

1 INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica antiga e que há muito tempo vem sendo útil para aumentar a produtividade das culturas em geral. O uso da irrigação diminui o risco dos agricultores no que se refere às produções a serem alcançadas, não impedindo, no entanto, que ocorram riscos financeiros. Para o cafeicultor, a irrigação é uma prática que, além de incrementar a produtividade, pode proporcionar a obtenção de um produto diferenciado, de melhor qualidade (especial) e com perspectiva de bons preços no mercado.

Os mercados interno e externo tornaram-se, atualmente, mais exigentes quanto à qualidade do produto e a tendência é que fiquem cada vez mais rigorosos. O consumo de cafés finos vem crescendo a uma taxa média de 1,5% ao ano nos últimos dez anos e a previsão dos especialistas, até o ano de 2010, é de um aumento no consumo atual em 20 milhões de sacas, sendo que 70% desse valor deverão ser de café arábica, de qualidade, e 30% de robusta (Illy, 1998).

Produzir café exige investimento alto, leva anos para a primeira colheita, depende das condições climáticas e é preciso obter um produto de boa qualidade (especiais). Os cafés especiais são assim classificados, seja pela qualidade da bebida, seja pelo processo de produção. A qualidade da bebida depende de alguns atributos, como a variedade da planta cultivada, clima, solo da região, tratamentos culturais e pós-colheita (Saes & Nunes, 1998).

Santinato et al. (1996) comentam que, apesar da pesquisa com irrigação na cultura do cafeeiro ter sido iniciada no Brasil em 1946, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), foi somente a partir dos anos oitenta que esses estudos ressurgiram,

através do Instituto Brasileiro do Café (IBC), conseqüência da necessidade de novas informações para o café irrigado, implantado em regiões consideradas marginais quanto às suas aptidões hídricas, como por exemplo nos cerrados e no nordeste brasileiro.

A irrigação não é uma prática recomendada extensivamente para as regiões zoneadas como climaticamente aptas à cafeicultura, no entanto, inúmeros autores e empresas de equipamentos de irrigação vêm ressaltando que essas regiões sofrem com o efeito das estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pelo cafeeiro, promovendo queda de produção e de qualidade, indicando a necessidade e a viabilidade da adoção da prática da irrigação.

O desenvolvimento tecnológico da agricultura nos últimos tempos, tem feito com que o risco econômico da atividade agrícola possa ser decomposto em dois componentes: variabilidade de produção e preços. Com a irrigação reduzem-se ou eliminam-se as perdas causadas por déficit hídrico, no entanto, os riscos econômicos e de perdas por excesso de chuvas, principalmente no período de colheita, ainda permanecem (Filho & Gonzaga, 1991).

A irrigação pode ajudar muito os agricultores, porém, os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser criteriosamente estudados e analisados, objetivando sempre que os rendimentos sejam maiores que os custos. Desta forma, estudos que auxiliem os técnicos e os agricultores nas tomadas de decisões, como investir ou não em um sistema de irrigação e, ou, estimar como, quando e quanto irrigar para se obter a máxima receita líquida com a cafeicultura, são cada vez mais necessários.

O Brasil é um grande produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por uma produção anual de 28,9 milhões de sacas beneficiadas de 60kg, cultivada em uma área correspondente a 1,98 milhões de hectares, da qual apenas 200 mil hectares são irrigados. A área de café em formação no país é de 0,296 milhões de hectares (Item, 2000).

O desenvolvimento de estudos aplicados ao planejamento da irrigação do cafeeiro no Brasil é importante, especialmente no estado de Minas Gerais. A cafeicultura mineira ocupa posição de destaque no *ranking* nacional, sendo responsável por 60% da

produção brasileira, o que corresponde a 11,2% de participação no produto interno bruto agropecuário nacional. O café respondeu também por mais de 3% da arrecadação de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) recolhido em Minas Gerais no ano de 1998 e gera emprego para aproximadamente 1,5 milhões de pessoas, segundo a Federação da Agricultura no Estado de Minas Gerais (FAEMG). O Sul de Minas e o Triângulo Mineiro são as regiões produtoras de café mais importantes do estado. Dos 853 municípios existentes em Minas Gerais, 590 são produtores de café, com 65.560 propriedades envolvidas no processo produtivo, a maioria concentrada na região Sul de Minas. O "Café do Cerrado", de alta qualidade, concorre com a região Sul de Minas entre os melhores cafés tipo exportação.

Neste sentido, destaca-se a importância e aplicabilidade dos modelos de simulação voltados às decisões no planejamento e gerenciamento dos projetos de irrigação. A utilização da técnica permite apresentar alternativas propostas para solucionar um dado problema e, ou, simular condições reais, com a vantagem de apresentar, ainda, baixo custo, rapidez na obtenção dos resultados e necessitar de uma série pequena de dados.

Em decorrência dos fatos apresentados, realizou-se este trabalho com os seguintes objetivos:

- Desenvolver um modelo de simulação voltado à análise de risco econômico, que auxilie na tomada de decisão quanto ao planejamento e gerenciamento dos projetos de irrigação para a cultura do cafeeiro;
- Proporcionar ao modelo uma estrutura versátil e flexível, de forma que ele possa servir à solução isolada de alguns problemas frequentes encontrados na agricultura irrigada e, também, ao planejamento de outras culturas perenes com características semelhantes à cultura do cafeeiro;
- Avaliar os principais procedimentos empregados no desenvolvimento do modelo e analisar a viabilidade da cafeicultura irrigada sob condição de risco econômico em duas propriedades: uma situada na região Sul de Minas Gerais e outra no Triângulo Mineiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento de modelos voltados ao planejamento da agricultura irrigada, de forma geral, é uma atividade complexa. Existem muitas variáveis interferindo e interagindo no sistema, o que exige um grande número de informações e dados de pesquisas envolvendo aspectos importantes sobre a irrigação da(s) cultura(s). Este ponto é crucial no desenvolvimento dos modelos pois, nem sempre, é possível encontrar todas as informações necessárias pesquisadas satisfatoriamente. Os itens de revisão dispostos a seguir reúnem algumas informações importantes, que juntamente com um grande número de outras bibliografias consultadas, mas que não se encontram citadas nesta revisão, contribuíram de uma forma ou de outra às decisões tomadas no trabalho proposto e justificam sua estruturação, formulação e composição.

2.1 O café – considerações gerais

No gênero *Coffea* da família das *Rubiaceae* agrupam-se cerca de 80 espécies de cafeeiro hoje descritas. No entanto, dentre as espécies cultivadas a *Coffea arabica* L. (Café Arábica) e *Coffea canephora* Pierre (Café Robusta) são responsáveis, respectivamente, por 74% e 25% da produção mundial de café comercial, as demais espécies produzem apenas 1% (Cardoso, 1994). No Brasil, cerca de 82% da produção são provenientes de lavouras formadas com cultivares da espécie *C. arabica* e 18% de cultivares da espécie *C. canephora* (Melo, et al., 1998).

A área original do café Arábica são as terras altas, a mais de 1.000m de altitude, na Etiópia e Sudão, onde cresce em estado semi-silvestre nos estratos inferiores da floresta. O cafeeiro Robusta cresce como planta silvestre nas florestas equatoriais africanas a altitudes desde o nível do mar até por volta dos 1.000m, principalmente entre os paralelos 10° N e 10° S, da costa ocidental da Uganda (Camargo & Pereira, 1994). Embora o cafeeiro seja cultivado em regiões com pluviosidade entre 750mm e 2.500mm, as melhores condições correspondem a chuvas anuais de 1.600mm a 1.800mm para o café Arábica e de 2.000mm a 2.600mm para o café Robusta (Cardoso, 1994).

Em geral, dependendo das condições climáticas e de alguns fatores de produção como a variedade da planta cultivada, solo da região, tratamentos culturais e pós-colheita, o café arábica proporciona melhor bebida que o café robusta (Camargo & Pereira, 1994; Illy, 1998; Ormond et al., 1999). Este fato é importante para os cafeicultores, posto que, tanto no mercado norte-americano como no europeu as estatísticas indicam declínio ou estagnação do consumo de café *commodity*, ao passo que se constata o crescimento de demanda por cafés especiais (Saes & Nunes, 1998).

Os cafés *commodities* estão na base da espécie robusta, de grãos despolidos e lavados e os cafés especiais são aqueles que resultam, dentre outros atributos, do beneficiamento do café arábica (Illy, 1998). A espécie robusta não possui sabores variados nem refinados como a arábica, e sua acidez é mais baixa (Ormond et al., 1999). O consumo de cafés finos vem crescendo a uma taxa média de 1,5% ao ano, nos últimos dez anos, e a previsão dos especialistas até o ano de 2010 é de um aumento no consumo atual em 20 milhões de sacas, sendo que 70% desse valor deverão ser de café arábica, de qualidade, e 30% de robusta (Illy, 1998). Os mercados consumidores de cafés especiais crescem a uma velocidade superior a do mercado produtor e a sua maior procura tem determinado sensível diferencial de preço. Os cafés especiais constituem cerca de 5% da produção global e o Brasil apresenta condições para o seu amplo cultivo (Caixeta & Teixeira, 1999).

As informações dispostas no parágrafo anterior são importantes para a cafeicultura Brasileira, especialmente para o estado de Minas Gerais, que possui atualmente condições extremamente favoráveis para a produção de cafés de qualidade, além de possuir áreas apropriadas para a ampliação da atividade.

O estado de Minas Gerais, entre o período de 1964 e 1976, classificava-se em terceiro lugar quanto à sua população e produção cafeeira, com 2,5 milhões de sacas de café em média. Paraná e São Paulo detinham, respectivamente, o primeiro e segundo lugar na produção nacional com uma média de 10,4 e 7,1 milhões de sacas de café. A partir de 1975, devido à geada que assolou os cafezais do sul do país, a contribuição relativa de Minas Gerais na produção nacional assumiu posição de destaque, e desde então, a participação do estado no contexto cafeeiro nacional apresentou-se sempre com tendências crescentes (Caixeta, 1978).

A Tabela 1 extraída do IEA (1998) mostra, entre outras informações, que o estado de Minas Gerais é responsável por 57,8% da produção do café nacional, seguido respectivamente pelos estados do Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia.

Dada a previsão de consumo dos cafés especiais para os próximos anos, é interessante observar também que, em relação aos outros estados brasileiros, Minas Gerais é responsável por 66,5% da produção de café Arábica.

Tabela 1. Produção Brasileira de café na safra 1998/99.

Estado	Área (ha)	Nº de pés (1.000 pés)	Produção (1.000sc)		Total (1.000sc)	Produção (%)
			Arábica	Robusta		
Minas Gerais	771.170	1.674.800	19.570	60	19.630	57,8
Espírito Santo	460.960	745.900	2.090	2.980	5.070	14,9
São Paulo	190.800	300.00	4.450	—	4.450	13,1
Paraná	127.840	236.900	2.130	—	2.130	6,3
Bahia	83.400	119.140	840	190	1.030	3,0
Rondônia	120.000	120.000	20	1.180	1.200	3,5
Outros	44.150	74.850	310	130	440	1,4
Total	1.788.320	3.260.640	29.410	4.540	33.950	100,0

Fonte: IEA (1998)

Muito embora a cafeicultura tenha sido iniciada na Zona da Mata em Minas Gerais, devido a uma série de fatores agroclimáticos e econômicos, após a década de 60, o Sul de Minas passou a liderar a produção cafeeira do estado em decorrência de melhores solos, melhor topografia e condições mais favoráveis de clima para a obtenção de cafés de alta qualidade (Informe Agropecuário, 1978). O Sul de Minas participa com aproximadamente 56,4% da produção de café do Estado (Oliveira, 1998). Entretanto, com a recuperação da fertilidade dos solos sob vegetação de cerrado, outras regiões surgiram como zonas potenciais para a cafeicultura (Informe Agropecuário, 1978). Na década de 70, surgiu a região cafeeira assentada no Planalto Central, que foi conquistando seu espaço e hoje produz 3,5 milhões de sacas de café beneficiado de excelente qualidade, passando a ser conhecida como “região do cerrado mineiro”. Sabedores da qualidade do seu produto, os cafeicultores da região criaram a marca “Café do Cerrado”, já conhecida internacionalmente e que tem conquistado mercados exigentes do mundo, com preços diferenciados (Grossi, 1998).

Antunes (1978), baseando-se nos zoneamentos parciais efetuados pelo Instituto Brasileiro do Café (1974)¹ para diversos estados cafeeiros e em parâmetros adotados por Camargo et al. (1977)², elaborou cartas de zoneamento agroclimático para a cultura do cafeeiro em Minas Gerais. A Figura 1, apresenta o zoneamento agroclimático feito para a cultura do café arábica.

Analisando a Figura 1, nota-se que grande parte da região Sul de Minas e parte da região do Triângulo Mineiro possuem condições térmicas e hídricas satisfatórias para a cultura do café arábica. As condições agroclimáticas existentes, dentre outros fatos já citados anteriormente, explicam porque grande parte da expansão cafeeira em Minas Gerais se deu dentro das duas regiões mencionadas, além da região do Alto Paranaíba.

¹ INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p.21-34.

² CAMARGO, A.P. de.; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 1976. **Bases para utilização agropecuária**. Belo Horizonte: Itatiaia, São Paulo: USP, 1977. p.89-105.

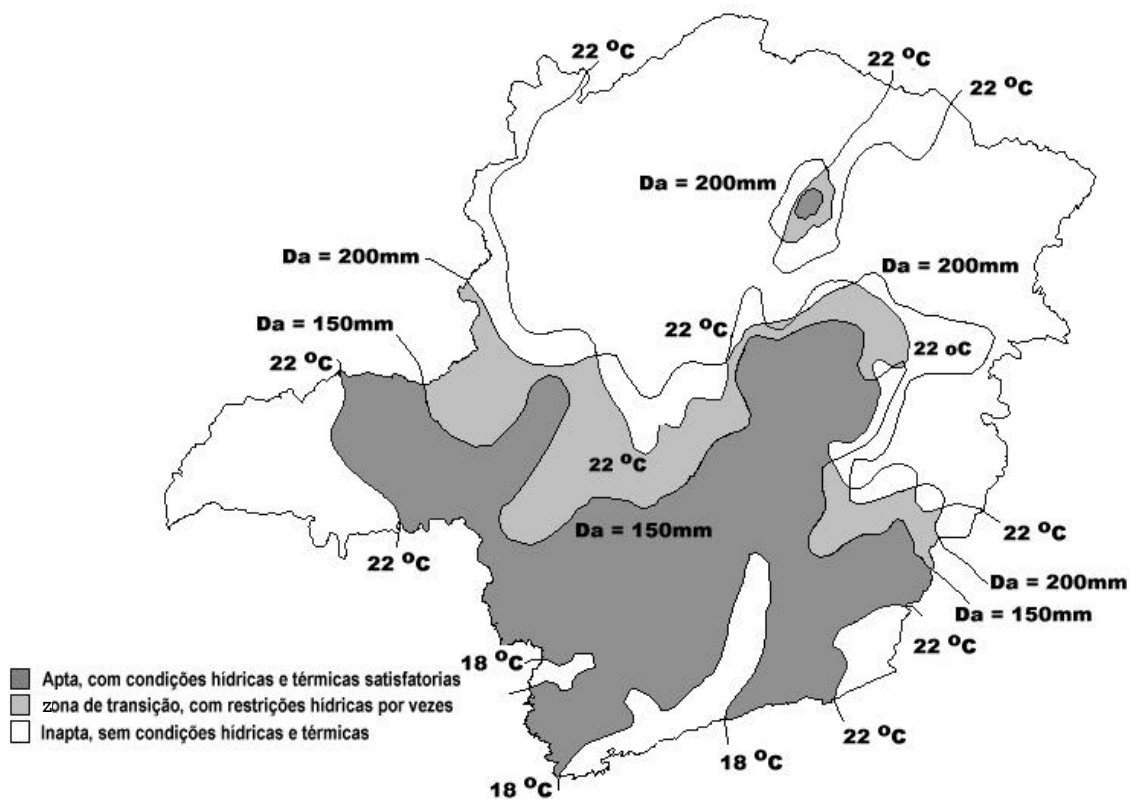


Figura 1 – Zoneamento agroclimático para a cultura do café arábica no Estado de Minas Gerais, realizado por Antunes (1978).

A espécie *Coffea arabica* possui um grande número de variedades e cultivares, porém, apenas algumas delas apresentam valor econômico. Thomaziello et al. (1996) citam como importante as variedades *Coffea arabica* L. var. *angustifolia* (Roxb) Miq, *Coffea arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy, *Coffea arabica* L. var. *caterra* (KMC), e destacam a variedade *Coffea arabica* L. var. *arábica* (Cramer) por ser aquela cultivada em maior extensão de área. As cultivares mais conhecidas e indicadas pertencentes a espécie *Coffea arabica* são a Mundo Novo, Acaiá, Catuaí Vermelho e Amarelo, Icatu Amarelo e Vermelho.

Pereira & Bartholo (1978) e Bartholo & Chebabi (1985), baseando-se em alguns resultados obtidos em ensaios nas regiões de Minas Gerais, indicam as cultivares de café Mundo Novo, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo para serem plantadas no

Estado. A Tabela 2 apresenta uma série de cultivares e linhagens de café que foram avaliadas e indicadas para a produção em larga escala nas regiões de Minas Gerais (Melo et al., 1998).

Tabela 2. Cultivares e linhagens de café arábica indicadas para Minas Gerais.

Cultivares	Linhagens de café indicadas para as regiões de Minas Gerais		
	Sul , Sudoeste e Noroeste de Minas; Campos das Vertentes; Alto do Paranaíba; Triângulo Mineiro e Alto São Francisco	Zona da Mata e Rio Doce	Jequitinhonha e Vale do Mucuri
Acaia Cerrado	MG – 1474	MG – 1474	—
Catuaí Amarelo	MG – 17, 47 e 62	MG – 17, 47 e 62	MG – 47 e 62
Catuaí Vermelho	MG – 44, 99, 15	MG – 44, 99, 15 e 51	MG – 44, 99 e 15
Icatu Amarelo	MG – 2944 e 3282	MG – 2944 e 3282	MG – 3282
Icatu Vermelho	MG – 2942	—	—
Mundo Novo	MG – 379-19 e 376-4	MG – 379-19, 376-4 e 464-18	MG – 379-19
Rubi	MG – 1190 e 1192	MG – 1192	—
Topázio	MG – 1189 e 1194	MG – 1189 e 1194	MG – 1189 e 1194

Fonte: Melo et al. (1998)

No Brasil, em geral, o café é cultivado em áreas de condições macroclimáticas satisfatórias, isto é, em regiões onde a deficiência hídrica anual está abaixo de 150mm. Nestas áreas, a irrigação tem pequeno efeito sobre a produção. Em regiões com deficiência hídrica anual entre 150mm e 200mm, a irrigação pode trazer vantagens econômicas e somente em locais com déficit anual de água acima de 200mm a irrigação é essencial para se obter produção comercial (Antunes, 1978; Camargo & Pereira, 1994; Santinato et al. 1996).

No entanto, Camargo (1987), Santinato et al. (1996), Faria et al. (1999a) e Item (2000) citam que regiões climaticamente aptas para o cultivo do cafeeiro vêm sofrendo com certa frequência o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda, promovendo queda de produção em várias lavouras na região Sul de Minas Gerais e do Triângulo Mineiro. A possibilidade dos veranicos comprometerem a produção do cafeeiro, por atuarem na fase de expansão dos grãos, leva à necessidade da irrigação para suprir a demanda da cultura.

2.2 Irrigação

2.2.1 Considerações gerais sobre a irrigação

A idéia da irrigação das culturas agrícolas consiste no suprimento de água às plantas na quantidade necessária e no momento adequado para se obter, economicamente, a produção ótima e a melhor qualidade do produto.

Não se deve fazer irrigação pelo simples prazer de dizer que se está fazendo agricultura irrigada, mas, sim, com o objetivo de aumentar o lucro, com o aumento da produção e da qualidade, ou de incorporar à agricultura áreas que não seriam possíveis de se cultivar sem o uso da irrigação. O planejamento e operação de um sistema de irrigação devem ser baseados nos objetivos e nas condições em que se executará o sistema. Em regiões onde a água é fator limitante, o objetivo deve ser a obtenção da máxima produção por unidade de água aplicada. Em outras condições, o objetivo pode ser a obtenção de máxima produção por unidade de área cultivada, custo de mão-de-obra ou de energia consumida (Bernardo, 1989).

A irrigação é uma tecnologia que requer investimentos consideráveis e está associada à utilização intensiva de insumos, tornando-se imprescindível a análise dos componentes de custos dos sistemas empregados (Melo, 1993; Cardoso, 1994). As regas deverão ser quantificadas de modo a aplicar apenas a água suficiente para atender as necessidades da cobertura vegetal, sem excessos, para não constituir desperdícios de água, tempo e dinheiro (Camargo, 1987).

2.2.2 Irrigação do cafeeiro

Por se tratar de uma prática relativamente nova na cafeicultura, a perspectiva promissora da adoção da irrigação deve ser estudada e analisada de forma detalhada no que se refere ao planejamento, dimensionamento, manejo e desenvolvimento da cultura. Santos et al. (1998) num diagnóstico à cafeicultura no cerrado concluíram que a maioria dos cafeicultores sentem falta de resultados de pesquisa e de informações técnico-econômicas a respeito da irrigação. Os mesmos

autores acrescentam que a época e a frequência de irrigação ainda não estão bem estabelecidas, e poucos agricultores fazem um manejo da irrigação baseando-se em métodos técnicos.

Andrade (1991), considera que num sistema tecnológico e operacional a irrigação do cafezal pode ser válida e deve ser testada em regiões diferentes das que hoje são consideradas aptas. O autor ressalta, no entanto, que a irrigação deve ser feita em conjunto com inovações tecnológicas, em um nível de gerência sofisticado, suficientes para remunerar adequadamente os investimentos necessários. Cardoso (1994) comenta que a irrigação do cafezal, embora seja uma operação cultural dispendiosa, pode economicamente justificar-se em regiões que apresentem mais de quatro meses secos consecutivos, mesmo que os seus solos tenham elevada capacidade de retenção de água utilizável pelas plantas, e em áreas com pluviosidade anual média inferior a 1.300mm e solos com baixa capacidade de armazenamento de água utilizável pelas plantas.

2.2.3 Sistemas de irrigação e cafeicultura

Novas experiências tecnológicas aplicadas ao cultivo do cafeeiro, como algumas inovações na irrigação, têm trazido resultados significativos nos últimos anos. O pivô central com irrigação dirigida é uma adaptação do sistema tradicional, e é um exemplo de tecnologia que está sendo desenvolvida. As linhas da lavoura são dispostas de forma circular e a irrigação é feita somente sobre os pés de café, racionalizando e economizando a distribuição de água, fertilizantes e defensivos (Ormond et al., 1999). A irrigação localizada também deixou de focalizar exclusivamente a aplicação de água e passou a considerar mais a nutrição completa e a realização de alguns tratamentos fitossanitários da planta através da própria irrigação. O uso de novas tecnologias na irrigação, vêm permitindo a racionalização no uso dos recursos e possibilitando ganhos de produtividade, qualidade e padronização das culturas, e também, na eficiência energética e rentabilidade das atividades agrícolas (Bettini, 1999).

Santos et al. (1998) objetivando a realização de um diagnóstico das condições predominantes na cafeicultura do cerrado, levantou os seguintes pontos

importantes mediante pesquisa feita com 190 cafeicultores (27,14% do total) participantes do III Encontro Nacional de Irrigação da Cafeicultura do Cerrado, em 1997: 81,6% dos agricultores não irrigantes e 73,6% dos irrigantes possuem área total cultivada menor do que 100ha; os recursos hídricos disponíveis para irrigação são escassos; o uso da irrigação além de evitar a morte das plantas evita também o aborto de flores e queda de frutos por falta de água, resultando em ganho de produtividade; os sistemas de irrigação mais representativos, em termos de área irrigada são “tripa” (24,16%), seguido pelos sistemas pivô central (19,62%), gotejamento (17,38%), autopropelido (11,97%) e outros (0,23%); o aumento médio de produtividade devido à irrigação foi de 22,8 sacas de café beneficiado/ha, sendo o aumento máximo de 47 sacas beneficiado/ha e o mínimo de zero (sem aumento de produtividade); o pivô central foi o equipamento que possibilitou, em média, o maior aumento de produtividade. Algumas outras características levantadas, envolvendo área plantada, tipo de sistema utilizado, turno de rega e dotação de rega podem ser vistos nas Tabelas 3, 4 e 5.

Os dados da Tabela 3 permitem verificar que os sistemas de irrigação mais rudimentares como “tripa” e mangueira são utilizados em áreas menores, possivelmente por agricultores de poder aquisitivo mais baixo. Nestes sistemas, a eficiência e uniformidade de aplicação da água não podem ser bem monitoradas. Os sistemas mais técnicos, como gotejamento e pivô central, são preferidos em áreas maiores, muito embora sejam utilizados também por pequenos agricultores.

Tabela 3. Distribuição percentual dos cento e noventa produtores, por classe de área cultivada com café, em função do tipo de sistema de irrigação.

Sistema de irrigação	Estratos de área (ha)					
	0 — 25	25 — 50	50 — 100	100 — 200	200 — 400	≥ 400
Gotejamento	11,1	11,1	22,2	11,1	44,4	0,0
Pivô central	16,7	0,0	33,3	28,6	14,3	0,0
Autopropelido	26,3	31,6	31,6	10,5	0,0	0,0
Tripa	46,3	18,5	20,4	7,4	0,0	0,0
Mangueira	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Santos et al. (1998)

Tabela 4. Dotação mensal de rega do cafeeiro, conforme o manejo, para o sistemas de irrigação pivô central, gotejamento, canhão e “tripa”.

Sistema Irrigação	Meses do ano												Irrigantes (%)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Pivô Central – M1													9,1
Pivô Central – M2													18,2
Pivô Central – M3													18,2
Pivô Central – M4													18,2
Pivô Central – M5													9,1
Pivô Central – M6													9,1
Pivô Central – M7													9,1
Pivô Central – M8													9,1
Irrigantes (%)	9,1	18,2	27,3	81,1	100,0	100,0	72,7	81,8	100,0	63,6	18,2	18,2	
Gotejamento - M9													11,1
Gotejamento - M10													11,1
Gotejamento - M11													11,1
Gotejamento - M12													22,2
Gotejamento - M13													33,3
Gotejamento - M14													11,1
Irrigantes (%)	33,3	22,2	22,2	33,3	88,9	22,2	22,2	100,0	100,0	77,8	22,8	22,2	
Canhão – M15													5,6
Canhão – M16													16,7
Canhão – M17													5,6
Canhão – M18													5,6
Canhão – M19													5,6
Canhão – M20													11,1
Canhão – M21													11,1
Canhão – M22													11,1
Canhão – M23													5,6
Canhão – M24													5,6
Canhão – M25													5,6
Canhão – M26													5,6
Canhão – M27													5,6
Irrigantes (%)	5,6	5,6	5,6	11,1	38,9	50,0	27,8	100,0	83,3	61,1			
“Tripa” – M28													2,0
“Tripa” – M29													2,0
“Tripa” – M30													4,1
“Tripa” – M31													6,1
“Tripa” – M32													16,3
“Tripa” – M33													4,1
“Tripa” – M34													2,0
“Tripa” – M35													2,0
“Tripa” – M36													4,1
“Tripa” – M37													14,3
“Tripa” – M38													2,0
“Tripa” – M39													2,0
“Tripa” – M40													2,0
“Tripa” – M41													2,0
“Tripa” – M42													2,0
“Tripa” – M43													4,1
“Tripa” – M44													4,1
“Tripa” – M45													2,0
“Tripa” – M46													6,1
“Tripa” – M47													2,0
“Tripa” – M48													2,0
“Tripa” – M49													6,1
“Tripa” – M50													2,0
“Tripa” – M51													2,0
“Tripa” – M52													2,0
Irrigantes (%)		2,0		20,4	38,8	38,8	34,7	91,8	85,7	38,8	6,1		

Tabela 5. Turno de rega (TR), lâmina aplicada e lâmina diária, conforme o manejo e sistema de irrigação utilizado.

Sistema de irrigação	Turno de rega (TR)		Lâmina aplicada		Lâmina diária	
	(Dias)	(% de irrigantes)	(mm/TR)	(% Irrigantes)	(mm/dia)	(% irrigantes)
Gotejamento						
Manejo 1	1 a 4	28,6	1,0 a 5,0	14,3	1,0 a 3,5	57,1
Manejo 2	5 a 10	14,3	5,0 a 25,0	28,6	3,6 a 4,5	14,3
Manejo 3	11 a 15	14,3	26,0 a	14,3	> 4,5	28,6
Manejo 4	> 15	42,9	> 50,0	42,9	—	—
Pivô central						
Manejo 5	6	25,0	1 a 10	28,6	< 1,5	50,0
Manejo 6	7	25,0	11 a 15	57,2	1,5 a 2,0	25,0
Manejo 7	10	50,0	16 a 20	14,3	> 2,0	25,0
"Tripa"						
Manejo 8	1 a 5	2,3	0 a 50	17,9	0 a 5	29,7
Manejo 9	6 a 10	44,2	51 a 100	38,5	6 a 10	35,1
Manejo 10	11 a 15	32,6	101 a 150	23,1	11 a 15	24,3
Manejo 11	16 a 20	11,6	151 a 200	12,8	16 a 20	8,1
Manejo 12	21 a 25	4,7	201 a 250	5,1	21 a 25	2,7
Manejo 13	26 a 30	4,7	251 a 300	2,6	—	—
Canhão						
Manejo 14	6 a 10	64,3	20 a 40	58,8	0 a 3	42,9
Manejo 15	11 a 15	28,6	41 a 60	29,4	4 a 6	42,9
Manejo 16	16 a 20	7,1	61 a 80	5,9	7 a 15	14,2

Fonte: Santos et al. (1998)

As Tabelas 4 e 5 permitem verificar que a turno de rega e a dotação mensal de rega do cafeeiro em Araguari, ainda não foram bem definidos pelos técnicos e agricultores, ilustrando bem a dificuldade em se estabelecer, tanto tecnicamente como economicamente, o momento e a época adequada para se proceder as irrigações do cafeeiro na região. É importante ressaltar que a cidade de Araguari freqüentemente é citada como uma das localidades com maior problema de deficiência hídrica para o cafeeiro no Triângulo Mineiro.

Como se pode observar, mediante algumas características de projeto e manejo de irrigação apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5, a cafeicultura irrigada é complexa. Os sistemas mais rudimentares de irrigação apresentaram condições predominantes sobre alguns estratos de área, porém, não se pode esquecer que a tendência atual e principalmente futura será de racionalização dos recursos existentes, o que somente é possível mediante a utilização de sistemas de irrigação que empreguem melhores condições tecnológicas.

2.2.4 Fertirrigação no cafeeiro

Fertirrigação é o processo de distribuição de fertilizantes juntamente com a água de irrigação (Carrijo et al., 1999), estando diretamente associada aos sistemas melhorados de irrigação e ao manejo da água (Papadopoulos, 1999). Teoricamente, ela pode ser utilizada em qualquer método ou sistema de irrigação (Carrijo et al., 1999). O manejo da água deve ser adequado o suficiente para possibilitar a aplicação e distribuição de todos os fertilizantes necessários à cultura via a própria irrigação (Papadopoulos, 1999).

No estado de Minas Gerais, a fertirrigação do cafeeiro está mais difundida com o método de aspersão via pivô central. No entanto, a experiência atual já permite algumas orientações para qualquer tipo de sistema de irrigação (Nogueira et al., 1998). A frequência de aplicação dos fertilizantes pode ser igual à frequência das irrigações, tendência atual, ou em intervalos maiores. A frequência é função de fatores como a capacidade do sistema, mão-de-obra disponível, tipo de solo e cultura, ou até mesmo, da preferência do produtor (Carrijo et al., 1999).

2.2.5 Deficiência hídrica nas fases de desenvolvimento do cafeeiro

Camargo (1985) observa que toda a cafeicultura comercial do Brasil apresenta uma condição parecida, com o florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno, o que indica, segundo o autor, que o fotoperiodismo no café arábica condiciona uma estação definida de frutificação a partir de quatro graus de latitude.

No cerrado, a falta de chuva costuma ocorrer nas fases de diferenciação floral, dormência e floração, causando prejuízos no vingamento da florada e no início do desenvolvimento dos frutos. A falta de chuva nestas fases provoca drástica redução na produção das lavouras (Ormond et al., 1999). Mantiello (1991) afirma que é na fase de frutificação que a irrigação passa a ser necessária no cerrado, e acrescenta que a utilização da irrigação tem resultado em bom retorno, com aumentos significativos da produção.

O cafeeiro, para vegetar e frutificar normalmente, necessita encontrar umidade suficiente no solo durante as fases de vegetação e frutificação. A fase de vegetação ocorre entre os meses de setembro e outubro, e a fase de frutificação entre os meses de maio e junho. Na estação de colheita e abotoamento da planta, de julho a setembro, a umidade do solo pode cair bastante e aproximar-se do ponto de murchamento permanente, sem maiores problemas à cafeicultura. A experimentação tem mostrado que as deficiências hídricas na fase de abotoamento (pré-florada) são até benéficas ao cafeeiro. O ambiente seco proporciona condições favoráveis para a colheita e a secagem do produto, com melhoria do tipo e qualidade da bebida. A baixa umidade no solo durante a fase de abotoamento (julho a setembro) estimula uma florada abundante e uniforme com as primeiras chuvas ou irrigações de outubro (Camargo, 1985; Camargo, 1992; Cargo & Pereira, 1994).

Carvajal (1984) comenta que o período de repouso ou dormência das gemas florais provoca grande influência na produtividade do cafeeiro, já que essa fase corresponde à formação do botão floral. A floração propriamente dita é provocada pelas primeiras chuvas da estação, após o período seco. Após a abertura floral, deficiências de água predisõem os cafeeiros à atrofia, assim como o excesso de chuvas (Rena & Maestri, 1985).

Jordão et al. (1996), recomendam que, sob as condições do cerrado mineiro, as irrigações do cafeeiro devem ser programadas em duas fases: no período de diferenciação floral, complementando as chuvas, a partir de abril-maio; e no período de quebra da dormência e floração, a partir de agosto-setembro.

2.2.6 Parâmetros de crescimento do cafeeiro irrigado

Com os resultados preliminares de uma pesquisa, Faria et al. (1999a) constatou que no período de julho/98 a março/99, houve maior crescimento das plantas com o aumento da lâmina de água aplicada. Houve também maior aproveitamento dos nutrientes N e K quando aplicados na fertirrigação.

Faria et al. (1999b) estudando o efeito das lâminas de irrigação aplicadas no cafeeiro para um período de 16 meses, constatou efeitos significativos sobre alguns parâmetros de crescimento da planta. Dentre as lâminas estudadas (100%, 80%, 60% e 40% da evaporação do tanque Classe A), a que proporcionou maior desenvolvimento do diâmetro do caule, diâmetro da copa e comprimento do primeiro ramo plagiotrópico foi aquela que repôs 100% da evaporação do tanque Classe A. Fernandes et al. (1999a) obtiveram em um pivô central no oeste baiano, aumento vegetativo de 50% a 60%. Já Faria & Siqueira (1988), trabalhando na região de Londrina-PR entre os anos de 1981 e 1987, somente encontraram efeitos significativos no crescimento do cafeeiro irrigado até os 18 meses. Os autores concluíram que o maior aprofundamento das raízes permitiu a absorção de água a maiores profundidades, eliminando o efeito dos tratamentos nas variáveis analisadas.

2.3 Espaçamento para o plantio do cafeeiro

O espaçamento adotado para a cultura do cafeeiro, desde a sua introdução no Brasil até os dias atuais, passou por uma série de modificações (Bartholo et al., 1998). Geralmente, o espaçamento do cafeeiro depende de uma série de fatores como a variedade, o clima, a fertilidade dos solos, o sistema de poda e o manejo que se pretende adotar para a cultura no futuro (Carvajal, 1984).

Camargo & Pereira (1994), Bartholo et al. (1998) e Melo et al. (1998) comentam que a tendência da cafeicultura na agricultura moderna será a utilização de plantas menores para evitar a competitividade e alcançar maiores rendimentos por unidade de área, já que é possível aumentar a produtividade colocando-se um número convenientemente maior de plantas na área. Os primeiros autores citam a cultivar Catuaí como um exemplo desta nova tendência.

A cultivar Catuaí foi obtida do cruzamento artificial de cafeeiros selecionados de “Caturra Amarelo” e “Mundo Novo”. É uma planta de porte reduzido, rústica, com ramificação secundária abundante e altamente produtiva (Bartholo &

Chebabi, 1985). As melhores progênies de “Catuaí” têm a mesma capacidade produtiva da “Mundo Novo” (Melo et al., 1998).

Não existe regra geral para o espaçamento, cada região e propriedade é um caso particular, podendo haver as mais diferentes combinações (Thomaziello et al., 1996). Espaçamentos mais adensados proporcionam maior produção por área, no entanto, há limitação para tratos culturais mecanizados e, a partir de certa idade, a lavoura necessita ser podada ou ter ruas eliminadas devido ao fechamento (Thomaziello et al., 1996; Barros, 1997).

De acordo com Ormond et al. (1999), o sistema de plantio do cafeeiro pode ser tradicional, em renque ou adensado. Thomaziello et al. (1996) classificam os sistemas de plantio do cafeeiro em livre crescimento e adensado, e recomendam para os dois sistemas, os espaçamentos contidos na Tabela 6.

Tabela 6. Recomendação de espaçamento para o cafeeiro em dois tipos de sistema.

Cultivares	Sistema de livre crescimento			Sistema adensado		
	Espaçamento		Número de mudas na cova	Espaçamento		Número de mudas na cova
	entrelinhas (m)	entrecovas (m)		entrelinhas (m)	entrecovas (m)	
Mundo Novo	4,0	1,5	2	2,0	0,5 a 1,0	1
Acaíá e Icatu	4,0	1,0	1	2,0	0,5 a 1,0	1
Catuaí Vermelho	3,5	1,5	2	1,5 a 2,0	0,5 a 1,0	1
Catuaí Amarelo	3,5	1,0	1	1,5 a 2,0	0,5 a 1,0	1

Fonte: Thomaziello et al. (1996)

Dependendo do espaçamento, o sistema livre de crescimento permite o cultivo de 2.000 a 3.300 plantas por hectare. No sistema adensado, o número de plantas é três a cinco vezes maior, podendo conter de 5.000 a 10.000 plantas de café por hectare (Rena & Maestri, 1985; Thomaziello et al., 1996; Barros, 1997; Rena et al., 1998; Ormond et al., 1999).

Rena & Maestri (1985) já afirmavam que existiam evidências de que a população de 5.000 plantas/ha, correspondendo ao espaçamento de 2,5m x 0,8m, estava bem próxima do ideal para as cultivares de pequeno porte e para os solos mais pobres, como os que são encontrados nos cerrados. Rena et al. (1998) reafirmaram que muitos

trabalhos foram conduzidos nos últimos 30 anos sobre o plantio adensado do cafeeiro, em diversas partes do mundo, e a conclusão foi de que a população ideal encontra-se próxima de 6.000 plantas/ha.

Barros (1997) estudando, em dois experimentos, a influência do espaçamento e o manejo de podas programadas sobre a produção de duas variedades de café (“Caturra” e “Mundo Novo”) durante o período de 1963 a 1983 em Campinas, concluiu que: para as duas variedades estudadas, altas densidade de plantio apresentaram elevadas produções nas primeiras safras com acentuado decréscimo após sete colheitas, independente da aplicação de podas; a variedade “Mundo Novo” manteve o potencial produtivo enquanto que a variedade “Caturra” diminuiu sensivelmente a produção ao longo dos anos, evidenciando o baixo vigor da segunda; a utilização de duas plantas por cova favoreceu o aumento na produção para plantio não adensado; e a adoção de podas programadas não influenciou na produção das variedades estudadas.

2.4 Produtividade do cafeeiro e sua vida útil

A produtividade é um índice que mede o sucesso de uma atividade ou processo. A literatura cita pelo menos dois índices:

- produtividade parcial ou produtividade dos fatores de produção: é medida como a relação de produção total por um determinado fator, por exemplo, a produtividade da terra (produção/ha); e
- produtividade total ou eficiência: é medida como a relação da produção total em função do total de fatores utilizados (NAS, 1975³ citado por Portugal, 1985).

Guimarães et al. (1989) comenta que o problema de se avaliar a produtividade em função do nível de atividades está no fato observado, de que em lavouras com o mesmo uso dos recursos e condições semelhantes, têm-se obtido produtividades diferentes. O autor argumenta que o fato ocorrido é justificável, uma vez

³ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **Agricultural production**. Washington, 1975.

que resultados físicos e econômicos mais eficazes são alcançados por produtores que melhor utilizam os seus recursos no processo produtivo. Carvajal (1984) também descreve que, dependendo das características do ecossistema, o cultivo econômico exige a utilização de um grande número de práticas culturais, algumas das quais são desconhecidas e, ou, mal executadas por grande parte dos cafeicultores.

A produção comercial do cafeeiro inicia-se 2 ou 3 anos após o seu plantio (Camargo & Pereira, 1994; Ormond et al., 1999) e pode continuar produzindo até os 50 anos, dependendo das condições edafoclimáticas (Camargo & Pereira, 1994). Bacha (1998) acrescenta que o cafeeiro, normalmente, só dá sua primeira produção significativa aos 4 anos de idade. Para o autor, quando um cafezal é plantado no espaçamento 4m entrelinhas por 1,5m entrecovas (1.666covas/ha), a produtividade máxima é atingida entre 12 e 14 anos de idade, tendendo a cair posteriormente. Teoricamente, um cafezal plantado no espaçamento descrito acima tem vida útil de 20 a 25 anos. Rena & Maestri (1985) e Ormond et al. (1999) já defendem que o ponto máximo de produtividade do cafeeiro ocorre entre o quinto e o sétimo ano de idade. A partir daí, segundo os autores, inicia-se o chamado ciclo bienal do cafeeiro, onde em um ano a planta rende muito e no ano seguinte tem uma queda significativa de produtividade. Rena et al. (1998) comenta que um bom sistema de condução da planta pode fazer a idade cronológica do cafeeiro ser menos importante que a sua idade fisiológica e a lavoura pode permanecer, mediante podas, produtiva por 30, 40 ou mais anos.

O ciclo bienal do cafeeiro consiste no fato de um ano com grande florada ser seguido de outro ano com pequena florada. A ocorrência de um ano com grande florada acompanhado de uma boa produção no ano seguinte, proporciona o esgotamento da planta, que necessita da ocorrência do espaço de um ano para gerar novamente uma boa florada. Assim, em condições climáticas estáveis, sem geada, seca e, ou, excesso de chuvas, uma grande produção em um ano é seguida de uma produção menor em outro ano. O ciclo bienal é característica de cada cafeeiro, no entanto, uma adversidade

climática pode sincronizar os cafeeiros, fazendo com que toda a produção brasileira de café sofra ao mesmo tempo essa oscilação bienal (Bacha, 1998).

A Tabela 7 mostra a produtividade média alcançada por algumas cultivares de café arábica em vários experimentos realizados no estado de Minas Gerais (Bartholo & Chebabi, 1985).

Tabela 7. Produtividade média de café beneficiado para algumas cultivares de café.

Cultivar	Produtividade (sacas de 60 kg/ha)
Arábica	9,37
Caturra	12,47
Sumatra	15,10
Bourbon Vermelho	19,68
Bourbon Amarelo	27,43
Mundo Novo	37,00
Catuaí	33,33
Icatu	33,33

Fonte: Carvalho (1981)⁴ citado por Bartholo & Chebabi (1985)

A produtividade média dos cafezais no Brasil é muito variada. A diversidade de espécies plantadas, o sistema de plantio, a região, o clima, a idade e os tratamentos culturais da lavoura, entre outros fatores, estabelecem grandes diferenças na produtividade, que pode variar de cinco a noventa sacas beneficiadas por hectare (Ormond et al., 1999).

Carjaval (1984) comenta que a utilização da irrigação na cafeicultura pode aumentar a produção anual de 30% a 175% além de atenuar, sensivelmente, o fato da produção bienal. Drumond et al. (1999) estudando a irrigação por gotejamento e o uso de granulados de solo na lavoura cafeeira por um período de 4 anos nas condições de Planaltina-GO, concluíram que: a irrigação anual (janeiro a dezembro) apresentou a maior produtividade, com acréscimo de mais de 100% em relação à testemunha não irrigada; a supressão da irrigação no período chuvoso provocou uma redução de até 32% na produção, devido a incidência de veranicos e má distribuição das chuvas.

⁴ CARVALHO, A. de. Café: novas variedades mais produtivas. **Agricultura de Hoje**. v.6, n.68, p.32-34, mar. 1981

Fernandes et al. (1999b) num trabalho semelhante ao anterior, porém realizado na região de Bonfinópolis-MG, obtiveram resultados com aumento de produtividade de 113%, 163% e 220% nos tratamentos que repunham 50%, 75% e 100%, respectivamente, das diferenças observadas entre a precipitação e a evapotranspiração potencial mensal. Em dois anos de experimento no Oeste Baiano, sob irrigação por pivô central, Fernandes et al. (1999a) concluíram que o aumento de produtividade do cafeeiro no tratamento irrigado, foi 2,5 vezes maior do que no tratamento sem irrigação. Alves (1999) trabalhando com irrigação por gotejamento, concluiu experimentalmente que a irrigação do cafeeiro no município de Lavras é justificável. A irrigação utilizada produziu efeitos significativos no desenvolvimento do cafeeiro e as produtividades obtidas foram 54,9%, 26,09%, 33,11% e 25,19% maiores do que a testemunha, para as lâminas de 100%, 80%, 60% e 40% da evaporação do tanque classe A, respectivamente.

No entanto, existem experimentos onde alguns autores verificaram um pequeno incremento da produção de café: Lazzarini (1952) obteve 11%; Barreto et al. (1974) e Faria & Siqueira (1988), em seis anos de experimentação, obtiveram um incremento de 12% e 6% a 13%, respectivamente. Tosello et al. (1967) obteve aumento de produção somente nos anos secos, quando as irrigações foram realizadas oportunamente.

Picini (1998) testando dez modelos matemáticos para a estimativa da produtividade do cafeeiro arábica, levando-se em consideração a medida da disponibilidade hídrica do solo e seus diversos estádios fenológicas, constatou em três localidades do estado de São Paulo que: os modelos aditivos mostraram-se mais apropriados à estimativa de produtividade do cafeeiro do que os multiplicativos; o modelo aditivo adaptado por Stewart et al. (1976)⁵ foi o que apresentou o melhor desempenho; a combinação compreendendo os trimestres agosto a outubro, novembro a janeiro e fevereiro a abril, foi a que apresentou melhores resultados na parametrização e teste com o modelo aditivo de Stewart et al. (1976).

⁵ STEWART, J.I.; HAGAN, R.M.; PRUITT, W.O. **Production functions and predicted irrigation programmes for principal crops as required for water resources planning and increased water use efficiency**: final report. Washington: U.S. Department of Interior, 1976. 80p.

Os itens de revisão apresentados até o momento permitem verificar que a irrigação da cultura do cafeeiro possui uma série de particularidades. Nota-se também que existem dificuldades para se estabelecer algum tipo de função de produção para a cultura. A diversidade de espaçamentos e sistemas de plantio da cultura, aliados a variação da produtividade com a vida útil, tratos culturais, características fisiológicas e climáticas, proporcionam dificuldades e incertezas nos estudos realizados. Os benefícios da irrigação para a cultura e os benefícios econômicos advindos de sua utilização também não foram convenientemente estudados ainda. Assim, é importante enfatizar que novos estudos referentes à cafeicultura irrigada necessitam objetivar que os rendimentos sejam maiores que os custos. Os agricultores também devem estar informados e cientes que: a irrigação somente propicia bons resultados quando bem conduzida e onde todos os tratos culturais são adequados; há necessidade de uma utilização racional dos fatores de produção; e a decisão de utilizar a prática da irrigação elimina em parte os riscos climáticos, mas não elimina os riscos financeiros.

2.5 Modelos de balanço hídrico

Conforme Ometto (1981), balanço hídrico é a contabilização de toda a água envolvida no sistema solo-planta-atmosfera, podendo oferecer a qualquer instante a quantidade de água disponível contida em um perfil de solo predeterminado, sendo um indicador do potencial climatológico de um local para um vegetal qualquer.

Diversos autores desenvolveram e ainda vêm desenvolvendo metodologias voltadas ao planejamento e gerenciamento das culturas na agricultura irrigada. Alguns dos modelos desenvolvidos têm a finalidade de quantificar as necessidades de água durante os diversos estádios de desenvolvimento da cultura e podem, de acordo com Camargo & Pereira (1990, 1994) ser classificados como: modelos pedológicos, baseados na determinação dos teores de água no solo; modelos físicos, que utilizam de determinações da tensão da água no solo; modelos fisiológicos, fundamentados nas reações da planta às deficiências de água no solo; modelos

irrigacionistas, baseados em leituras do tanque “Classe A”; e modelos climatológicos, baseados no balanço entre precipitação e evapotranspiração da cultura.

Alguns modelos são mais complexos, exigindo um grande número de medidas que caracterizem o sistema solo-planta-clima, enquanto outros são mais simplificados adotando situações de contorno no intuito de reduzir custo, tempo, mão-de-obra, entre outros. A necessidade de um modelo de balanço hídrico com maior ou menor complexidade e precisão é função do tipo de trabalho e, ou, atividade que está se desenvolvendo ou monitorando.

O balanço das entradas e saídas de água que ocorrem em um volume de solo caracterizam a variação do armazenamento (ΔA) em um intervalo de tempo, e pode segundo Pereira et al. (1997), ser representado basicamente por:

- seis possíveis formas de entrada: chuva (P), orvalho (P_O), escoamento superficial (F_e), drenagem lateral (DL_e), ascensão capilar (AC), irrigação (I); e
- quatro possíveis formas de saída: evapotranspiração (ET), escoamento superficial (F_s), drenagem lateral (DL_s), drenagem profunda (D_f).

No caso ideal, o somatório de todas as variáveis integrantes do balanço hídrico é igual a zero (lei de conservação das massas), isto é:

$$P + P_O + F_e + DL_e + AC + I + ET + F_s + DL_s + D_f + \Delta A = 0$$

Ometto (1981) comenta que dentre as formas de entrada e saída de água em um volume de solo, os componentes mais importantes são aqueles que afetam a quantidade de água que será ou poderá ser aproveitada pela planta. Logo, tem maior importância a chuva (P), irrigação (I), evapotranspiração (ET) e a variação de armazenamento de água no volume considerado (ΔA). O orvalho (P_O) representa uma contribuição pequena, com um máximo de 0,5mm/dia em locais úmidos. As entradas e saídas do escoamento superficial, e a drenagem lateral tendem a se compensar (Pereira et al., 1997). Como a variação de armazenamento de água ocorre na camada onde se encontram aproximadamente 80% do sistema radicular da planta em questão, a

drenagem profunda é contabilizada como excesso (Ometto, 1981) e a ascensão capilar pode ser desprezível em solos profundos (Pereira et al., 1997).

Um dos processos de balanço hídrico climatológico mais citados e utilizados na literatura é o descrito por Thornthwaite & Mather (1955)⁶. O método consiste em um quadro com colunas, onde são dispostos valores de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET_o), que podem variar da escala diária até mensal. A partir destas duas colunas e com o valor da capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao tipo de planta cultivada e solo, o balanço hídrico climatológico fornece estimativas da evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento de água no solo (ARM) (Ometto, 1981; Camargo, 1985; Tubelis, 1986; Pereira et al., 1997).

O balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955)⁶ dá indicação do valor das deficiências e excedentes hídricos de uma dada região, em milímetros. De acordo com Camargo (1985) e Camargo & Pereira (1990), o método tem se mostrado eficiente para programar e definir as irrigações necessárias à cafeicultura.

Para uma dada cultura irrigada, toda vez que a contabilização hídrica indicar um dado valor preestabelecido de lâmina consumida, na dependência da percentagem de disponibilidade de água do solo que será usada entre duas irrigações sucessivas, aplica-se a irrigação. O valor preestabelecido depende do tipo de cultura, da profundidade do seu sistema radicular, e da capacidade de retenção d'água do solo, em mm por cm de profundidade do solo (Bernardo, 1989).

Estudos envolvendo o balanço hídrico, irrigação e custo de produção do cafeeiro são poucos e ainda deixam muito a desejar quanto ao que pode ser feito. A maioria dos poucos trabalhos desenvolvidos até o momento, avaliam as necessidades de irrigação do cafeeiro por intermédio do balanço hídrico climatológico e, ou, agroclimatológico, geralmente para um período mensal, baseando-se na metodologia

⁶ THORNTWHAITE, C.W.; MATTER, J.R. **The water balance**. Centerton: The Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1).

tradicional desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1955). As análises realizadas quase sempre não consideram o ciclo produtivo do cafeeiro ao longo de sua vida útil.

A importância dos modelos de balanço hídrico voltados à otimização e auxílio das decisões quanto ao planejamento e gerenciamento dos projetos de irrigação está na aplicabilidade. A utilização da técnica permite representar alternativas propostas para solucionar um dado problema e, ou, simular condições reais com a vantagem de apresentar, ainda, baixo custo, rapidez na obtenção dos resultados e necessitar de uma série menor de dados climáticos.

Os subitens a seguir, descrevem alguns pontos sobre os principais componentes de entrada e saída do balanço hídrico, considerados importantes no planejamento e gerenciamento da irrigação do cafeeiro.

2.5.1 Precipitação

Dentre as formas de precipitação, a chuva é o elemento mais importante sendo que a sua ocorrência depende muito do clima da região. Embora o cafeeiro seja cultivado em regiões com pluviosidade entre 750mm e 2.500mm, existe um consenso entre diversos autores indicando que as melhores condições para o café Arábica correspondem a chuvas anuais entre 1.600mm e 1.800mm, com um mínimo absoluto em torno de 1.000mm (Camargo & Pereira, 1994; Cardoso, 1994).

Segundo Carvajal (1984), na avaliação da precipitação efetiva ótima para o cafeeiro em uma dada região, é importante observar: a precipitação anual média; a distribuição da precipitação durante o ano, com especial atenção para os meses secos; o desvio da precipitação anual dos anos secos e úmidos em relação a média; e as características físicas do solo. O mesmo autor comenta que existe uma correlação entre a chuva do ano anterior e a colheita de café do ano seguinte. A disponibilidade de água está intimamente relacionada com certos processos fisiológicos primários, como a fotossíntese e a transpiração. O inadequado suprimento de água também incide nos processos de respiração, abertura dos estômatos, floração e tamanho dos frutos.

Sediyama (1987) apresenta cinco alternativas para o desenvolvimento de modelos que, por meio de análise da distribuição da precipitação local, determinam a frequência de irrigação e a lâmina aplicada a cada irrigação. São eles: irrigação baseada exclusivamente na disponibilidade de água no solo; irrigação baseada nas precipitações dependentes; irrigação baseada na duração média dos períodos secos; irrigação baseada nas probabilidades de ocorrência de períodos secos; irrigação baseada conjuntamente na duração média dos períodos secos e nas precipitações dependentes.

O estudo da distribuição dos valores registrados de precipitação, a partir de séries históricas disponíveis, oferece excelente subsídio para análise e seleção de valores. Nos modelos de decisão relacionados à disponibilidade de recursos hídricos em agroecossistemas, o conhecimento da probabilidade de ocorrência de valores de precipitação para um intervalo de tempo, garante maior confiabilidade aos resultados (Oliveira et al., 1997).

Peron & Castro Neto (1986), trabalhando com dados de 66 anos de precipitação, determinaram o número, proporção, frequências e períodos de retorno para veranicos na região de Lavras-MG. Castro Neto & Silveira (1983), com a mesma série de dados, estabeleceram a precipitação provável em períodos de dez, quinze e trinta dias, baseando-se na função de distribuição de probabilidade Gama. Oliveira et al. (1997) trabalhando na estimativa de probabilidade de ocorrência de precipitação para dezenove localidades do Estado de Santa Catarina optaram, também, pelo estudo da distribuição de frequência por meio de uma metodologia que utiliza a função de densidade Gama Incompleta.

2.5.2 Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser medida ou estimada e inúmeros são os métodos propostos para se quantificar o seu valor. As medidas são obtidas com equipamentos instalados em condições de campo e as estimativas geralmente empregam o uso de modelos teóricos que consideram elementos do clima, solo e da planta.

As medidas da evapotranspiração diretamente no campo, geralmente utilizando-se de lisímetros e evapotranspirômetros, constitui tarefa onerosa e trabalhosa. Tais medidas, mostram-se aplicáveis apenas em postos meteorológicos especializados ou estações experimentais devidamente aparelhadas. Essas medidas destinam-se a calibrar e desenvolver métodos de estimativa da *ET_o* ou determinar o consumo de água por uma cultura qualquer nas distintas fases de seu desenvolvimento (Camargo, 1966; Ometto, 1981).

Doorenbos & Pruitt (1977) relacionaram 31 fórmulas de estimativa da *ET_o*, bem como as respectivas variáveis necessárias a sua utilização. Sedyama (1987) comenta a existência de aproximadamente 50 métodos de cálculo da *ET_o* e descreve 10 dos principais métodos mais utilizados na época. Villa Nova & Reichardt (1989) relacionaram vários métodos de medida e estimativa da *ET_o* que seriam mais usuais ou teriam maior aplicação às condições brasileiras de solo e clima. Pereira et al. (1997) comenta que a bibliografia sobre evapotranspiração é riquíssima e cita a referência de doze trabalhos que dispõem de vasta revisão bibliográfica sobre o tema. Os mesmos autores descrevem e exemplificam a utilização de 17 métodos de estimativa da *ET_o*, distribuídos dentro das categorias empírico, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlação dos turbilhões.

Castro Neto & Soares (1989) avaliando o desempenho de 23 métodos de estimativa da *ET_o* em relação às medidas em um lisímetro de drenagem em Lavras, verificaram que o resultado dos métodos variou bastante ao longo dos anos. Os métodos de Penman e Makkink proporcionaram as melhores estimativas para o período seco, enquanto que os métodos de Ostromecki e Thornthwaite estimaram melhor as medidas do período chuvoso. Souza et al. (1994), estudando o efeito da energia advectiva na estimativa da evapotranspiração de referência para a mesma região concluiu também que o método de Thornthwaite, entre os meses de janeiro e maio, mostrou-se como o mais indicado para estimar a *ET_o* da região. Os métodos de Penman e Tanque classe A, também apresentaram-se estreitamente correlacionados com os valores da *ET_o* medida.

O método de Thornthwaite tem sido bastante criticado por utilizar apenas a temperatura do ar como variável independente. Pereira et al. (1997) comenta que a crítica é injusta, pois inúmeros outros métodos utilizam apenas a temperatura como condicionante da *ET_o*.

Baseando-se nos resultados de um grande número de estudos, o método de Penman-Monteith, vem sendo considerado como um dos principais métodos para realização da estimativa da evapotranspiração de referência (*ET_o*) e conseqüente determinação dos coeficientes de cultivo (Smith, 1991). As boas estimativas alcançadas com o método de Penman-Monteith em comparação às medidas de *ET_o* em lisímetros, aliado ao fato de que ele apresenta bases físicas, e utiliza parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos, são os motivos que generalizam a sua utilização nos trabalhos de pesquisa envolvendo o sistema solo-planta-atmosfera.

Mediante a apreciação de inúmeros trabalhos que foram consultados, muitos deles inclusive não se encontram citados nessa revisão, é interessante observar o número de vezes em que os métodos de Thornthwaite, Tanque Classe A, Penman e Penman-Monteith foram utilizados. Os métodos de Thornthwaite e classe A são utilizados com frequência devido à simplicidade e rapidez nos cálculos, no entanto, a precisão e exatidão das suas estimativas dependem muito do local e da época do ano em que foram realizados os trabalhos. Os métodos de Penman e Penman-Monteith são utilizados por serem mais consistentes e terem condições de estimar melhor a *ET_o* na escala diária. No entanto, o grande número de informações climáticas necessárias mostra-se como o grande problema para o emprego generalizado dos mesmos, já que em algumas regiões brasileiras não é possível encontrar nem dados de temperatura.

2.5.2.1 Coeficiente de cultivo do cafeeiro (*K_c*)

Coeficiente de cultivo (*K_c*), é a relação entre a evapotranspiração da cultura (*ET_c*), em qualquer fase do seu desenvolvimento e sem deficiência hídrica, com a evapotranspiração de referência (*ET_o*) correspondente (Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Os valores dos coeficientes de cultivo (Kc) nos diversos estádios de desenvolvimento das culturas são importantes, pois permitem com uma simples operação, converter os valores de ET_o em ET_c , o que é essencial para a realização do balanço hídrico voltado ao planejamento e manejo da irrigação.

Camargo (1987), considera que o café arábica, de modo geral, apresenta quatro estádios fenológicos no curso do ano:

- Fase I, floração e expansão (chumbinho): é uma fase crítica, que ocorre de outubro a dezembro, onde a deficiência hídrica severa atrasa o crescimento dos frutos e reduz a produtividade;
- Fase II, granação e abotoação: é também uma fase crítica, ocorrendo de janeiro a março, sendo que a deficiência de água afeta a granação dos frutos, aumenta o chochamento e reduz a produtividade;
- Fase III, maturação e abotoação: é uma fase crítica, evidenciada entre os meses de abril e junho. A deficiência hídrica não afeta a maturação dos frutos já formados nem a produtividade do ano, no entanto, a abotoação e a frutificação do ano seguinte fica afetada.
- Fase IV – dormência: não é uma fase crítica, ocorrendo entre os meses de julho a setembro. A deficiência hídrica pode ser até benéfica, pois condiciona um abundante florescimento após as chuvas ou regas no final desta fase, e favorece uma frutificação e maturação uniforme da próxima safra.

O valor do coeficiente de cultivo (Kc) pode ser considerado como a porcentagem de cobertura do terreno pela folhagem da cultura mais o “mato”, se houver. Numa cultura que dê uma cobertura alta, que absorva e aproveite a maior parte da radiação solar, o valor de Kc pode chegar a 1,2. Para culturas perenes, arbustivas e sistema radicular permanente, como nos cafezais, os valores de Kc são praticamente crescentes com a idade da cultura, a não ser que haja redução das copas por poda ou outra razão (Camargo & Pereira, 1990).

Santinato et al. (1996) apresenta uma série de valores de coeficiente de cultivo da cultura do cafeeiro, determinados em experimentos e acompanhamento de campo de inúmeras lavouras irrigadas no Triângulo mineiro, Noroeste de Minas e Oeste da Bahia. Os valores apresentados pelos autores estão na Tabela 8.

Tabela 8. Valores de coeficiente de cultivo do cafeeiro (Kc).

Número de plantas (plantas/ha)	Espaçamento		Valores de Kc para o cafeeiro		
	entrelinhas (m)	entrecovas (m)	adultas idade > 3 anos	novas 1<idade< 3 anos	novas idade < 1 ano
2.500	maior que 3,0	maior que 1,0	1,0	0,8	0,6
3.333	maior que 3,0	entre 0,5 a 1,0	1,1	0,9	0,7
6.666	entre 2,0 a 3,0	entre 0,5 a 1,0	1,2	1,0	0,8
13.333	entre 1,0 a 2,0	entre 0,5 a 1,0	1,3	1,1	0,9

Fonte: Santinato et al. (1996)

Camargo & Pereira (1990) na localidade de Ituverava (latitude de 20°16' S, longitude de 47°48' W e altitude de 550m), simularam três anos consecutivos de balanço hídrico com prescrição de rega para cultura do cafeeiro (cultura perene), variedade Catuaí. O café apresentava idade de 5 anos, foi plantado no espaçamento 3,5m x 1,0m, e os valores de Kc utilizados foram estimados em função da percentagem de cobertura foliar do terreno (Tabela 9).

Tabela 9. Valores mensais do coeficiente de cultivo (Kc) do cafeeiro.

Ano	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
1985	0,80	0,81	0,82	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,86	0,87	0,88
1986	0,89	0,91	0,92	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,95	0,96	0,97
1987	0,99	1,00	1,00	1,00	0,83	0,83	0,83	0,83	0,84	0,85	0,86	1,00

Fonte: Camargo & Pereira (1990)

Camargo (1987) comenta que sendo o cafeeiro um arbusto perene, os valores de Kc podem ser estimados com a seguinte relação:

$$Kc = \frac{Ac}{Au \cdot 0,8}$$

em que: Ac é a área média coberta pela copa do cafeeiro (m^2); Au é a área possível de se cobrir com a copa do cafeeiro, área útil (m^2).

2.5.3 Armazenamento de água no solo

Para uma cultura anual, a profundidade do solo explorado pelas raízes varia com o estágio de desenvolvimento das plantas. Nas culturas perenes a profundidade do sistema radicular varia também com a idade. Uma vez definida a profundidade das raízes, tem-se o volume de controle, e a quantidade máxima de água retida contra a força da gravidade, é dada pela capacidade de água disponível (*CAD*) que é calculada pela expressão (Pereira et al., 1997):

$$CAD = 0,01 \cdot (U_{CC} - U_{PMP}) \cdot d \cdot z$$

em que: *CAD* é a capacidade de água disponível (mm); *U_{CC}* a umidade do solo na capacidade de campo, com base em peso (%); *U_{PMP}* a umidade do solo no ponto de murcha permanente, com base em peso (%); *d* a densidade aparente do solo ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$); *z* a profundidade do volume de controle ou profundidade efetiva do solo (mm).

“A capacidade de campo é a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis, de estrutura e textura uniforme” (Veihmeyer & Hendrickson, 1949⁷, citado por Reichardt, 1988). O ponto de murchamento permanente representa a percentagem de umidade que o solo ainda conserva quando ocorre e persiste o murchamento das plantas nele cultivadas. A densidade aparente (*d*) representa a massa de sólidos dividida pelo volume total do solo. A *CAD* de um solo é a percentagem de água capilar compreendida entre o ponto de murchamento permanente e a capacidade de campo (Bernardo, 1989). No entanto, apenas uma fração (*p*) da *CAD* pode ser considerada como água disponível (*AD*), uma vez que a medida que o solo perde umidade fica mais difícil extraí-la de seu interior (Pereira et al., 1997):

$$AD = CAD \cdot p$$

⁷ VEIHMAYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and wiltin percentages of soils. *Soil Sci.*, v.68, p.75-94, 1949.

Reconhecendo que o processo de perda de água do solo é função do armazenamento de água disponível no mesmo, Dourado Neto & Jong Van Lier (1993) estabeleceram quatorze condições necessárias à aceitação de modelos estatísticos, que têm como característica a representabilidade desse processo. Os autores concluíram que o modelo co-senoidal mostrou-se mais indicado para estimar o valor do armazenamento de água no solo, e recomendaram a sua utilização em cálculos referentes ao balanço hídrico.

Tendo-se uma estimativa da evapotranspiração e da precipitação média de um determinado local, pode-se contabilizar a água que se encontra armazenada no solo. A disponibilidade de água às plantas, por sua vez, é função da quantidade e da distribuição da precipitação ao longo do ano, da taxa de infiltração, e da *CAD*. A infiltração e a *CAD* estão intimamente relacionadas com a porosidade do solo, sendo que o livre movimento da água é favorecido pelos macroporos e a retenção de água é mais condicionada pelos microporos (Santana & Naime, 1978).

Para vegetar e produzir satisfatoriamente, tanto o café Arábica como o Robusta, devem ser cultivados em solos com profundidade mínima de um metro. Os solos devem ser bem drenados, tendo em torno de 60% de porosidade, e bem arejados, cerca de 30% do espaço poroso ocupado por macroporos. Logo, solos de textura arenosa, por deficiente retenção hídrica, e os argilosos (pesados), por arejamento insuficiente, são desaconselháveis (Cardoso, 1994).

2.5.3.1 Profundidade do sistema radicular do cafeeiro

A profundidade efetiva do sistema radicular (z) refere-se àquela até a qual as raízes das plantas podem penetrar sem dificuldade, em razoável quantidade, em busca de água e elementos nutritivos. Representa a camada do solo mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e armazenamento de água disponível às plantas.

O sistema radicular do cafeeiro é constituído por um eixo central aprofundante, cônico, que atinge uma profundidade máxima de 50cm a 60 cm de onde saem dois tipos de raízes de primeira ordem: as aprofundantes, axiais, nas quais se baseia a fixação da planta; e as que crescem horizontalmente, das quais brotam principalmente as radículas absorventes. Mais de 80% das radículas absorventes localizam-se nos 30cm superficiais do solo, sobretudo nos primeiros 10cm, e dentro de um círculo centrado no tronco com um raio de aproximadamente 50cm a 60 cm nas plantas adultas (Cardoso, 1994).

Dedecca (1957)⁸ citado por Picini (1998) observa que a raiz primária do cafeeiro não vai além de 0,5m de profundidade. No entanto, essa raiz primária (nas condições normais de cultura) ramifica-se, dando formação a um volumoso conjunto de raízes laterais que podem atingir 2,5m a 3m de profundidade.

A tolerância da planta aos períodos de seca varia em função de vários fatores, principalmente do volume de solo explorado pelas raízes. Embora existam cafezais desenvolvendo-se bem em solos com profundidade efetiva em torno de 1,0m, Cardoso (1994) considera que a profundidade mais adequada deveria ser superior a 1,50m, especialmente nas áreas onde as condições climáticas dão origem a uma certa carência hídrica.

Rena & Maestri (1985) relatam que após uma seca prolongada, relativamente severa, a atividade radicular foi encontrada entre 45cm e 75cm de profundidade e bem próxima ao tronco. No entanto, após uma chuva, a maior atividade se desenvolveu na superfície do solo e a uma distância de 70cm do tronco. Os autores comentam que em um experimento no Quênia, a 180cm de profundidade, a atividade radicular encontrada foi desprezível.

Por ser desprovida de pêlos radiculares, a raiz do cafeeiro é particularmente exigente em relação ao bom arejamento do solo e, conseqüentemente, em relação às propriedades físicas do mesmo (Cardoso, 1994). Segundo Rena & Maestri

⁸ DEDECCA, D.M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer. **Bragantia**. v.16, n.23, p.315-367, 1957.

(1985), a aplicação de cobertura morta e o uso da irrigação podem afetar muito o padrão de crescimento das raízes do cafeeiro. A irrigação reduz a profundidade de penetração da raiz pivotante e o desenvolvimento de raízes primárias e secundárias nas camadas mais profundas do solo.

Pelo exposto acima, compreende-se a importância da relação entre água e ar no solo. Santana & Naime (1978) recomendam que em um solo ideal, 50% de seu volume total deva ser ocupado pelo espaço poroso, sendo que metade desse espaço poroso deve ser ocupada com água e a outra metade com ar.

2.6 Custos de produção

A expressão custo possui vários significados, sendo que para fins de análise econômica, Hoffmann et al. (1978) definem que custo significa a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma. O mesmo autor comenta que os custos podem ser classificados como fixos, variáveis e médios. São fixos, os custos que não variam com a quantidade produzida, e variáveis, os custos que se alteram de acordo com o nível de produção da empresa. Os custos médios incluem parcela dos custos fixos e variáveis e são obtidos dividindo o somatório destes dois custos pelo número de unidades produzidas.

Turra (1990) analisando os métodos e critérios de cálculo de custos, fundamentado em 33 estudos de custos de produção, identificou três estruturas distintas de cálculo nos trabalhos analisados: custo total, custo operacional e custo variável. A estrutura do custo total foi a mais utilizada nos diferentes estudos, perfazendo um total de 87,88%. Dentre os estudos de custo analisados pelo mesmo autor, existiam 15 que estimavam os custos de produção para explorações perenes, como é o caso do café, sendo que 80% deles utilizaram o método convencional e 20% utilizaram a teoria de investimento em bens de produção (método do custo anualizado equivalente).

Turra (1990) comenta ainda, que a planilha de custos obtida com a aplicação da teoria de investimento em bens de produção inclui todos os ativos fixos e variáveis, podendo ser considerada como um custo total de produção anualizado. No entanto, quando se comparam os valores de custos de produção obtidos aplicando-se a teoria de investimento com os obtidos pelo método convencional, encontram-se diferenças. As distorções verificadas, geralmente, não chegam a ser significativas e devem-se, basicamente, ao uso de metodologias diferentes. O autor ressalta o fato do uso da teoria de investimento em bens de produção estar restrita, praticamente, aos estudos elaborados por agentes econômicos ligados ao ensino e pesquisa.

Interessantes informações, contendo algumas metodologias de cálculo com a descrição dos itens que são utilizados para compor o custo de produção do cafeeiro e outras culturas, podem ser encontradas nos trabalhos: Organização das Cooperativas Brasileiras (1989), Turra (1990), Filho & Gonzaga (1991), Custo de produção agrícola da CONAB (Brasil, 1996) e Reis et al. (1999). Não poderiam deixar de ser mencionadas, também, as bibliografias que trazem uma série de coeficientes técnicos, levantados especificamente para auxiliar na realização dos custos de produção da lavoura cafeeira. São elas: Caixeta & Nacif (1978), Brasil (1986), Guimarães et al. (1989), Matiello et al. (1993) e Caixeta (1996).

Brasil (1996) comenta que no cálculo do custo de produção de uma determinada cultura existe sempre uma combinação básica de insumos, serviços, máquinas e implementos utilizados ao longo do processo produtivo. O resultado da combinação básica mencionada é conhecido como “pacote tecnológico” e indica a quantidade de cada item, em particular, por unidade de área (ha), que resulta num determinado nível de produtividade. As quantidades de cada item, por sua vez, são denominadas de coeficientes técnicos de produção e são empregados e divulgados por cooperativas, instituições de pesquisa e extensão para fazer demonstração do custos de produção do cafeeiro.

Sem a adoção da irrigação, no sistema tradicional e sob a utilização intensa de insumos, a produtividade do cafeeiro varia de 10sc/ha a 30sc/ha. As médias dos custos totais fornecidos pelas cooperativas variam de: US\$ 102,00 por saca, para uma produtividade de 10sc/ha; e US\$ 80,00 por saca para uma produtividade de 30sc/ha. Para a produtividade mais comum em lavouras com menos de 10 anos (20sc/ha), encontra-se custos de US\$ 96,00 por saca, nas localidades de São Sebastião do Paraíso-MG e Guaxupé-MG. Já na região de Patrocínio-MG, onde a maioria dos cafezais são plantados no sistema adensado, o custo situa-se na faixa de US\$ 52,00 por saca, para uma produtividade de 45sc/ha (Ormond et al., 1999). Porém, as boas perspectivas apresentadas pelo café adensado em Patrocínio-MG, não foram verificadas por FNP (1998, 1999) em Três Pontas-MG, onde em um período de análise mais longo os custos de produção foram maiores 19% e 11%, respectivamente, para os plantios adensados em relação ao tradicional.

2.6.1 Custos fixos na cafeicultura e irrigação

Custos fixos, são aqueles que não estão ligados às decisões de curto prazo sobre a produção a ser realizada, são também chamados de custos inevitáveis, já que o agricultor arca com os mesmos executando, ou não, o processo produtivo (Filho & Gonzaga, 1991). Melo (1993) comenta que os custos fixos para os sistemas de irrigação são constituídos, principalmente, pela depreciação dos componentes e a remuneração do capital neles investido. Estes custos independem do número de horas de operação do sistema por ano. Filho & Gonzaga (1991) trabalhando com custo de produção da “lavoura irrigada” acrescentaram, além dos custos fixos já citados, o seguro e o alojamento de máquinas e implementos. Turra (1990) trabalhando com uma análise de diferentes métodos de cálculo de custos de produção na agricultura brasileira comenta que podem ser considerados custos fixos a depreciação, a mão-de-obra fixa, os seguros, taxas, impostos e os juros sobre os fatores fixos de produção como, capital investido em terras e em outros ativos fixos.

2.6.1.1 Depreciação

A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital de longa duração, quando estes tornam-se inutilizáveis em decorrência do desgaste físico e perdem valor com o passar dos anos devido às inovações tecnológicas e, ou, a capacidade de gerar receitas (Hoffmann et al., 1978; Frizzone, 1999).

A depreciação pode ser real ou teórica, no entanto, devido ser mais trabalhoso e oneroso, o cálculo da depreciação real quase não é utilizado. Na prática, faz-se a depreciação em conformidade com a tabela admitida pela legislação, ou seja, usa-se a depreciação teórica (Francisco, 1991; Kuhnen & Bauer, 1994).

Conforme Francisco (1991), o cálculo da depreciação pode ser realizado por intermédio de uma série de métodos, que são denominados Linear, Taxa Constante, Taxas Variáveis, Cole, Capitalização, Anuidades. Frizzone (1999) comenta que, de modo geral, os métodos de cálculo da depreciação podem ser agrupados em duas categorias. Uma que não considera a presença da variação do valor do dinheiro com o tempo (método da depreciação linear) e outra que considera a existência de uma taxa de juros (métodos do fundo de amortização e das anuidades).

O método da depreciação linear é o mais utilizado, não só pela facilidade de sua aplicação, como também por ser o método adotado pelo fisco (Turra, 1990; Francisco, 1991; Kuhnen & Bauer, 1994; Frizzone, 1999).

Para uma empresa, no que se refere à diminuição do lucro tributável, a minimização da vida útil de um bem é vantajosa, pois haveria aumento anual das despesas da empresa (Francisco, 1991). No intuito de evitar tais procedimentos, a Legislação Fiscal Brasileira estipula um número mínimo de anos para cada ativo que uma dada empresa pode utilizar. As empresas, logicamente, utilizam os índices máximos fixados pela legislação para obterem maiores reduções nos impostos a pagar (Frizzone, 1999).

2.6.1.2 Demais custos fixos

Para remuneração do capital investido, a taxa de juros a considerar varia de caso para caso, de acordo com o que se passa no respectivo mercado financeiro. Para determinação do valor do seguro, taxas e impostos, é possível utilizar os procedimentos constantes nas normas tributárias (Turra, 1990). Os encargos pertinentes aos seguros e às taxas, geralmente, são reduzidos quando comparados a outras despesas. Assim, verificou-se que em algumas situações eles são considerados e em outras não (Organização das Cooperativas Brasileiras, 1989; Turra, 1990; Filho & Gonzaga, 1991; Melo, 1993; Brasil, 1996).

2.6.2 Custos variáveis na cafeicultura e irrigação

Os custos operacionais e de manutenção (custos variáveis) compreendem fundamentalmente os dispêndios realizados com lubrificantes, mão-de-obra, reparos dos equipamentos e da infra-estrutura utilizada na operação do sistema de irrigação e a energia necessária (Melo, 1993). Filho & Gonzaga (1991) acrescentam que para avaliar os custos variáveis das “lavouras irrigadas” são necessários os custos com adubos, corretivos, defensivos, sacaria e juros sobre capital de giro. O custo com energia, na maioria das vezes, constitui-se como o principal item do custo variável (Melo, 1993; Frizzone et al. 1994; Bonomo et al., 1999). Turra (1990), em seu trabalho de análise de custos de produção na agricultura brasileira, dispõe que podem ser considerados como variáveis as despesas com máquinas (energia, combustíveis, lubrificantes, conservação e reparos), implementos, utensílios, animais de trabalho, manutenção de benfeitorias, mão-de-obra temporária, insumos, transporte externo, tratamento do produto (recepção, secagem, limpeza e embalagem), assistência técnica, custos financeiros e despesas gerais.

2.6.2.1 Comentário sobre alguns componentes dos custos variáveis

Os custos com a manutenção e reparos dos sistemas de irrigação, máquinas e equipamentos são de difícil avaliação, e quase sempre passam por um

processo de simplificação, sendo calculados a partir de valores médios anuais expressos em percentuais sobre o valor de compra do equipamento (Organização das Cooperativas Brasileiras, 1989; Melo, 1993; Brasil, 1996; Zocoller, 1998).

Schmidt (1999)⁹ considera os seguintes valores para calcular os custos com manutenção e reparos de um sistema pivô central: 0 a 1 ano, o equipamento está na garantia e não há custo com manutenção para o produtor rural; 1 a 2 anos, 0,5% do valor do equipamento; 2 a 5 anos, 1 % do valor do equipamento; mais de 5 anos, 1,5% do valor do equipamento.

Melo (1993), mediante uma série de dificuldades para obter registros de gastos com manutenção e reparos dos sistemas de irrigação, também optou por estimá-los através do percentual do investimento, adotando 4% ao ano sobre o investimento em equipamentos de irrigação e 1,25% sobre o valor investido em obras e instalações de infra-estrutura. Soler et al. (1999) utilizou um percentual de 5% sobre o valor de aquisição do sistema de irrigação para calcular os custos com reparos e manutenção.

Trabalhos apresentados por Caixeta & Nacif (1978), Scaloppi (1985), Brasil (1986), Guimarães et al. (1989), Matiello et al. (1993), Melo (1993), Caixeta (1996), Brasil (1997) e Bonomo (1999) trazem, dentro do contexto e necessidade de seus trabalhos, importantes informações referentes aos mais variados coeficientes técnicos necessários ao levantamento dos custos variáveis e fixos.

Como já foi mencionado anteriormente, dentre os custos de operação (variáveis) de um sistema de irrigação, o consumo de energia destaca-se como um dos principais componentes (Melo, 1993; Frizzone et al. 1994; Bonomo et al., 1999). A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável. O consumo total depende da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada, da quantidade de água a ser aplicada, da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação e da eficiência total do sistema de bombeamento (Scaloppi, 1985).

⁹ SCHMIDT, M. (Valmont Indústria e Comércio Ltda, Uberaba). Comunicação pessoal. 1999

A estimativa de consumo de energia elétrica no bombeamento de água para irrigação pode ser calculada pela expressão (Bernardo, 1989; Melo, 1993):

$$E = \frac{V H_{man} \mathbf{g}}{3,6 \mathbf{h}}$$

em que: E é a energia consumida pela unidade de bombeamento (kWh), sendo $1\text{kWh} = 3,6\text{MJ}$; V o volume de água bombeado (m^3); H_{man} a altura manométrica total (m); \mathbf{g} o peso específico da água ($9,80665 \cdot 10^{-3}\text{MN.m}^{-3}$); \mathbf{h} o rendimento global da unidade de bombeamento, incluindo a bomba hidráulica, unidade motora e sistema de transmissão (adimensional).

As tarifas de energia elétrica vigentes no Brasil são reguladas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), por intermédio de portarias publicadas no Diário Oficial da União (Brasil, 1997). Os critérios de faturamento da energia elétrica em vigor possuem uma estruturação tarifária com três tipos de tarifa (convencional, azul e verde) e dois componentes básicos na definição do seu preço: um relativo à “demanda de potência (kW)”; e o outro relativo ao “consumo de energia (kWh)”. O valor das tarifas leva em consideração o setor econômico, a tensão de fornecimento de energia elétrica, o horário de maior consumo (ponta ou fora de ponta), a época do ano (período seco ou úmido) e a ultrapassagem de demanda contratada (CODI, 1994). Informações detalhadas sobre a legislação que regulamenta as condições gerais de fornecimento de energia elétrica podem ser encontrada na Portaria N^o 466 do DNAEE (Brasil, 1997), e as explicações e o equacionamento sobre as tarifas horo-sazonais são encontrados no manual de orientação ao consumidor do Comitê de Distribuição de Energia Elétrica (CODI, 1994).

Zocoler (1998) estudando o efeito do diâmetro da tubulação nos custos dos sistemas de recalque de água, considerou as modalidades de tarifação da energia elétrica em seu trabalho. Na tentativa de obter a estimativa da minimização do custo anual total do sistema de recalque, o autor realizou uma série de equacionamentos que foram dispostos numa planilha de cálculo.

2.6.3 Custo do sistema de irrigação

Melo (1993) estudando o custo da irrigação por aspersão no estado de Minas Gerais para os sistemas autopropelido, pivô central e convencional semiportátil, concluiu que: o custo inicial médio do pivô central foi sempre maior que os custos dos demais tipos de sistemas; a energia foi o item de maior participação na composição dos custos variáveis; o sistema autopropelido apresentou custos variáveis sempre maiores que os outros tipos de aspersão; a vazão total e o comprimento da adutora por unidade de área explicam as maiores variações nos custos de investimento; as principais variáveis a interferir nos custos operacionais da irrigação foram a área irrigada, as horas anuais de operação e o investimento por hectare.

A Tabela 10 apresenta uma série de composições de custos para o pivô central, fornecidos por Silveira (1997)¹⁰. Os preços são de 12 de janeiro de 1997, mas foram atualizados baseando-se no índice geral de preços (IGP-DI) e depois transformados para o dólar comercial de setembro de 2000.

Tabela 10. Composição de custos do sistema pivô central.

Estratos (ha)	Pivô completo (dólar/ha)	Somente o pivô (dólar/ha)	Motobomba (dólar/ha)	Pivô e Motobomba (dólar/ha)	Pivô, adutora, e cabos elétricos (dólar/ha)
< 12	2.926,36	2.282,26	439,87	2.722,13	2.486,49
12 a 25	2.352,96	1.858,98	259,21	2.118,19	2.093,75
25 a 40	1.529,95	1.208,77	169,32	1.378,09	1.360,63
40 a 55	1.327,47	1.035,96	132,66	1.168,62	1.194,81
55 a 70	1.232,34	924,25	148,37	1.072,62	1.083,97
70 a 85	1.106,66	818,65	144,01	962,65	962,65
85 a 100	1.093,57	787,23	153,61	940,83	939,96
100 a 115	1.080,48	787,23	140,51	907,67	939,96
115 a 130	1.067,38	693,84	171,06	864,90	896,32
> 130	1.056,04	675,52	179,79	855,30	876,25

Fonte: Silveira (1997)

¹⁰ SILVEIRA, R.F. (Banco Nacional do Desenvolvimento Social/FINAME). Informação pessoal. 1997.

A Tabela 11 apresenta o preço de mercado dos principais sistemas de irrigação, praticados na região de Lavras-MG, de acordo com as informações de Dias (2000)¹¹.

Tabela 11. Preços de mercado de alguns sistemas de irrigação na região de Lavras-MG (preços em dólar comercial de 10/09/2000).

Sistema de irrigação	Valor (dólar/ha)
Mangueira plástica perfurada (MPP – tripa), para áreas em torno de 20 ha	756,00
Convencional com aspersores ou canhão	875,00
Autopropelido com fonte de energia elétrica	990,00
Autopropelido com fonte de energia à diesel	1.165,00
Pivô central para áreas de até 40 ha	1.220,00
Pivô central para áreas entre 70 a 90 ha	1.455,00
Gotejamento	930,00

Fonte: Dias (2000)

2.6.4 Custo total da cafeicultura com irrigação

Os critérios econômicos para avaliar se há viabilidade ou não da irrigação do cafeeiro em uma dada região ainda são muito vagos, sendo que inúmeros autores recomendam a adoção da irrigação levando-se em consideração apenas os custos de implantação, desconsiderando os custos e as receitas alcançadas com a cafeicultura irrigada ao longo de uma série de anos. Por outro lado, são poucas as informações disponíveis acerca de aspectos econômicos da irrigação na literatura nacional, conforme pode ser observado na dissertação de Melo (1993), que teve muitas dificuldades para realizar um trabalho desta natureza para as condições de Minas Gerais, com irrigação por aspersão.

Os custos de implantação, de acordo com Frizzone et al. (1994) correspondem aos investimentos na aquisição e implantação do sistema de irrigação e são importantes na seleção e uso de determinado sistema, pois são relativamente elevados e se refletem diretamente nos custos operacionais do sistema utilizado. No entanto, como já foi comentado, um estudo de custos da irrigação não deve contemplar

¹¹ DIAS, J. A. A. (Lavras Irrigação Comércio e Engenharia Ltda, Lavras). Informação pessoal. 2000.

apenas os custos de implantação e investimento, mas também, outros custos fixos e variáveis (operacionais e manutenção), calculados por um ano e por unidade de área (Turra,1990; Mello, 1993; Frizzone et al.,1994). Filho & Gonzaga (1991) consideram que deve-se procurar avaliar os custos da “lavoura irrigada” e não somente os custos da irrigação.

Bonomo et al. (1999) e Bonomo (1999) fazendo uma comparação de custos entre diferentes sistemas de irrigação na cafeicultura irrigada no cerrado, concluíram que os custos totais médios anuais com irrigação variaram de um mínimo de R\$ 344,56 por hectare até um máximo de R\$ 849,49 por hectare (preços de julho de 1998). O sistema pivô central apresentou o menor custo total, enquanto que o sistema por tubo perfurado apresentou os maiores valores de custo.

Soler et al. (1999) analisando a viabilidade econômica da irrigação do cafeeiro em Franca, verificaram, por ordem de importância, que as variáveis mais sensíveis no sistema produtivo foram o preço de venda do café, preço da água, juros, potência dos motores e eficiência de aplicação da água.

Os estudos encontrados na literatura, tratando do custo total da cafeicultura irrigada e a sua viabilidade, são poucos. Infelizmente, a maioria dos poucos trabalhos encontrados perdem muito de sua consistência, por não considerarem todos os custos envolvidos na atividade ao longo da vida útil da cultura, e não incorporarem risco em suas análises.

2.7 Preços do café

A evolução dos preços é consequência e fator determinante da produção de café no mundo. Nas duas últimas décadas, os preços se mostraram em queda até 1992, quando começaram a apresentar novo ciclo de alta (Ormand et al. 1999). Bacha (1998) analisando as perspectivas da cafeicultura no Brasil, ressaltando inclusive

algumas evidências já constatadas nos trabalhos de Delfin Neto (1981)¹² e Paniago (1963)¹³, descreve que a cafeicultura brasileira apresenta três tipos de ciclo dos preços e, ou, produção:

- ciclo intra-anual – é caracterizado pelo fato do cafeeiro não gerar uma produção contínua ao longo do ano, havendo a definição de duas fases distintas, denominadas safra e entressafra, o que ocasiona uma variação sazonal dos preços (Figura 2).

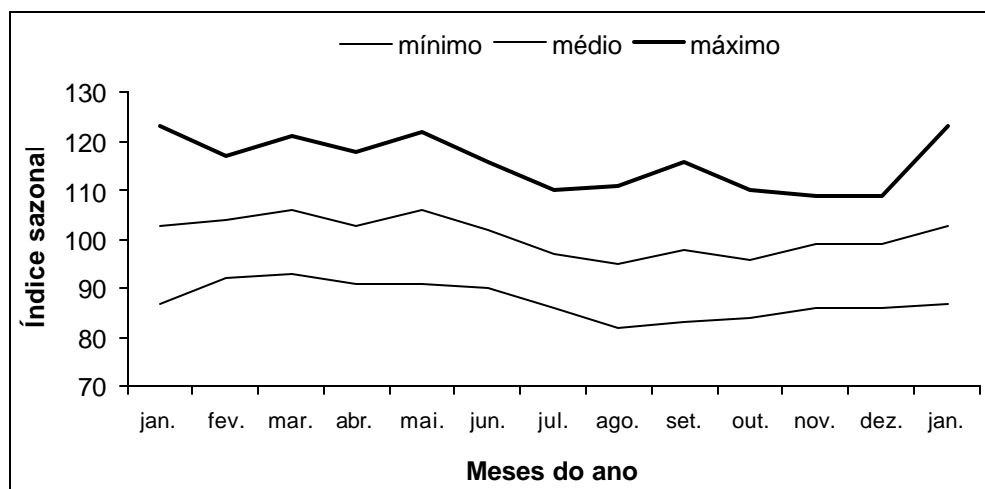


Figura 2 – Índice sazonal do preço pago ao produtor paulista pela saca de café de 60 kg – 1980 a 1997 (Fonte dos dados: CEPEA, citado por Bacha,1998).

- ciclo plurianual: ocorre devido à cultura do cafeeiro apresentar valores distintos de preços e produção ao longo dos anos, o que é justificado por ser o café uma cultura perene, demandando certo tempo entre o plantio, início da produção e posterior maturidade (Figura 3).
- ciclo bienal: deve-se à ocorrência de adversidades climáticas e fisiológicas do cafeeiro, o que proporciona grandes flutuações do volume produzido de um ano para o outro (Figura 3).

¹² DELFIM NETTO, A. **O problema do café no Brasil**. São Paulo: IPE/USP, 1981. 359p.

¹³ PANIAGO, E. Café – produção, ciclo e procura. **Experientiae**, v.3, n.1, p.1-14, jan. 1963.

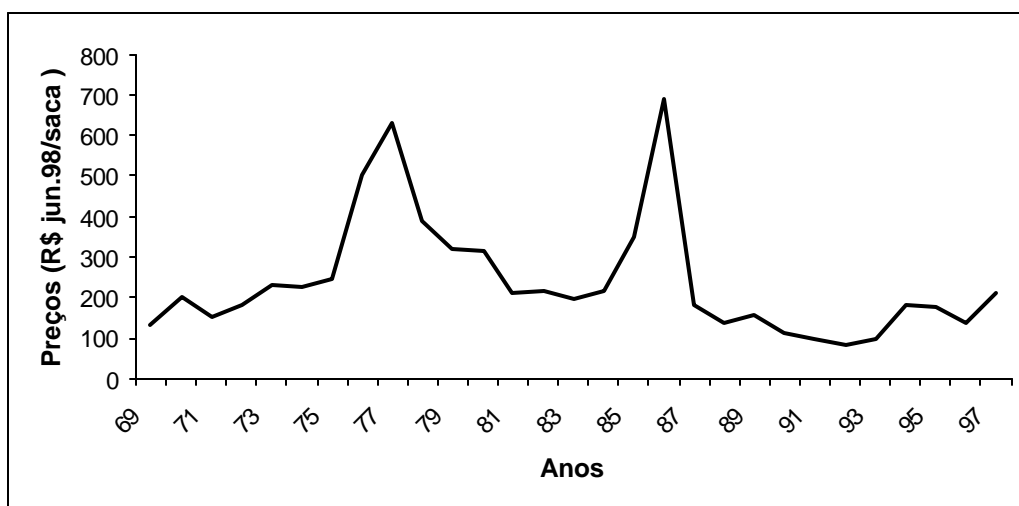


Figura 3 – Preço do café no Brasil: ano civil 1969 a 1997 (Fonte dos dados: IBC, USDA e CEPEA, citado por Bacha, 1998).

O setor cafeeiro vem sofrendo com a nova ordem econômica e tecnológica, tendo que se adequar às contingências e exigências de um novo mercado, onde verificam-se: acirrada competição e especulação em torno dos preços; desenvolvimento de um mercado de cafés especiais; retirada dos governos da direção das economias cafeeiras; enfraquecimento dos acordos de produtos de base; e disseminação de informações em tempo real (Caixeta & Teixeira, 1999). Bacha (1998) considera que nos próximos anos, descontada a influência do ciclo bienal do cafeeiro e ressalvada a ocorrência de geadas, a tendência da produção é aumentar e a dos preços caírem.

Dadas as condições atuais do mercado cafeeiro, ressalta-se a importância do produtor administrar melhor sua propriedade, estando consciente da necessidade de produzir um produto de melhor qualidade. No entanto, é preciso que o produtor esteja apto a incorporar novas tecnologias e disposto a analisar e planejar seus negócios na tentativa de reduzir os custos e os riscos da atividade.

2.8 Critérios de análise econômica

Os principais fatores de decisão econômica que influem na escolha da melhor alternativa de investimento são as receitas, despesas, custo inicial, valor residual, taxa mínima de atratividade, vida econômica e imposto de renda do investidor (Francisco, 1991).

Segundo Frizzone (1999) os critérios de análise econômica, em geral, podem ser classificados em dois grupos:

- os que não consideram a variação que o capital sofre com o tempo: tempo de retorno do capital investido e razão receita/custo; e
- os que levam em consideração a variação que o capital sofre com o tempo: valor presente líquido, taxa interna de retorno, razão benefício/custo, custo anual uniforme.

O autor comenta, que os critérios que se baseiam no fluxo de caixa e no valor do dinheiro no tempo são mais coerentes entre si, quando adequadamente utilizados.

Azevedo Filho (1988), fez em seu trabalho uma discussão considerando as limitações e restrições sobre os principais critérios (indicadores) de avaliação de projetos relacionados comumente na literatura. Os critérios discutidos no trabalho foram: relação benefício/custo, valor atual dos fluxos líquidos do projeto, “payback” simples – prazo de recuperação do capital, “payback” econômico e taxa interna de retorno.

Peres & Mattos (1990) utilizando a simulação como auxílio à decisão de confinar bovinos de corte, adotou a taxa interna de retorno (TIR) como um critério (indicador) de análise econômica do projeto. Takitane (1988) e Brunelli (1990) trabalhando, respectivamente, com simulação do custo de produção da borracha e laranja também optaram pela utilização da taxa interna de retorno e a relação benefício/custo como critério de análise econômica em seus trabalhos. Frizzone (1999) comenta que, independentemente do critério de avaliação adotado, tem-se sempre que considerar as seguintes dificuldades que resultam de diferenças nas características do projeto: volumes dos investimentos, horizontes diferentes, períodos de implantação e níveis de risco.

2.9 Modelos aplicados à análise de risco

Sob condições de incerteza em uma análise de investimento, Casarotto Filho & Kopittke (1996) observam que existem basicamente três alternativas para a solução dos problemas: uso de regras de decisão à matrizes de decisão; análise de sensibilidade, quando não se dispõe de qualquer informação sobre a distribuição de probabilidade; e simulação, quando se dispõe de alguma informação para que ela possa transformar a incerteza em risco. Segundo Frizzone (1999), a técnica de análise de sensibilidade é um tratamento essencialmente prático, enquanto a simulação faz um tratamento mais sofisticado de uma análise de investimento.

A técnica de simulação pode ser empregada em estudos de análise de risco para a avaliação de investimentos em projetos e de custo de produção (Azevedo Filho, 1988; Brunelli, 1990; Takitane, 1988; Peres & Mattos, 1990). Pode também ser adotada para fazer a previsão de fenômenos meteorológicos, onde valores estimados podem ser simulados a partir de uma série histórica (Sousa, 1999).

As simulações podem ser realizadas através de um modelo determinístico, onde o resultado ocorre em função apenas dos parâmetros de entrada. Elas podem ser realizadas, também, através de um modelo estocástico, onde as variáveis aleatórias são introduzidas à cada simulação, fornecendo resultados diferentes (Assis et al. 1996; Sousa, 1999). A simulação de dados por intermédio de um modelo estocástico permite a realização de diferentes combinações de cálculo que probabilisticamente podem ocorrer, obtendo-se como resultado, não apenas um valor, mas sim, uma distribuição de frequência (Frizzone, 1999). O objetivo principal em se adotar a técnica da simulação está em obter uma representação realista da resposta de um sistema, sendo essencial fazer as seguintes verificações para cada componente: primeiro – verificar se o componente analisado ocorre de forma determinista ou estocástica; segundo – se a sua ocorrência for aleatória, verificar se ele é importante na composição do sistema; terceiro – se ele for aleatório e importante, estabelecer uma função de distribuição de probabilidade $f(x)$ que represente a sua ocorrência dentro do sistema.

O método de “Monte Carlo” permite a simulação de eventos que seguem diferentes distribuição de frequência, e baseia-se na comparação de números aleatórios com uma determinada função estatística. Assim, conhecendo-se a distribuição do evento, pode-se ajustar o método para realizar as simulações baseando-se na função que o descreve (Naylor, 1971; Frizzone, 1999; Peres & Mattos, 1990; Sousa, 1999). A metodologia “Monte Carlo”, não somente foi desenvolvida para simular a maioria das bem conhecidas distribuições de probabilidades, como também, para simular as distribuições empíricas, onde os dados observados não se ajustam à nenhuma função de distribuição de probabilidade teórica. Na realização do ajuste, é sempre aconselhável considerar primeiramente a utilização de distribuições teóricas padrão. Se nenhuma das distribuições padrão descrever adequadamente o processo, deve-se então recorrer às distribuições empíricas (Naylor, 1971).

Trabalhando com simulação de custo de produção da laranja no estado de São Paulo, Brunelli (1990) associou as variáveis de custo de produção às distribuições de probabilidade uniforme, triangular e inteiro com apenas dois valores. O programa “ALEAXPRJ”, utilizado nas análises, foi desenvolvido por Azevedo Filho (1988) e emprega o método “Monte Carlo” de simulação para avaliação econômica de projetos sob condições de risco. Takitane (1988) trabalhando com custo de produção da borracha e análise de rentabilidade em condições de risco em duas regiões, também utilizou o mesmo programa para realizar suas análises.

Mantovani & Costa (1998) descrevem a estrutura geral de um programa denominado “Sistema de Suporte à Decisão Agrícola para Cafeicultura” (SISDA-CAFÉ). Além da cultura do cafeeiro, o programa é capaz de analisar outras culturas perenes e anuais, e foi desenvolvido objetivando a solução de problemas referentes ao manejo da irrigação e simulação de uma série de atividades agrícolas, como a época de plantio, probabilidade de ataque de doenças e duração do ciclo das culturas. O programa não realiza simulações de custo de produção, e não associa análises de risco climático com o econômico.

As principais distribuições de probabilidades envolvidas nos estudos de eventos meteorológicos e análises econômicas de projetos, são: normal, triangular, uniforme, exponencial e gama (Naylor, 1971; Assis et al., 1996; Frizzone, 1999; Peres & Mattos, 1990). As distribuições triangular e uniforme, geralmente, são muito utilizadas nas ciências agrárias e na economia, por apresentarem simplicidade e a vantagem de não necessitarem de muitos dados de um determinado evento.

Para verificar se uma função de distribuição, previamente escolhida, ajusta-se bem ou não aos dados observados de uma variável em estudo, é necessário a realização de um teste estatístico de aderência, considerando-se para isso, um certo nível de significância do ajuste. Assis et al. (1996) comenta que os testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov são os testes estatísticos mais utilizados para estabelecer se uma determinada distribuição de probabilidade específica, conhecida, está ou não se ajustando bem a um conjunto de dados com distribuição de probabilidade desconhecida. Alguns autores como Campos (1979) e Sousa (1999), preferiram utilizar o teste de Kolmogorov-Smirnov em suas análises por entenderem que ele apresenta algumas vantagens em relação ao teste Qui-quadrado, como a possibilidade de ser aplicado sem restrições em pequenas amostras, e não perderem informações devido o agrupamentos de dados.