nutrientes foi maior aos 66 meses compensando a menor extração pelos frutos pelo maior crescimento vegetativo.

Para Rena et al. (1996) o estado nutricional do cafeeiro depende da capacidade da planta em regular ou não a carga de frutos em relação à área foliar, como por exemplo, o cafeeiro do cultivar Catuaí que pode apresentar um depauperamento

precoce nas primeiras safras por apresentar uma elevada produção esgotando as reservas da planta para atender a demanda pela carga de frutos levando algumas plantas até a morte.

Tabela 8. Demanda de N, P, K e S pelos cafeeiros Catuaí e Mundo Novo na média de 6 colheitas.

Nutriente	Produção		Vegetação		Total	
	M. Novo	Catuaí	M. Novo	Catuaí	M. Novo	Catuaí
	kg t ⁻¹ fruto beneficiado		kg t ⁻¹		kg t ⁻¹	
N	37,0	36,0	41,0	35,6	78,0	71,6
P	1,7	1,7	1,8	1,4	3,5	3,1
K	37,8	39,0	23,9	23,0	61,7	62,0
S	1,5	1,5	2,1	2,1	3,6	3,6

Fonte: adaptado de Côrrea et al. (1986).

É importante lembrar também que parte das necessidades nutricionais para a formação de nova vegetação e de frutos é satisfeita pela mobilização de reservas da planta e não somente extraídas do solo. De acordo com Malavolta & Lima Filho (1998) em cafeeiros adequadamente nutridos 23,5% do N e 43,3% do K contidos nos frutos vieram das respectivas reservas, enquanto em plantas deficientes esta mobilização aumenta para 43,3 e 73,3%.

Prezotti et al. (2000) com base em equações de regressão obtidas de experimentos e medições realizadas em lavouras conduzidas em condições favoráveis ao bom crescimento do cafeeiro em Minas Gerais calcularam a demanda anual de nutrientes de cada parte da planta de café para uma determinada população e numa determinada idade (Tabela 9). Os maiores drenos são as folhas e os frutos acumulando aproximadamente 75% dos nutrientes absorvidos. As flores podem ser consideradas importantes drenos também (Malavolta et al., 2002) o que torna importante à antecipação da adubação de setembro para agosto o que é facilitado pela fertirrigação, uma vez que, os adubos são aplicados dissolvidos não dependendo da chuva para serem absorvidos (Tabela 10).

Tabela 9. Conteúdo de nutrientes na fitomassa de cada parte da planta de café arábica variedade Catuaí, durante um ano de crescimento (segundo para terceiro ano), supondo uma população de 5.000 planta ha⁻¹ e produtividade esperada de 30 sacas ha⁻¹.

Parte da planta	Nutriente											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
----- kg ha ⁻¹ (% em relação ao total) -----												
Folha	99,3	(47,2)	6,3	(40,8)	70,7	(37,9)	37,6	(52,6)	12,6	(48,3)	4,5	(49,6)
Ramo	22,0	(10,4)	1,8	(11,4)	20,2	(10,8)	12,8	(17,9)	2,9	(11,0)	0,8	(8,8)
Caule	13,1	(6,2)	1,1	(6,9)	13,3	(7,1)	6,4	(9,0)	1,7	(6,5)	0,4	(4,7)
Raiz	14,8	(7,0)	1,0	(6,5)	10,4	(5,6)	5,3	(7,4)	2,0	(7,7)	0,9	(9,9)
Grãos (G)	38,7	(18,4)	3,2	(20,5)	31,1	(16,6)	3,8	(5,3)	4,9	(18,7)	1,3	(14,0)
Casca (C)	22,8	(10,8)	2,2	(13,9)	41,0	(22,0)	5,6	(7,8)	2,0	(7,8)	1,1	(12,5)
Fruto (G+C)	61,4	(29,2)	5,3	(34,4)	72,1	(38,6)	9,4	(13,1)	6,9	(26,5)	2,4	(26,5)
Total	210,6		15,5		186,7		71,6		26,2		9,1	

Fonte: adaptado de Prezotti et al., 2000.

Ass diferenças no conteúdo de alguns macros e micronutrientes entre as cultivares devem a variação genética, ao grau de intensidade de demanda pelo dreno, pelas flores e às interações entre os nutrientes (Malavolta et al., 2002). O cultivar Catuaí, por exemplo, é mais exigente que o Mundo Novo em quase todos os nutrientes com exceção do Cu e do Zn.

Tabela 10. Média de nutrientes contidos nas diferentes partes da planta, em dois cultivares de cafeeiro.

Nutrientes	Flores		Folhas		Ramo		Total	
	Catuaí	Mundo Novo						
----- (kg ha ⁻¹) -----								
N	79,0	69,7	247,2	197,4	79,8	68,6	406,0	335,7
P	7,8	6,1	9,8	9,9	8,7	3,7	26,3	19,7
K	77,3	81,6	210,6	194,9	86,4	76,2	374,3	352,7
Ca	76,1	62,2	141,0	112,8	73,5	67,6	290,6	242,6
Mg	42,5	35,4	26,2	17,6	15,4	12,4	84,1	65,4
S	5,9	4,9	16,4	16,3	7,3	6,0	29,6	27,2
----- (g ha ⁻¹) -----								
B	95,7	95,3	549,8	281,2	166,1	137,6	811,6	514,1
Cu	62,2	74,6	96,9	94,2	135,8	225,3	249,9	394,1
Fe	1.735,6	1.059,7	4.142,2	3.877,1	1.378,9	1.272,8	7.256,7	6.209,6
Mn	477,5	261,0	3.309,0	1.512,8	874,0	412,2	4.660,5	2.186,0
Mo	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,8	0,6
Zn	37,8	32,1	92,6	85,8	48,8	68,3	179,2	186,2

Fonte: adaptado de Malavolta et al. (2002)

Outra informação importante que se deve conhecer é quando se deve aplicar o fertilizante, ou seja, o período de maior exigência nutricional pela planta para que o fertilizante seja mais eficientemente aproveitado e a planta não sofra uma deficiência nutricional. Küpper (1976) citado por Malavolta et al. (1983) em um estudo da exigência do cafeeiro em nitrogênio concluiu que a quantidade de nitrogênio retida na parte vegetativa de cafeeiro com mais de 3 anos (1000 covas ha⁻¹) é de 3 a 3,5 kg ha⁻¹ por mês nos meses de dezembro a março, e ao redor de 2 kg ha⁻¹ por mês de abril a junho e em setembro. Nos meses de menor temperatura (julho e agosto) a taxa de absorção cai para 0,5 kg N ha⁻¹. Na frutificação a demanda de nitrogênio é diferente na qual a planta acumula 0,1 kg ha⁻¹ mês na fase de chumbinho e 0,4 kg ha⁻¹ mês por saca beneficiada na fase de granação e maturação.

Na Costa Rica Carvajal et al. (1969) em um estudo em solução nutritiva da absorção de nutrientes pelo cafeeiro arábica variedade Bourbon (plantas com 3 a 4 anos) durante um ciclo anual observaram que o cafeeiro adulto apresenta mudanças súbitas na velocidade de absorção dos nutrientes associados com os estados fisiológicos mais importantes (Tabela 11). As maiores quantidades de nutrientes são absorvidas durante a fase de do florescimento e chumbinho com destaque para Ca, P e principalmente o Mg e com exceção do K que é mais absorvido no pré-florescimento. O N também é mais absorvido na fase do florescimento não alterando muito durante as outras fases.

Tabela 11. Porcentagem do nutriente absorvido por cafeeiro arábica var. Bourbon de 3 a 4 anos em solução nutritiva, na Costa Rica (1969).

Estado fisiológico	Nutriente				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % do nutriente absorvido em cada período fisiológico -----				
Pós-colheita e pré-florescimento (dez. a jan.)	21,0	19,2	36,0	11,2	8,5
Florescimento e chumbinho (fev. e abril)	35,8	42,9	26,8	41,4	76,8
Expansão/Granação (mar. a set.)	22,1	26,3	21,9	31,9	6,1
Maturação (out. a nov)	21,1	11,7	15,3	15,5	8,5

Fonte: adaptado de Carvajal et al. (1969).

A absorção de nutrientes presentes no solo pelo sistema radicular e conseqüente translocação para a parte aérea ocorre de forma radial (o nutriente é

transportado somente para o lado da parte aérea que ele foi absorvido) no cafeeiro arábica (Franco, 1984) e no conillon (Matiello, 1998). Esta característica do cafeeiro reforça a necessidade de boa distribuição dos fertilizantes aplicados ao solo ao redor da planta para e não haja um desequilíbrio no cafeeiro com excesso de nutrientes de um lado e deficiência no outro. Em sistemas fertirrigados por gotejamento é importante que o tubogotejador esteja bem próximo do caule para que haja esta distribuição uniforme do fertilizante ao redor da planta.

4. PROPOSTA BÁSICA DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA A CAFEICULTURA

No estado de São Paulo Rajj et al. (1996) recomendam que em cafeeiros o número de aplicações de N e K deve ser maior que o tradicional parcelamento em três a quatro aplicações utilizadas no cultivo não fertirrigado.

Santinato et al. (1996) propõem dividir a adubação nitrogenada e potássica em 4 a 8 aplicações no sistema por aspersão e em 8 a 16 na fertirrigação localizada levando em consideração a temperatura dos meses de maio e junho e a idade da planta. Regiões onde as temperaturas do ar são maiores que 19 a 20°C são consideradas quentes e portanto o crescimento vegetativo é maior sendo necessário adiantar a adubação. Na adubação pós-plantio (0 a 6 meses) as adubações de N e K em cobertura devem iniciar 30 dias após o plantio com aplicações quinzenais aplicando 20% da dose nos dois primeiros meses, 30% nos dois seguintes e 50% nas duas últimas aplicações (Tabela 12 e 13).

No entanto, o parcelamento da adubação em sistema fertirrigado parece ainda não estar bem definido. Em um experimento com cafeeiros Catuaí (13 anos) no espaçamento de 3,5 x 0,8 m foram testados o parcelamento da adubação NPK via fertirrigação em 12, 24 e 36 aplicações concluindo que na primeira safra os parcelamentos em 24 e 36 vezes proporcionaram maiores produtividades (48 e 52 sacas ha⁻¹) que o parcelamento em 12 aplicações (38 sacas ha⁻¹) não havendo efeito no rendimento (Tabela 14). Na segunda safra no entanto o efeito foi ao contrário no qual o

parcelamento em 12 aplicações via fertirrigação proporcionou os melhores resultados (126 sacas ha⁻¹) (Silva et al, 2000; Silva et al, 2001).

Faria et al. (2001) em um experimento com cafeeiro cv. Acaia MG1474, instalado em Lavras, MG, com o objetivo de avaliar diferentes parcelamentos da adubação via água de irrigação (lâmina de irrigação igual a 100% da evaporação do tanque Classe “A”) observaram que o parcelamento em três aplicações, realizadas na época tradicional de outubro a março, proporcionou maior produtividade (108,14 sc ha⁻¹) quando comparado com seis (63,17 sc ha⁻¹) e nove (83,53 sc ha⁻¹) aplicações.

Tabela 12. Esquema de parcelamento da adubação nitrogenada e potássica para cafeeiro irrigado e/ou fertirrigado em formação (até 18 meses).

Temperatura nos meses de maio e junho	Meses											
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
----- % da adubação nitrogenada e potássica a ser aplicada -----												
T < 19/20°C	S ¹	10			30			50		10		S ¹
T > 19/20°C		15			25			45		15		S ¹

Fonte: Adaptado de Santinato et al. (1986); ¹ Meses sem irrigação.

De um modo geral, o número de aplicações deve ser tal para que não se ultrapasse a condutividade elétrica do solo limite para a cultura, ou seja, quanto maior o número de aplicações menor a dose a ser utilizada e portanto menor a condutividade elétrica do solo (Villas Bôas et al., 2002).

Tabela 13. Esquema de parcelamento da adubação nitrogenada e potássica para cafeeiro irrigado e/ou fertirrigado em produção (acima de 19 meses).

Temperatura nos meses de maio e junho	Nutriente	Meses											
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
----- % da adubação nitrogenada e potássica a ser aplicada -----													
T < 19/20°C	N	S ¹	5		20			30		40		5	S ¹
	K ₂ O		S ¹		25			35		40			S ¹
T > 19/20°C	N		10		20			25		35		10	S ¹
	K ₂ O		S ¹		25			30		45			S ¹

Fonte: Adaptado de Santinato et al. (1986); ¹ Meses sem irrigação.

Logo, faltam mais experimentos para se concluir qual é o número ideal de parcelamentos para a fertirrigação nitrogenada e potássica principalmente. O importante

é sempre considerar as condições edafoclimáticas (temperaturas quentes, solos arenoso, etc.) e o sistema de produção (plantio superadensado, cultivar, etc.).

Tabela 14. Produtividade do cafeeiro em função do parcelamento da adubação

Parcelamento da adubação	Produção		
	98/99 ¹	99/00 ¹	99/00 ²
12 aplicações manuais	56,0a	40,99a	116,9a
12 aplicações via fertirrigação	39,0b	41,62a	126,0a
24 aplicações via fertirrigação	54,0a	34,94a	72,6a
36 aplicações via fertirrigação	48,0a	39,62a	105,0ab

¹ Média de todas as lâminas de irrigação; ² Valores da maior lâmina de irrigação

Embora o nitrogênio seja o principal nutriente a elevar a produção em cafeeiros a utilização da adubação nitrogenada em cafeeiros adensados deve ser criteriosa pois em sistema adensados e já sombreados (Catuaí e Mundo Novo) os efeitos da adubação nitrogenada poderão ser negativos, segundo Gallo et al. (1999), principalmente quando houver excesso de N nas folhas (29 a 31 g N kg⁻¹). As plantas vegetam excessivamente, ficam muito vigorosas mas perdem produtividade. Este fato ressalta a necessidade de um método para monitorar o estado nutricional em nitrogênio nos cafeeiros para que se possa evitar uma adubação nitrogenada em excesso.

As doses utilizadas na fertirrigação têm sido as mesmas utilizadas no cultivo não irrigado (Tabela 15). Alguns pesquisadores (Vieira & Bonomo, 2000; Santinato et al., 1996) citam que a dose utilizada no pós-plantio pode ser reduzida em até 20% quando aplicada via fertirrigação. Já quando a fertirrigação é realizada pelo método de irrigação por aspersão em plantios adensados e superadensados recomenda-se aumentar a dose em até 30 e 20% respectivamente. No entanto, estas recomendações parecem não ter experimentos comprovando se tais doses são adequadas.

Tabela 15. Recomendações de N, P e K para a cultura do café arábica var. Catuaí estimadas pelo sistema de recomendação elaborado por Prezotti et al. (2000) e pela recomendação dos estados de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), São Paulo (Rajj et al., 1996), Espírito Santo (Prezotti, 1992) e Paraná (Lima et al., 1994) considerando uma lavoura com 5 mil plantas ha⁻¹ e produtividade de 50 sc ha⁻¹.

Nutriente	Sistema	Estado				Média
		MG	SP	ES	PR	
----- kg ha ⁻¹ -----						
N	340	400	300	360	320	345
P ₂ O ₅	97	70	80	92	70	80
K ₂ O	343	400	300	250	450	350

Fonte: adaptado de Prezotti et al. (2000).

5. FORMAS DE CONTROLE DA FERTIRRIGAÇÃO

Uma das vantagens do uso da fertirrigação é a possibilidade da aplicação de fertilizantes em qualquer estágio fenológico da cultura. Para potencializar esta vantagem é necessário, além da exigência nutricional e a ecofisiologia, que se conheça métodos para monitorar o estado nutricional das plantas que nos permite planejar, avaliar e calibrar a fertirrigação aplicando os fertilizantes somente quando as plantas necessitam.

A análise química de folhas é uma técnica empregada por muitos produtores do mundo inteiro e recomendada por Malavolta et al. (1997) e Raji et al. (1996) para monitorar o estado nutricional do cafeeiro, além de, no caso do teor de nitrogênio, servir, juntamente com a produtividade esperada, como um índice determinante da dose de nitrogênio ser utilizado na adubação de cobertura. Na Tabela 16 é possível observar os teores de nutrientes considerados adequados para os cafeeiros arábica e conillon e que podem ser um indicativo na tomada de decisão de fertirrigar.

Tabela 16. Teores foliares adequados de macro e micronutrientes para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Autores	Macronutrientes, g kg ⁻¹						Micronutrientes, mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Reuter & Robinson (1988), Austrália (Arabica)	25-30	1,5-2,0	21-26	7,5-15,0	2,5-4,0	0,2-1,0	40-100	16-20	70-200	50-100	15-30
Jones Jr et al. (1991)											
Mills & Jones Jr. (1996), EUA, (Arabica)	23-30	1,2-2,0	20-25	10-25	2,5-4,0	1,0-2,0	40-75	10-25	70-125	50-200	12-30
Malavolta et al. (1993), Brasil (Arabica)	27-32	1,5-2,0	19-24	10-14	3,1-3,6	1,5-2,0	59-80	8-16	90-180	120-210	8-16
Malavolta et al. (1997), Brasil (Arabica)	29-32	1,6-1,9	22-25	13-15	4,0-4,5	1,5-2,0	50-60	11-14	100-130	80-100	15-20
Raji et al. (1996), São Paulo, Brasil (Arabica)	26-32	1,2-2,0	18-25	10-15	3,0-5,0	1,5-2,0	50-80	10-20	50-200	50-200	10-20
Reis Jr. et al. (2002), Minas Gerais, Brasil (Arabica)	35	1,7	22	12	3	1,8	66	37	111	372	17
Willson (1985)	26-35	1,5-2,0	21-26	7,5-15,0	2,5-4,0	1,5-2,5	40-90	7-20	70-200	50-100	15-30
Carvajal (1984), Costa Rica (Arabica)	23-28	1,2-2,0	17-27	2,0-3,5	1,1-1,7	0,2	40-60	6-12	75-275	50-150	15-20
Malavolta et al. (1993) EMCAPA/(Robusta)	27	1,1	21	14	3,2	2,4	48	11	131	69	11

No caso do cafeeiro o conhecimento dos teores de nutrientes adequados na folha durante todo o ano permite julgar melhor o estado nutricional e se for necessário fazer ajustes no programa de adubação (Malavolta et al., 1997) em relação um valor válido para o ano inteiro (Tabela 17).

Tabela 17. Faixa de variação nos teores foliares em cafezais produzindo 30-40 sacas/hectare, média de quatro colheitas. Adaptado de Malavolta, et al. (1993).

Elemento	Mês					
	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro
	----- g kg ⁻¹ -----					
N	28-31	26-31	28-31	26-29	28-32	28-32
P	1,7-1,9	1,5-1,9	1,4-1,9	1,2-1,6	1,4-1,6	1,6-1,9
K	22-25	19-24	20-24	15-19	22-25	24-31
Ca	10-13	15-18	12-18	11-16	13-19	12-15
Mg	2,7-3,5	3,6-4,0	3,4-4,0	2,8-3,3	3,2-4,1	3,1-3,8
S	1,8-2,3	2,1-2,4	1,8-2,1	1,5-1,8	1,9-2,4	1,6-2,3
	----- mg kg ⁻¹ -----					
B	50-90	60-80	50-70	40-70	50-60	50-80
Cu				10-15		
Fe	120-200	110-330	200-400	250-300	250-350	120-250
Mn	100-150	120-200	110-180	110-250	170-240	90-200
Mo				0,10-0,15		
Zn	10-20	12-20	10-20	8-12	10-18	10-15

Lima Filho et al. (1997) citam a possibilidade da utilização de um medidor de clorofila manual (Clorofilômetro SPAD-502) para estimar o teor de N nas folhas (correlação de 73%) do cafeeiro Catuaí Vermelho no campo de modo simples, rápido e com baixo custo podendo detectar precocemente a deficiência de N. O clorofilômetro é um aparelho portátil que calcula um índice chamado SPAD (Soil and Plant Analysis Development) que é a relação entre a transmitância de dois comprimentos de onda através da folha da planta: 650 nm, comprimento de onda no qual as moléculas de clorofila apresentam um pico de absorbância e 940 nm no qual a absorbância pela clorofila é muito baixa sendo utilizado apenas como fator de correção em função da espessura e do teor de água da folha (Godoy, 2001). Santos et al. (2003) observaram um aumento linear da medida do clorofilômetro com as doses crescentes de N aplicadas via fertirrigação em cafeeiros Catuaí espaçados 2,5 x 1,0 m permitindo o monitoramento do teor de N no solo durante o período reprodutivo (agosto a janeiro)

Outro método, citado por Malavolta et al. (1997), e utilizado em cafeeiros da Costa Rica é o teor de nitrogênio total solúvel em água, o qual compreende o nitrato e o nitrogênio orgânico solúvel em água (NOSA), e que se correlaciona bem com a dose de nitrogênio aplicada e a produção.

Outra ferramenta que pode auxiliar na avaliação do estado nutricional do cafeeiro é o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) que se baseia no cálculo de índices para cada nutriente, comparando as razões entre um nutriente (ex.: N) e cada um dos demais nutrientes (ex.: N/K, N/P, etc.) da amostra com um padrão de referência (normas DRIS). As normas DRIS devem ser estabelecidas para cada condição edafoclimáticas sendo necessário uma série de dados de produtividade associado aos teores foliares de nutrientes do cafeeiro.

Já foram estabelecidas normas DRIS para os cafeeiros da Colômbia (Arboleda et al., 1988), da região serrana do Espírito Santo (Costa & Prezotti, 1997) e do sul de Minas Gerais (Reis Jr. Et al., 2002), no entanto, ainda não há padrões de referência para cafeeiros fertir

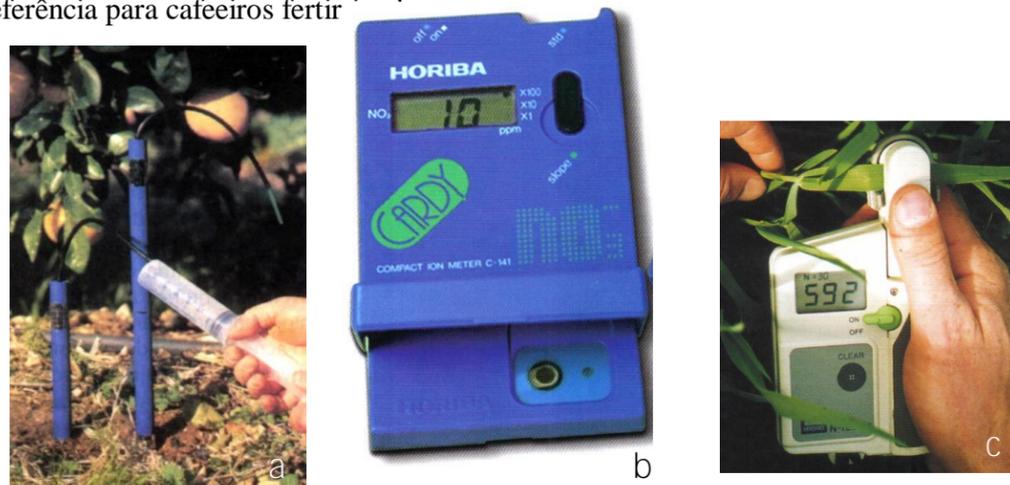


Figura 7. (a) Extrator de solução do solo (Dimenstein, 2001); (b) Eletrodo portátil para determinação do teor de nitrato na solução do solo (Cardy-401, Horiba); (c) Clorofilômetro (SPAD-502, Minolta).

No caso da fertirrigação a análise do solo não é dispensável, entretanto, pouco auxilia no manejo da adubação nitrogenada. Porém a avaliação da solução do solo quanto ao teor de nitrato e potássio através de testes rápido ou eletrodos específicos portáteis pode ser uma alternativa que auxilie no manejo da fertirrigação. A solução do solo pode ser coletada através de extratores enterrados no solo e formados por um tubo de diâmetro inferior a 1" com um microtubo de polietileno no seu interior e uma cápsula

de cerâmica na ponta através da qual a solução entra após ser imposto um vácuo no microtubo com o uso de uma seringa (Dimenstein, 2001).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.E.B.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, R.J.; MUNIZ, J.A.; SILVA, E.L. Crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. Resumos... Fortaleza, 2000. (CD-ROM).
- AMARAL, J.A.T. Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio. Viçosa, 1991. 139p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.
- ANTUNES, C.L.; VILLAS BÔAS, R.L. Panorama da fertirrigação no Brasil. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Agriannual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002, p.54-59.
- ARBOLEDA, V.C.; ARCILA, P.J.; MARTINEZ, B.R. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: uma alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. Agron. Colombiana, v.5, p.17-30, 1988.
- BRANDO, C.H.J. Vantagens e vulnerabilidade da cafeicultura brasileira. In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Agriannual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2003, p.251-254.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia, v.60, n.1, p.65-68, 2001.
- CARVAJAL, J.F. Cafeto: cultivo y fertilización. 2.ed. International Potash Institute: Berne, Suíça, 1984.
- CARVAJAL, J.F.; ACEVEDO, A.; LÓPEZ, C.A. Nutrient uptake by coffee tree during a yearly cycle. Turrialba, v.19, n.1, p.13-20, 1969.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação). Viçosa, MG, 199. 359p.
- CORRÊA, J. B.; GARCIA, W. R.; COSTA, P. C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13, 1986, São Lourenço. Anais... Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1986. p 35 – 41.
- COSTA, A.N.; PREZOTTI, L.C. Padrão de referência para o uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23, 1997, Manhuaçu. Anais... Manhuaçu: MAA/CBPed-Café, 1997. p.191-192.
- DIMENSTEIN, L. Método de monitoramento nutricional da solução do solo para manejo de fertirrigação. In: SANTOS, C.M. Irrigação da cafeicultura no Cerrado: palestras. Uberlândia: UFU, 2001, p.173-177.

- FARIA, R.T.; SIQUEIRA, R. Sistema radicular de cafeeiros irrigados e sem irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu, Anais... Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (CR-ROM).
- 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 distanciamientos dos cafeeiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, 2001, Araguari. Anais... Uberlândia: UFU, 2001, p.15-19.
- FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Agriannual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2003, 544p.
- FRANCO, C.M. Translocação lateral de N, P e K no cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 10, 1983, Poços de Calda. Anais... Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1984, p. 1-2.
- GALLO, P.B.; RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. *Bragantia*. V.58(2), p.341-351, 1999.
- ITEM Irrigação e Tecnologia Moderna, Cafeicultura irrigada. Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, n.48, set. 2000.
- JONES JR, J.B. Modern interpretation systems for soil and plant analysis in the USA. *Australian Journal Experimental Agronomy*, v.33, p.1039-1043, 1993.
- JONES JR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. Plant analysis handbook. Athens, Micromacro Publication, 1991. 213p.
- KARASAWA, S.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, R.J. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função do parcelamento de adubação e lâmina d'água aplicada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, 2001, Araguari. Anais... Uberlândia: UFU, 2001, p.25-28.
- LEITE, C.A.M.; SILVA, O.M A demanda de cafés especiais. In: ZAMBOLIM, L. Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: UVF, 2000, p.51-74.
- LIMA FILHO, O. F., MALAVOLTA, E., CABRAL, C. P. Avaliação preliminar de um medidor de clorofila manual como auxiliar no manejo da adubação nitrogenada em cafeeiro. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. Curitiba: , v.40, n.3, p.642 - 650, 1997.
- LIMA, E.; COSTA, A.; PARRA, M.S.; PAVAN, M.A. Recomendação para as principais culturas do estado do Paraná. In: Paraná, SEAB. Manual Teórico do subprojeto de manejo e conservação do solo. 2 ed. Curitiba, 1994, 372p.
- MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.7, p.1017-1022, 2002.
- MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D.R.; ROMERO, J.P. Seja o doutor do seu cafezal. Piracicaba: Potafos, 1993. 13p. (Informações Agronômicas, 64).
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Estudos sobre a nutrição de nitrogênio e potássio para a vegetação e a produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 24, 1998, Poços de Calda. Anais... Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998 (CD-ROM Jubileu de Prata).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. Nutrição e Adubação do cafeeiro. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1983, 224p.

- MANTOVANI, E.C. Irrigação do cafeeiro. Item – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.48, p.45-49, 2000.
- MARINO, L.K. Mais perto de um equilíbrio no mercado In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Agriannual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2003, p.249-250.
- MARINO, L.K.; BREDARIOL, F. Quem fica com a maior parte da receita do café In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Agriannual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2003, p.254-255.
- MATIELLI, A.; SAN JUAN, R.C.C.; SANTINATO, R.; PEREIRA, E.M. Mapeamento do sistema radicular do cafeeiro. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n.76, dez. 1996, p.1 (Encarte Técnico).
- MATIELLO, J.B. Absorção radial pronunciada de sais aplicados ao solo em cafeeiros conillon In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24, 1998, Poços de Calda. Anais... Brasília:MAA-PROCAFÉ, 1998 (CD-ROM Jubileu de Prata).
- MATIELLO, J.B.; AGUIAR, S.; GOMES, B.; BOM, J.L. Observações sobre salinidade de água e do solo na toxidez ao cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24, 1998, Poços de Calda. Anais... Brasília:MAA-PROCAFÉ, 1998 (CD-ROM Jubileu de Prata).
- MATTA, F.M.; AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. Field Crops Research, Amsterdam, v.60, p.223-229, 1999.
- MENDONÇA, F.C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: SANTOS, C.M. Irrigação da cafeicultura no Cerrado: palestras. Uberlândia: UFU, 2001, p.45-78.
- MILLS, H.A.; JONES JR., J.B. Plant analysis handbook II. Athens, Micromacro Publication, 1996. 422p.
- NAZARENO, A.; MENDES, G. Cultivares com potencialidade para lavouras irrigadas. In: SANTOS, C.M. Irrigação da cafeicultura no Cerrado: palestras. Uberlândia: UFU, 2001, p.125-135.
- NOGUEIRA, F.D. ; LIMA, L. A. ; GUIMARÃES, P. T. G. Fertirrigação no Cafeeiro. Informe agropecuário , v. 19, n. 193, p 82 – 91, 1998.
- PREZOTTI, L.C. Recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo (3ª. aproximação). Vitória, ES: EMCAPA, 1992. 73p. (circular Técnica, 12).
- PREZOTTI, L.C.; NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H.; CANTARUTTI, R.B., BARROS, N.F. Adubação de formação e manutenção de cafezais (Sistema para recomendação de fertilizantes e corretivos do solo para a cultura do café arábica). In: ZAMBOLIM, L. (ed). Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: UVF, 2000, p.125-147.
- RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996, 285p.
- REIS JÚNIOR, R.A.; CÔRREA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose Nutricional de cafeeiros da região de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. Revista Brasileira de Ciência do Solo. V.26, p. 801-808, 2002.
- 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.

- RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GONTIJO, P. de T.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNATIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, Londrina, 1994. Anais... Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p. 73-85.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. Item – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.48, p.34-41, 2000.
- REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. Plant Analysis – an interpretation manual. Meulbourne, Inkata Press., 1988, 218p.
- RODRIGUES, J.L.A.; SAN JUAN, R.C.C.; LESSI, R.A.; MATIELLI, A. Distribuição do sistema radicular do cafeeiro no estado do Paraná. Informações Agrônomicas, Piracicaba, n.76, dez. 1996, p.2 (Encarte Técnico).
- SALOMÃO, H. Manejo correto da fertirrigação faz cafeeiro produzir mais. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Agrianual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002, p.223-228.
- 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. Os conselhos de um especialista. Item – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.48, p.33, 2000.
- SANTINATO, R.; FERNANES, A.T.L.; FERNANDES, D.R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore, 1996. 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 CAFEIRAS, 15, 1989, Maringá. Trabalhos apresentados...Brasília: IBC, 1989. p.225-227.
- SANTOS, T.S.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; LEITE JR., J.B. Monitoramento do estado nutricional em nitrogênio do cafeeiro cv. catuaí fertirrigado por gotejamento baseado no índice relativo de clorofila. In: Simpósio de Pesquisas Cafeeiras, 3, 2003, Porto Seguro. Resumos... Porto Seguro: EMBRAPA/ Café, 2003 (CD-ROM).
- SILVA, A.M.; COELHO, G.; SILVA, P.A.M.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; COELHO, M.R.; COELHO, G.S. Avaliação do efeito da época de irrigação e da fertirrigação sobre a produtividade e qualidade física do café (safra 1999/2000). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu, Anais... Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (CR-ROM).
- SILVA, A.M.; FARIA, M.A.; SILVA, P.A.M.; COELHO, G.; CASTRO, F.R.; COELHO, M.R. Avaliação do efeito da época de irrigação e da fertirrigação sobre a produtividade do café. In: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza, Anais... Fortaleza:Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (CR-ROM).
- SILVA, O.M.; LEITE, C.A.M. Competitividade e custos do café no Brasil e no exterior. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: UVF, 2000, p.27-50.
- TESSLER, M. Irrigação por gotejamento, uma revolução na produção de café. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Agrianual Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002, p.220-224.
- VIEIRA, R.F.; BONOMO, R. Fertirrigação em café. Item – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.48, p.64-73, 2000.

- VILLAS BÔAS, R.L.; ZANINI, J.R.; DUENHAS, L.H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J.C. (eds.) Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia. Jaboticabal: Funep, 2002, p. 1–26.
- WILLSON, K.C.: Mineral nutrition and fertilizer needs. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K. C. (eds.). Coffee - Botany, biochemistry and production of beans and beverage. London, England: Croom Helm, 1985. 215p.
- ZANINI, J.R., Distribuição de água e do íon K^+ no solo, aplicado por fertirrigação em gotejamento. Item – Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.46, p.13-24, 1991.