

FRANCISVAL DE MELO CARVALHO

A ESTRATÉGIA DOS PRODUTORES DE CAFÉ COM RE-
LAÇÃO AO USO ECONÔMICO DE NITROGÊNIO E POTÁ-
SIO, MUNICÍPIO DE LAVRAS-MG

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura
de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado
em Administração Rural, para obtenção do grau de
"MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992

A Deus

Autor e

Doador da vida,

OFEREÇO

*A minha esposa Ismênia
e meu filho Henrique,
pelo sacrifício,
amor e carinho,*

*A meus pais.
pelo esforço dedicado
na minha formação,*

*A meu sogro.
pelo incentivo. e*

*A minha sogra,
pelo apoio e
colaboração,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só se tornou possível através da colaboração de várias pessoas e instituições, às quais agradeço.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) em especial ao Departamento de Administração e Economia, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro através da bolsa de estudos.

A Cooperativa dos Cafeicultores de São Sebastião do Paraíso (COOPARAISO), através do seu Departamento Técnico, pelo fornecimento dos preços.

Ao Professor Guaracy Vieira, pela amizade, orientação e confiança no meu trabalho.

Aos Professores membros da banca, Ricardo Pereira Reis, Rubem Delly Veiga e Gui Alvarenga, pelas correções e sugestões apresentadas.

Aos demais Professores e funcionários do Departamento de Administração e Economia, pelos conhecimentos transmitidos e agradável convívio.

Aos amigos César e Elifaz, pelo trabalho de digitação e tradução.

Ao meu tio Hércio, pela colaboração na tabulação dos dados.

Aos colegas de curso pela amizade e presteza.

A minha esposa e filho, pelo amor e compreensão que me dedicaram durante o curso.

A minha mãe, pelo trabalho de correção da tese.

A Deus, **por** ter me dado força, coragem e sabedoria para conduzir este trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Francisval de Melo Carvalho, filho de Francisco de Melo Carvalho e Valdete Moreira de Carvalho nasceu em Douradoquara, Estado de Minas Gerais, no dia **21** de **maio** de 1965.

Concluiu o 2º grau no Instituto Gammon em 1982, e em dezembro de 1987 diplomou-se em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura de Lavras - Minas Gerais.

Durante o ano de 1988 realizou trabalhos como bolsista do CNPq (aperfeiçoamento). Em 1989 ingressou no curso de Mestrado em Administração Rural na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

SUMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. O problema e sua importância.....	04
1.2. Objetivos.....	09
Objetivo geral.....	09
Objetivos específicos.....	10
2. METODOLOGIA	11
2.1. Considerações gerais.....	11
2.2. Classificação e caracterização química do solo....	1%
2.3. Tratos culturais.....	12
2.4. Delineamento estatístico e tratamentos.....	14
2.5. Dados coletados.....	16
2.6. Modelo teórico.....	16
2.7. Modelo matemático.....	19

	Página
2.7.1. Modelo polinomial quadrático.....	19
2.7.2. Modelo polinomial cúbico.....	21
2.7.3. Modelo translogaritmico.....	21
2.8. Operacionalização das variáveis.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSOES.....	24
3.1. Resultados Experimentais.....	24
3.2. Resultados estatísticos e seleção do modelo.....	27
3.3. Análise econômica.....	30
3.3.1. Análise econômica para o nitrogênio (N)....	30
3.3.2. Análise econômica para o potássio (K ₂ O)....	37
4. CONCLUSOES E SUGESTOES.....	46
4.1. Conclusões.....	46'
4.2. Sugestões.....	48
5. RESUMO.....	50
6.....	53
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55
APENDICE.....	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
01	Exportações de Café (verde e solúvel) do Brasil, 1982 a 1991.....	03
02	Resultados das Análises Químicas do Solo, Horizonte A e B, da Area Experimental com lavoura de café.....	12
03	Níveis de N e K ₂ O Utilizados na Pesquisa Experimental com Lavoura de Café.....	14
04	Tratamentos Utilizados na Pesquisa Experimental com Lavoura de Café.....	15
05	Datas das Adubações na Area Experimental com Lavoura de café.....	15

06	Produção de Café Beneficiado (media de 3 repetições) Segundo Diferentes Tratamentos, Município de Lavras - MG, Período de 1990 a 1991.....	25
07	Produção de Café Beneficiado (sc/ha), Média do Biênio 1990 e 1991, com Níveis Fixos dos Elementos N e K ₂ O.....	27
08	Funções de Produção Ajustadas à Adubação Nitrogenada e Potássica em Cafeeiros, Município de Lavras - MG, Médias das Safras 90 e 91.....	29
09	Gramas de N por Cova/Ano em Função da Produção Esperada para Lavoura em Fase de Produção.....	33
10	Relação Preço do Quilo de Nitrogênio/Preço do Quilo de Café Beneficiado e Doses Econômicas de Nitrogênio. Município de Lavras - MG.....	34
11	Recomendações para Adubação de Cafeeiros em Minas Gerais.....	38
12	Relação Preço do Quilo de K ₂ O/Preço do Quilo de Café Beneficiado e Doses Econômicas de K ₂ O, Município de Lavras - MG, Período de 1990 a 1991.	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
01	Representação Gráfica das Curvas de Produto Físico Total e Produto Físico Marginal do Nitrogênio Para o Modelo Cúbico	31
02	Simulação das Relações de Preços Entre o Nitrogênio e o Café Beneficiado, e Doses Econômicas de Nitrogênio em Kg/ha/ano	36
03	Representação Gráfica das Curvas de Produto Físico Total e Produto Físico Marginal do Potássio Para o Modelo Cúbico	39
04	Simulação das Relações de Preços Entre o Potássio e o Café Beneficiado, e Doses Econômicas de Potássio em Kg/ha/ano	43

1. INTRODUÇÃO

O café continua sendo um dos principais produtos agrícolas do Brasil e durante muito tempo esse produto foi o sustentáculo da economia nacional, IBC (1978). Segundo SILVA (1976b) a economia cafeeira foi o principal centro de acumulação de capital no Brasil por um bom período, sendo na região do café que se iniciou a industrialização no país. GRAZIANO (1990) também afirma que foi o complexo cafeeiro que criou o espaço inicial para a industrialização e que o café foi a cultura que principalmente financiou este processo industrial, através do mecanismo de diferenciação cambial que protegia as indústrias nascentes do país, às custas de um confisco estabelecido sobre o preço da saca exportada.

O papel exercido pelo café no contexto nacional e consequentemente no desenvolvimento econômico brasileiro. segundo ARAUJO (1976) e BANDEIRA (1970), tem sido demonstrado de diversos modos, *destacando-se o aspecto de geração de divisas para o

país. além de sua importância dentro do mercado de trabalho e de sua atuação como fator de aglutinação social e de distribuição de renda. MARA¹ afirma que o café é um produto não só gerador, mas também, distribuidor de riqueza, de grande capacidade de absorção direta e indireta de mão de obra (quatro milhões de pessoas na produção e dez milhões se considerar os demais segmentos do setor como comércio, indústria e serviços). Assim, o café exerce importante papel na fixação de mão de obra no meio rural. A utilização dos serviços de toda a família na cultura, torna-o relevante sob o ponto de vista econômico e social dentro do setor agrícola, sendo responsável pela transferência de renda para outros setores da economia. Com uma área nacional em 1988 de 2,8 milhões de ha e 4,2 bilhões de cafeeiros, o café é produzido em 1572 municípios e em 218 mil propriedades, o que o torna um importante propulsor do desenvolvimento regional.

Como gerador de divisas, só em 1985 foram exportados 19,14 milhões de sacas/60kg, conforme Quadro 1, arrecadando-se um total de 2,619 bilhões de dólares, correspondendo a 10,21% do total arrecadado, com as exportações nacionais naquele ano. Em 1991 o volume de café exportado foi de 21,6 milhões de sacas, proporcionando uma arrecadação de 1,6 bilhões de dólares.

¹MARA - Ministério da Agricultura e Reforma Agrária - Portaria Interministerial nº41/92

Em Minas Gerais a cafeicultura se expandiu muito, e conforme dados da Fundação Getúlio Vargas no artigo CAFE! (1988), o Estado de Minas possuía em 1987 o maior parque cafeeiro do Brasil, com 1,6 bilhão de pés, correspondendo a 41% do total plantado no país. Na região Sul do Estado se encontra grande parte desse parque, além de ter um café de excelente qualidade, tanto na bebida quanto no tipo.

QUADRO 1 - Exportações de Café (Verde e Solúvel) do Brasil, 1982 a 1991.

Ano	Sacas 60Kg (em milhões)	US\$ (em milhões)	% do total exportado
82	17,06	2108,9	10,45
83	17,82	2340,3	10,69
84	19,59	2852,6	10,56
85	19,14	2619,1	10,21
86	10,00	2300,0	-
87	18,50	2100,0	-
88	17,10	2200,0	-
89	18,20	1800,0	-
90	17,00	1300,0	-
91	21,10	1600,0	-

Fonte: FIEGE (1986) e FEBEC (1992).

Em estudo sobre a evolução do parque cafeeiro em Minas Gerais, CAIXETA (1977), ressaltou que o crescimento da atividade cafeeira no Estado apresentava um reflexo social de grande importância. De acordo com esse estudo, a atividade cafeeira absorveu mais de 70.000 famílias com a ampliação de seu plantio, beneficiando o estado por meio da elevação da renda e conseqüentemente do aumento da receita fiscal.

A cafeicultura poderiam ser creditados também o fortalecimento de outros setores da economia, em conseqüência dos grandes investimentos feitos a partir de 1969, e a melhoria das rendas regionais proporcionada pela expansão da cultura em áreas novas, principalmente de cerrado, até então inexploradas, OLIVEIRA (1985).

1.1. O problema e sua importância

Uma das características marcantes da cafeicultura brasileira foi a constante busca de terras novas e férteis. Até a década de 60, as lavouras cafeeiras eram implantadas em áreas recém-desmatadas e em solos de alta fertilidade natural. Com a diminuição das áreas sob floresta natural e o alto custo das terras mais férteis, na região climaticamente apta ao cultivo do café arábica, iniciou-se o processo de aproveitamento de solos com fertilidade marginal como os de "cerrado". Estes solos, classificados na sua maioria como Latossolos, são, em geral, de

baixa fertilidade natural e caracterizam-se por uma acidez quase generalizada, baixos teores de cálcio e **magnésio** e elevados teores de alumínio e/ou manganês. Além disto, apresentam excelentes condições físicas e topográficas, extremamente favoráveis à mecanização intensiva (FUNDAÇÃO **CARGILL**, 1985 e **GUIMARAES & LOPES**, 1986).

Nessa nova condição, o uso de fertilizantes químicos assume papel de destaque em dois aspectos importantes: no aumento da produtividade e na significativa participação na composição dos custos de produção.

Com respeito ao aspecto produtividade, ressalta-se a importância do uso de fertilizante não **só** para a cultura do café, mas para toda a agricultura em geral. Isto pode **ser** observado na pesquisa feita **por** **VON PETER** (s.d.), na qual ele comenta que vários fatores possibilitaram grandes aumentos na produção agrícola mundial, **mas** que pelos cálculos da Food and Agriculture Organization - **FAO**, **56%** desse aumento, no período de **1965 a 1976**, foram devidos ao uso de fertilizantes químicos.

LOPES et alii (1990). comentando sobre a importância do uso de fertilizantes para se obter aumentos na produção sugerem que o "sub-consumo" de fertilizantes (apenas 60kg de NPK/ha no ano agrícola **1987/88**) associado ao "sub-consumo" de calcário são componentes importantes da baixa produtividade na agricultura brasileira. Vale ressaltar que devido às características dos **solos** de cerrado, a calagem é uma premissa básica para o uso

eficiente de adubos e que segundo GUILHERME et alii (1989), o simples uso da calagem a níveis adequados na agricultura brasileira, pode representar um aumento de **25%** na produção total de grãos.

Referindo-se à cultura do café, MALAVOLTA (1986), afirmou que a falta de **adubação** e calagem adequadas **são** as principais causas que fazem: com que a **produtividade do** cafeeiro no Brasil seja menor do que em outras regiões cafeeiras do mundo.

Se **por um lado** o uso de fertilizantes é importante para se obter boa produtividade, vale destacar também a importância desse insumo na composição dos custos de produção. RUFINO (1977), numa pesquisa feita na região de Nepomuceno, Sul de, Minas, constatou que **13.07%** do custo total de produção de café se devem à adubação, ou seja, gastos com adubos. Essa situação certamente tende a se agravar, afirma TARSITANO (1985), uma vez que **tais** preços dos fertilizantes tendem **a** crescer relativamente mais **do** que **os** preços dos produtos agrícolas. Esta tendência foi comprovada por LOPES et alii (1990), quando fizeram um panorama das relações de troca (produto agrícola/fertilizantes) para algumas culturas, na década de **80**, tomando-se como base o mês de dezembro. Verificou-se pois que em média, o poder de aquisição de fertilizantes **pelo** setor agrícola, em 1989, caiu em torno de 30%, em relação à 1980. VIEIRA (1990), afirma que esta redução ocorreu em função da intervenção do governo na setor agrícola, com a

finalidade de manter a maioria **dos** produtos **agrícolas** com **preços baixos**, mesmo sabendo que esta política reduzia o nível de renda **dos** fazendeiros.

Fazendo **uma** análise sobre **o** setor de fertilizantes, OLIVEIRA (1979) ressaltou que **o** uso de fertilizantes representa de **20 a 40%** do custo de produção, e que **do** ponto **de** vista do setor agrícola, **preços** altos **de** fertilizantes dificultam sua utilização, limitando conseqüentemente a modernização da agricultura brasileira. MENEGUELLI & TOLLINI (1978), em estudo sobre **funções** de resposta **a** fertilizantes, salientaram que em razão **do** alto preço dos fertilizantes, **o** agricultor deveria observar cuidadosamente a relação entre produção e **o** nível de adubação visando obter **boa** produtividade, mas **também** baixos custos de produção.

.. Não **há** uma substituição entre os elementos **necessários** à vegetação e produção **do** cafeeiro, **ou** seja, a produção **será** em função **do** elemento que estiver em menor quantidade, conhecida também como "lei **do** mínimo". **Por** esta razão, torna-se necessário, Para se obter boas produções, que **se** faça uma adubação equilibrada.

Se não **há** substituição entre **os** elementos, **há** porém aqueles que se destacam pelo fato de serem mais exigidos, contribuindo assim com maior parte **dos** custos. Dentre ~~esses~~ elementos, destacam-se. na fase de produção da lavoura, **o** nitrogênio e **o** potássio. MALAVOLTA et alii (1963), em estudo sobre a alimentação

mineral do cafeeiro, mostram que o nitrogênio e o potássio, respectivamente, são os nutrientes extraídos em maiores quantidades pelos grãos e cascas e que o fósforo é um nutriente pouco exigido pelo cafeeiro na fase de produção, sendo também muito pouco exportado em relação aos outros macronutrientes. Diversos autores chegaram a conclusões semelhantes, dentre eles: CHAVES (1982), estudando a concentração de nutrientes de frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo; CORREA et alii (1983), em estudo sobre a extração de nutrientes pelos cafeeiros; e CATANI et alii (1967), que, estudando a concentração de nutrientes no fruto do cafeeiro, confirmaram a importância desses dois elementos, mostrando que o potássio contribui com 52% e o nitrogênio com 34% da quantidade total de macronutrientes absorvidos.

Estudando a resposta do cafeeiro à adubação mineral e orgânica, GUIMARAES (1986) também concorda que, principalmente o nitrogênio e potássio, são os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro. Afirma que a grande maioria das plantas perenes apresentam baixas respostas a fósforo na fase de produção, o mesmo não acontecendo na fase de formação. Conclui também que as quantidades de potássio nas partes vegetativas, bem como nos frutos do cafeeiro, são suficientes para mostrar que este nutriente desempenha um papel importante na nutrição desta planta. Fazendo um levantamento do estado nutricional das lavouras no Sul de Minas, PEREIRA et alii (1978) e GARCIA et

alii (1983) não observaram deficiência de fósforo, mostrando que para esta região, este elemento não representava problema.

Enfim, considerando-se que o uso de fertilizantes é essencial à cafeicultura moderna, devido à baixa fertilidade dos solos de cerrado, os agricultores têm uma importante decisão a tomar com respeito às dosagens a serem utilizadas. Esta decisão se agrava em função de que a sub-utilização de fertilizantes, principalmente nitrogênio e potássio, podem comprometer a produtividade da lavoura e até a produção de anos subsequentes. E a adubação em níveis desnecessários compromete os custos de produção, reduzindo o lucro e até inviabilizando o cultivo da cultura. Além do mais, as relações entre preços de fertilizantes e de café variam muito, ocorrendo períodos de situações desfavoráveis ao café, dificultando ainda mais a tomada de decisão. Estas implicações nem sempre são observadas por aqueles que fazem recomendações e os níveis de fertilizante's recomendados dificilmente correspondem aos níveis de maior eficiência econômica.

1.2. Objetivos

Objetivo geral

Avaliar a eficiência econômica da adubação com nitrogênio e potássio na cultura do café.

Objetivos *específicos*

. Estimar o nível ótimo de adubação nitrogenada e potássica para a cultura de café, em fase de produção.

. Verificar as variações nas doses econômicas utilizando séries de preços de nitrogênio e potássio e do café.

. Comparar os resultados experimentais desta pesquisa com os níveis de adubação utilizados pelos agricultores da região.

2. METODOLOGIA

2.1. Considerações gerais

Este estudo foi realizado no período de 1988 a 1991, numa propriedade particular situada no município de Lavras, Sul do Estado de Minas Gerais. A altitude da sede do município é de 918m, a latitude de 21°14'06" e a longitude de 45°00' Gr.

A região possui um clima do tipo temperado propriamente dito, mesotérmico de inverno seco (Cwb), segundo a classificação de Köppen, de acordo com os dados do Ministério da Agricultura,, BRASIL (1969). A precipitação média anual está na faixa de 1.400mm sendo que mais de 80% ocorre no período chuvoso. que é de outubro a março, VILELA & RAMALHO (1979).

O experimento foi instalado numa lavoura plantada no espaçamento 4,0x1,0m com uma muda por cova, totalizando 2500 Covas/ha, cultivar "Mundo Novo", sendo que na época do início dos tratamentos (outubro de 1988) contava com 3 anos e 9 meses de campo, identificada como uma lavoura em fase de produção.

2.2. Classificação e caracterização química do solo

O solo da área experimental foi descrito e classificado por ANDRADE¹ como Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LEd): argiloso, relevo suavemente ondulado. fase cerrado. A análise do solo apresentou os dados demonstrados no Quadro 2. As amostras referentes ao horizonte A, correspondem a profundidade de 0 a 20cm e os correspondentes ao horizonte B referem-se a profundidade de 20 a 40cm.

QUADRO 2 - Resultados das Análises Químicas do Solo, Horizonte A e B, da Area Experimental com Lavoura de Café^{1/}.

Horizonte	pH	meq/100 cc					ppm
		Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+A1	K ⁺	P
A	4,3	0,9	0,8	0,6	2,6	142	8
B	4,7	0,3	0,9	0,3	4,0	109	

1-

^{1/} Laboratório de Fertilidade do Solo - DCS/ESAL - Lavras-MG.

2.3. Tratos culturais

Foram feitas 5 pulverizações foliares por ano agrícola, sendo que em outubro, novembro e fevereiro a calda era composta por sulfato de zinco a 1,0%, ácido bórico a 0,5% e sulfato de

¹ANDRADE, H. informação pessoal.

magnésio a 0.5% e nos meses de dezembro e janeiro foi incluído o óxido de cobre a 0.5% para o controle da ferrugem. A adubação com fósforo foi feita toda de uma vez, no início do período chuvoso, sendo o adubo utilizado o superfosfato simples (20% de P_2O_5) numa dosagem de 250g/cova/ano, correspondendo a 50g de P_2O_5 /cova/ano. O controle do mato foi feito através de quatro capinas anuais, feitas antes das adubações.

Em setembro de 1988 foi realizada a calagem no local do experimento, sendo o calcário espalhado na projeção da saia do cafeeiro. Para o cálculo das necessidades de calcário utilizou-se a seguinte fórmula:

$$NC = \frac{T(V_2 - V_1)}{PRNT} \quad (1)$$

onde:

NC = necessidade de calcário em ton/ha;

T = capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7;

V_1 = índice de % de saturação em bases no solo;

V_2 = índice de % de saturação em bases desejadas, para o café 65%

PRNT = poder relativo de neutralização total.

Procedeu-se o cálculo para os dois horizontes A e B e tirou-se a média. A quantidade de calcário aplicada foi de 2 toneladas/ha.

2.4. Delineamento estatístico e tratamentos

Em experimentos visando ajustar uma função de produção, é mais importante um número maior de níveis de cada fator variável do que o número de repetições, THOMPSON (1973).

O delineamento usado foi o fatorial com 7 níveis de cada insumo variável (conforme mostra o Quadro 3). As repetições foram 3, em blocos inteiramente casualizados. Cada parcela constituiu-se de 6 pés em linha e apenas os 4 centrais considerados úteis.

QUADRO 3 - Níveis de N e K₂O Utilizados na Pesquisa Experimental com Lavoura de Café.

. Nivel	N		K ₂ O	
	g/cova/ano	Kg/ha	g/cova/ano	Kg/ha
0	-	-	-	-
1	40	100	60	150
2	80	200	120	300
3	120	300	180	450
4	160	400	240	600
5	200	500	300	750
6	240	600	360	900

Fonte: Dados da pesquisa.

Os tratamentos representando as combinações dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio somaram um total de 49 (Quadro 4), sendo as dosagens parceladas em 4 aplicações durante o período chuvoso de cada ano agrícola.

QUADRO 4 - Tratamentos Utilizados na Pesquisa Experimental com Lavoura de Café.

K ₂ O	N						
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆
K ₀	00	10	20	30	40	50	60
K ₁	01	11	21	31	41	51	61
K ₂	02	12	22	32	42	52	62
K ₃	03	13	23	33	43	53	63
K ₄	04	14	24	34	44	54	64
K ₅	05	15	25	35	45	55	65
K ₆	06	16	26	36	46	56	66

Fonte: Dados da pesquisa.

As adubações foram iniciadas em outubro de 1988 e repetidas nos anos agrícolas de 1989/90 e 1990/91, conforme mostra o Quadro 5.

QUADRO 5 - Datas das Adubações na Área Experimental com Lavoura de Café.

Adubação	Safrá		
	88/89	89/90	90/91
1ª	19/10	13/10	22/10
2ª	23/11	18/11	11/12
3ª	29/12	15/02	28/01
4ª	12/02	22/03	08/03

Fonte: Dados da pesquisa.

2.5. Dados coletados

A produção de cada parcela do experimento foi colhida quando aproximadamente 80% dos frutos se encontravam no estágio cereja. Devido ao grande número de parcelas (147 no total), não foi possível secar e beneficiar o produto de cada uma delas. Utilizou-se da seguinte metodologia: após colhido, o café de cada parcela, útil era pesado e medido, determinando-se o volume em litros por parcela útil. Como cada parcela útil corresponde a 4 pés de café e pela regra de três simples determinou-se a produção de 2500 pés, que corresponde ao número de covas por ha existente na área experimental. encontrou-se a produção de café em cereja em litros por ha.

Afirma BARTHOLO et alii (1989), que para cada saca de 60Kg de café beneficiado são necessários em média 500 litros de café em cereja. Assim, dividiu-se a produção em cereja (litros/ha) por 500 e determinou-se a produção beneficiada em sacas de 60Kg/ha.

2.6. Modelo teórico

A relação entre as quantidades empregadas de insumos e o rendimento obtido denomina-se função de produção. HOFFMANN et alii (1987) definem a função de produção como sendo uma relação que mostra a quantidade máxima de produto que se pode obter a

partir de **um** conjunto **de** insumos, para uma determinada tecnologia disponível por unidade de tempo. A teoria na qual se fundamenta esta pesquisa é a economia da **produção**, que se preocupa com a escolha e a tomada de decisão com relação ao uso de recursos. Diversos autores já utilizaram desta teoria em suas pesquisas: HEADY & DILLON (1961), OLIVEIRA (1966). SILVA (1976a), COLWELL (1984), NORONHA (1984), ANTONIALLI (1988), entre outros.

Na presente pesquisa, foi utilizada a **função de produção com 2 insumos** variáveis, nitrogênio (N) e potássio (K), e os outros fatores empregados no processo produtivo tais como: mão de obra, capital, entre outros, permaneceram constantes. A **expressão matemática da função** é:

$$Y = f(N, K/X_3, \dots, X_n) + e, \quad (2)$$

onde:

Y = variável dependente (produção);

N = variável independente representando o fator nitrogênio;

R = variável independente representando o fator potássio;

X_3, \dots, X_n = variáveis independentes representando os fatores men-

tidos constantes envolvidos no processo produtivo: e

e = erro aleatório com media 0 e variância constante.

A **função de produção clássica** apresenta três estágios. A **produção nos primeiro e terceiro estágios** é considerada Irracional ou **antieconômica**, uma vez que pode-se produzir **mais** do

produto usando menos de algum recurso. No primeiro estágio os recursos fixos são extensivamente usados, e no terceiro, intensivamente usados, perdendo ambos em eficiência. É somente racional produzir no segundo estágio.

Para maximizar a função de produção, é necessário satisfazer as seguintes condições:

$$\frac{\delta Y}{\delta N} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\delta Y}{\delta K} = 0. \quad (3)$$

que são as condições necessárias ou de 1ª ordem e que:

$$\frac{\delta^2 Y}{\delta N^2} < 0, \quad \frac{\delta^2 Y}{\delta K^2} < 0 \quad \text{e} \quad \frac{\delta^2 Y}{\delta N^2} * \frac{\delta^2 Y}{\delta K^2} > \frac{\delta^2 Y}{\delta N * \delta K}, \quad (4)$$

que são as condições suficientes ou de 2ª ordem.

A dose economicamente ótima de insumo, que proporciona lucro máximo, se encontra dentro do segundo estágio, que é o estágio racional de produção, onde o produto físico marginal de cada fator se iguala à relação de preços entre o fator e o produto. Isto vale dizer que se o preço de um determinado fator aumenta, permanecendo constante o preço do produto, há uma redução na dose econômica deste fator e se o preço diminui, ocorre um aumento na dosagem econômica do fator. O nível ótimo econômico pode ser expresso por:

$$PFMaN = PN/PY \quad (5)$$

$$PFMaK = PK/PY \quad (6)$$

onde:

PN = preço unitario do nitrogênio (Kg):

PK = preço unitário do potássio (Kg);

PY = preço unitário do café (Kg).

2.7. Modelo matemático

A forma apropriada da função a ser ajustada à superfície de produção deve ser selecionada em termos de ambiente e da natureza da unidade produtora à qual a função se ajusta. O conhecimento biológico da produção deve fornecer alguma base na seleção das formas de funções mais apropriadas. Por ser um trabalho relacionado a experimento com adubação, os modelos matemáticos escolhidos para se fazer o ajuste foram os polinomiais quadrático e cúbico e o translogarítmico.

2.7.1. Modelo polinomial quadrático

A função quadrática, segundo GOMES & CONAGIN (1987), é uma das mais usadas para se fazer um ajuste de uma função de produção. Ele afirma isto, por ser ela de uso fácil e não é difícil de se obter estimadores independentes para os coeficientes da equação. TEIXEIRA (1970), também afirma que a função quadrática, dentre as funções polinomiais, é uma das que apresenta características mais consistentes com que se espera teoricamente, ou seja, apresenta retornos crescentes. ponto de

máximo ou mínimo e retornos decrescentes. Por atingir um ponto de máximo, que é um aspecto consistente com o mundo real, esperado para o uso de fertilizantes. THOMPSON (1973) afirma que a função quadrática é muito utilizada pelos pesquisadores agrícolas. Dentre estes pode-se citar: HEADY & DILLON (1961), TEIXEIRA (1970), SILVA (1976a), RAJ (1991), entre outros.

A, expressão matemática do modelo quadrático para 2 insumos variáveis é:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + B_3X_2 + B_4X_2^2 + B_5X_1X_2 + e \quad (7)$$

onde:

Y = variável dependente.

X₁ = variável independente 1.

X₂ = variável independente 2.

B₀ = constante;

B₁, B₂, B₃, B₄ e B₅ = coeficientes parciais de regressão; e

e = erro aleatório com média 0 e variância constante.

Algumas propriedades do modelo quadrático:

- a) A forma geométrica é uma parábola;
- b) a constante B₀ iguala o nível de produção se X₁ e X₂ = 0, isto é, a produção resultante do conjunto dos recursos mantidos constantes;
- c) a função do PFMa de X₁ e X₂ é linear, ou seja, é uma reta decrescente;
- d) Permite interação entre os insumos (isto é X₁*X₂); e
- e) a função tem um ponto de máximo, sendo côncava se B₂ e B₄ < 0: neste caso apresenta retornos decrescentes a cada fator.

2.7.2. Modelo polinomial cúbico

O polinômio do 3º grau apresenta uma região de retornos crescentes, seguido por uma região de retornos decrescentes, sendo também utilizado em experimentos nas lavouras que atingem um ponto máximo de produto físico total. Mesmo sendo de difícil operacionalização matemática, alguns pesquisadores já fizeram uso dela nos seus trabalhos tais como: JUNQUEIRA NETTO (1977). BEZERRA NETO et alii (1984) e ANTONIALLI (1988).

Matematicamente, o modelo polinomial cúbico pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + B_3X_1^3 + B_4X_2 + B_5X_2^2 + B_6X_2^3 + B_7X_1X_2 + e \quad (8)$$

Algumas de suas propriedades são descritas abaixo:

- a) geometricamente apresenta a forma de "S";
- b) permite uma região de retornos crescentes seguidos por retornos decrescentes e por fim retornos negativos;
- c) a constante "B₀" representa a produção resultante do conjunto dos recursos mantidos constantes, (X₁ e X₂ = 0); e
- d) a função do PFMa de X₁ e X₂ é de 2º grau, apresentando um ponto de máximo.

2.7.3. Modelo translogaritmico

É uma função que pode ser ajustada usando o método de quadrados mínimos e a sua forma tem algumas características da função quadrática. Matematicamente ela pode ser expressa da seguinte forma:

$$\ln Y = B_0 + B_1 \ln X_1 + B_2 \ln X_2 + B_3 (\ln X_1)^2 + B_4 (\ln X_2)^2 + B_5 \ln X_1 \ln X_2 + e \quad (9)$$

onde :

B_0, B_1, B_2, B_3, B_4 e B_5 são constantes (parâmetros da regressão) e $\ln =$ logaritmo natural na base e .

A forma supõe **que** ambos **fatores** sejam Limitativos. isto é, se X_1 ou X_2 for igual a zero. $Y = 0$ Porém a função tem **um** ponto máximo onde **uma** combinação limitativa dos insumos define o nível mais alto possível da produção.

Algumas propriedades deste modelo são:

- a) Se X_1 e $X_2 = 0$, a produção é igual a zero;
- b) apresenta **um** ponto **de** máximo; e
- c) pode apresentar retornos crescentes e decrescentes.

Maiores informações poderão **ser** encontradas nos trabalhos de BARBOSA (1985); BEATTIE & TAYLOR (1985); DEBERTIN (1986) e REIS (1992).

2.8. Operacionalização das variáveis

Os modelos matemáticos quadrático, cúbico e translogaritmico foram ajustados pelo método dos quadrados mínimos, **que** consiste em se calcular os valores de b_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) que torna mínima a soma dos quadrados dos desvios entre os valores observados e os correspondentes **valores** estimados através da equação de regressão.

Os dados utilizados para o ajuste foram os da média do biênio 90 e 91 (Quadro 6) e foi seguida a expressão (2), onde:

Y = café beneficiado em Kg/ha:

N = nitrogênio em Kg N/ha:

K = potássio em Kg K_2O /ha:

X_3, \dots, X_n = fatores mantidos constantes no processo produtivo; e

e = erro aleatório com média 0 e variância constante.

For ser o café um produto voltado para o mercado externo optou-se por trabalhar com a relação de preços em dólar, para o período de janeiro de 1982 a dezembro de 1991. Tais preços foram fornecidos pela Cooperativa dos Cafeicultores de São Sebastião do Paraíso - Cooparaíso², para cafés tipo, "6" (Anexo 1). Os preços do nitrogênio (N) e do potássio (K) foram extraídos dos preços do sulfato de amônio (com 20% de N) e do cloreto de potássio (com 60% K_2O), respectivamente. Esses preços foram obtidos em cruzeiros tomando-se por base um estudo da EPAMIG (1982/88) para a região Sul de Minas e da Cooparaíso, sendo transformados em dólar. (Anexo 2). Teve-se como base o dólar médio mensal fornecido pela Fundação Getúlio Vargas, (Anexo 3).

² Cooparaíso - Departamento Técnico da Cooperativa dos cafeicultores de São Sebastião do Paraíso.

3. RESULTADOS E DISCUSSOES

3.1. Resultados Experimentais

Os rendimentos médios de café beneficiado/ha (média de 3 repetições), obtidos no experimento nos anos de 1990 e 1991 e a produção média de biela são apresentados no Quadro 6. Devido ao problema de veranico observado na região a safra correspondente ao ano agrícola de 1988/89 foi bastante prejudicada e portanto esses dados foram eliminados da pesquisa.

Houve uma tentativa de se analisar anualmente as produções, não sendo possível em função da obtenção de um ajuste estatístico inadequado para os modelos testados. Pode-se verificar no Quadro 6 uma alternância anual de produção, bastante comum no cafeeiro. Por causa dessa variação na produção, STEVENS (1949) e FRAGA & CONAGIN (1956), sugerem que a análise das produções de café devem ser feitas por pares de anos ou média das produções

QUADRO 6 - Produção de Café Beneficiado (média de 3 repetições)
 Segundo Diferentes Tratamentos. Município de Lavras -
 MG. Período de 1990 a 1991.

Tratamento N x K ₂ O	Produção em Sc/ha		
	1990	1991	MEDIA
00	49.33	10.40	29,a7
0.1	56.11	16.22	36.17
02	47.03	21,63	34.33
03	45.30	24,54	34.92
04	49.92	13.40	31.66
05	39.12	19,53	29,32
06	32.59	24.60	28,59
10	53,37	25.12	39,25
11	56,68	30 ,a3	43.76
12	48,07	33.35	40.71
13	51,81	26,88	39.34
14	44.57	31.21	37 ,a9
15	46.55	31.07	38,81
16	57,99	20.06	39,03
20	65.30	21,34	43.32
21	65.96	25,03	45.49
22	65.26	22.93	44,09
23	66,18	28,15	47,16
24	61.42	28,25	44,83
25	67.43	18,58	43,00
26	63,87	15,94	39.91
30	59.88	21.13	40.51
31	52.40	31,88	42.14
32	55.14	27.35	41,24
33	61,78	24.35	43.06
34	63.36	21,98	42,67
35	61.76	19.77	40,77
36	68,18	13,71	40,94
40	59.69	15.68	37,68
41	62,28	18.37	40,32
42	61,a7	20.14	41,01
43	57.10	21,58	39,34
44	56.04	22.63	39,33
45	61.50	14.95	38,23
46	56.25	18,15	37.20
50	57,25	13,49	35,37
51	61,88	16,a4	39,36

Continua...

(QUADRO 6) Continuação

Tratamento N x K ₂ O	Produção em Sc/ha		
	1990	1991	MEDIA
52	59,51	21,49	40,50
53	47,46	25,31	36,39
54	54,25	22,78	38,51
55	53,32	20,97	37,14
56	52,64	22,00	37,32
60	56,62	16,49	36,56
61	59,34	14,80	37,07
62	59,51	18,31	38,91
63	47,49	23,40	35,45
64	55,32	17,32	36,32
65	52,95	17,54	35,25
66	49,89	16,06	32,97
MEDIA	55,89	21,38	38,63

Fonte: Dados da Pesquisa.

Pelo Quadro 7 percebe-se que aumentos nos níveis tanto de nitrogênio quanto de potássio provocou aumento na produção até um certo ponto e que a partir daquele ponto, aumentos nas dosagens provocou redução na produção devido ao efeito fitotóxico dos elementos, caracterizando assim a lei dos rendimentos decrescentes.

Nota-se também no Quadro 7 que a resposta ao nitrogênio foi maior do que a resposta ao potássio. A possível explicação para este fato são os altos teores de potássio já existentes no solo (Quadro 2), reduzindo assim a resposta à adubação potássica. Outro aspecto importante é que o experimento foi montado onde uma lavoura velha existia anteriormente e, basicamente, a adubação era feita via fórmula 20-5-20, podendo ter ficado um efeito residual de potássio. O terreno também apresentava baixos teores de matéria orgânica, o que explica maior resposta ao nitrogênio.

QUADRO 7 - Produção de Café Beneficiado (sc/ha), Média do Biênio 1990 e 1991, com Níveis Fixos dos Elementos N e K₂O.

	No	N1	N2	N3	N4	N5	Na	Média
K ₀	29,87	39,25	43,32	40,51	37,68	35,37	36,56	37,51
K ₁	36,17	43,76	45,49	42,14	40,32	39,36	37,07	40,62
K ₂	34,33	40,71	44,09	41,24	41,01	40,50	38,91	40,11
K ₃	34,92	39,34	47,16	43,06	39,34	36,39	35,45	39,38
K ₄	31,66	37,89	44,83	42,67	39,33	38,51	36,32	38,74
K ₅	29,32	38,81	43,00	40,77	38,23	37,14	35,25	37,50
K ₆	28,59	39,03	39,91	40,94	37,20	37,32	32,97	36,57
Méd.	32,12	39,83	43,97	41,62	39,02	37,80	36,08	

Fonte: Dados da Pesquisa.

3.2. Resultados estatísticos e seleção do modelo

Os resultados estatísticos das equações de regressão, ajustadas com os dados da média do biênio 1990 e 1991, para os modelos quadrático, cúbico e translogarítmico estão apresentados no Quadro 8. Verifica-se que as interações entre nitrogênio e potássio não foram significativas a nível de 10% de probabilidade em nenhum dos modelos testados. Isto significa efeitos independentes para estes elementos nas condições estudadas. Uma possível explicação para esta independência entre os elementos

são os altos teores de K encontrado no solo já demonstrado no Quadro 2. OLIVEIRA & PEREIRA (1988), estudando o efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação e produção do cafeeiro em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Único (LVHd), também observaram efeitos independentes entre estes dois elementos na fase de produção do cafeeiro.

Para os outros coeficientes de regressão observa-se que no modelo cúbico todos foram significativos ao nível de 10% de probabilidade enquanto que nos outros modelos ajustados isto não ocorreu. Analisando o coeficiente de determinação (R^2), o modelo quadrático foi o que teve o pior ajuste, com R^2 de apenas 6,08%, enquanto que o cúbico foi o que se ajustou melhor, com 88,22%. indicando que 88,2241 da variação na produção de café beneficiado é explicada por variações nos teores de nitrogênio (N) e potássio (K_2O). Assim optou-se por trabalhar com o modelo cúbico. Os critérios para esta seleção foram os seguintes: coeficiente de determinação (R^2), nível de significância do teste "t" de Student para os coeficientes de regressão e análise de resíduos. PARENTE (1984).

QUADRO 8 - Funções de Produção Ajustadas à Adubação Nitrogenada e Potássica em Cafeeiros, Município de Lavras - MG, Média das Safras 90 e 91.

Modelo	R ²	Parâmetros da regressão	Nível de significância (%)
1. Quadrático	0,0608		
$(B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + B_3X_2 + B_4X_2^2 + B_5X_1X_2)$			
B ₀		2379,52653061	-
B ₄		- 0,00021059	8,77
2. Cúbico	0,8822		
$(B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + B_3X_2 + B_4X_2^2 + B_5X_1^3 + B_6X_2^3 + B_7X_1X_2)$			
B ₀		1871,26224490	-
B ₁		6,39432143	0,01
B ₂		-0,02171015	0,01
B ₃		0,00001821	8,63
B ₄		1,31702948	5,18
B ₅		-0,00311769	0,17
B ₆		0,00000175	7,11
3. Translog	0,6305		
$[\ln y = B_0 + B_1 \ln X_1 + B_2 \ln X_2 + B_3 (\ln X_1)^2 + B_4 (\ln X_2)^2 + B_5 \ln X_1 \ln X_2]$			
B ₀		7,65192782	-
B ₁		0,12297885	0,01
B ₃		-0,03523412	0,01

Fonte: Dados da pesquisa.

3.3. Análise econômica

De acordo com a função cúbica estimada, a produção máxima de café beneficiado foi atingida com as doses de 219,28Kg/ha de nitrogênio (N) e 274,80 Kg/ha de potássio (K₂O), obtidas igualando-se o produto físico marginal dos dois elementos a zero (PFMa=0). Vale ressaltar que no modelo cúbico ajustado, a curva do PFMa tem um grau a menos, ou seja, transforma-se numa fórmula quadrática que passa a ter duas raízes no processo de solução final. Para proceder a escolha da raiz que representa o nível desejado, verifica-se qual delas se encontra dentro do estágio racional, descartando-se a outra. Nas doses que atingiram a produção máxima, a produtividade foi de 2.684,93 quilos de café beneficiado/ha correspondendo a 44,75 sacas.

Como foi verificado no Quadro 8, as interações entre nitrogênio e potássio não foram significativas ao nível de 10% de probabilidade, demonstrando assim que para as condições estudadas estes elementos apresentaram efeitos independentes. Baseado nisso, optou-se pela análise individual do nitrogênio e do potássio, que serão descritos a seguir.

3.3.1. Análise econômica para o nitrogênio (N)

A representação gráfica do modelo para nitrogênio se encontra na Figura 1, onde pode-se visualizar as curvas do produto físico total (PFT), produto físico marginal do nitrogênio

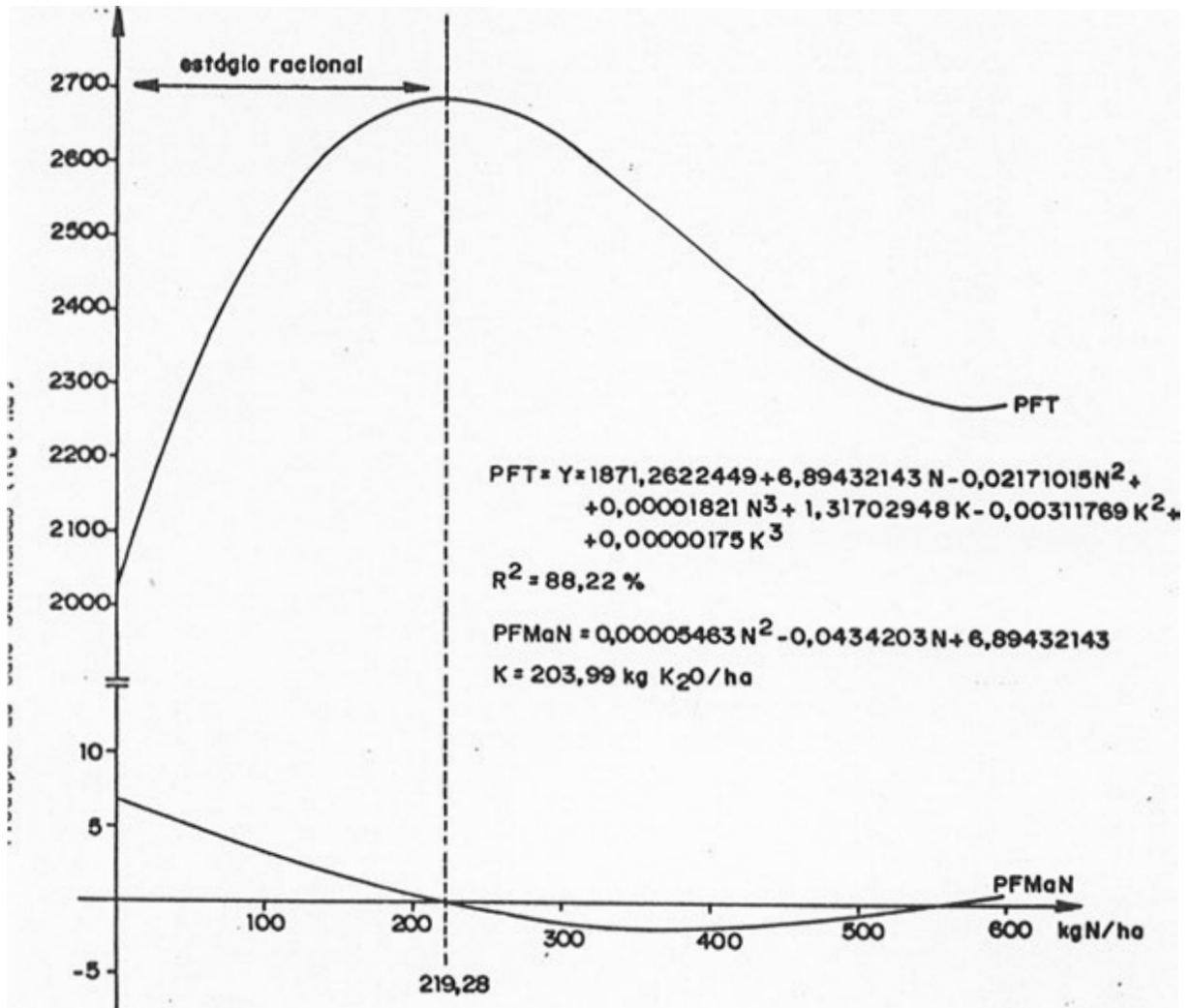


FIGURA 1 - Representação gráfica das curvas de produto físico total e produto físico marginal para o modelo cúbico.

FONTE: Dados da pesquisa

(PFMaN) bem como a delimitação do estágio racional de produção que se encontra no intervalo em que o PFMaN é decrescente e maior que zero.

Para determinação da dose econômica de nitrogênio igualou-se o produto físico marginal de N a relação preço do quilo. de N/preço do quilo de café beneficiado ($PFMaN = PN/Poafé$). No período analisado, janeiro de 1982 à dezembro de 1991, a relação de preços foi em média 0,63:1, indicando que nesse período, em média, o quilo de nitrogênio (N) equivaleu à 63% do quilo de café beneficiado. A dose econômica de N para essa relação de preços foi de 189,38Kg N/ha o que corresponde à 75,75 gramas N/cova/ano ou 378,75 gramas de sulfato de amônio/cova/ano. A produção alcançada com essa dose foi de 2.675,75Kg de café beneficiado/ha obtida fixando-se o potássio no nível de 203,99Kg K₂O/ha que foi a dose econômica para este elemento (a ser descrito no item 3.3.2.)-

Comparando a dose econômica de nitrogênio, 75,55g/cova/ano ou 189,38Kg N/ha, com a recomendada pelo IBC, VIANA & CORREA (1987), de 120g N/cova/ano ou 300Kg N/ha, para lavouras com produção esperada de 37,5 a 50 sacos de café beneficiado/ha (Quadro 9), observa-se uma economia de 110,82Kg N/ha ou 553,10Kg de sulfato de amônio/ha. Considerando-se a situação de descapitalização na qual o setor se encontra, isto representa uma redução na aquisição de adubo nitrogenado em torno de 36%, que é bastante significativo para o cafeicultor.

QUADRO 9 - Gramas de N por Cova/Ano em Função da Produção Esperada para Lavoura em Fase de Produção.

produtividade por ha (sc benef. 60 Kg)	g N/cova/ano
< 12,5	75
12,5 - 25,0	90
25,0 - 37,5	105
37,5 - 50,0	120
50,0 - 62,5	130
62,5 - 75,0	140

Fonte: VIANA & CORREA (1987).

Utilizando a curva do PFMa_N processou-se uma simulação onde o preço do nitrogênio foi aumentado, mantendo-se constante o preço do café beneficiado. Verificou-se, que a medida que o preço de N aumenta, há uma redução na dose econômica do mesmo. Quadro 10. Se o nitrogênio tivesse custo zero, a dose recomendada seria a que atingiu a produção máxima, que é de 219,28Kg N/ha. Na relação 1:1, o que equivale dizer que o preço do quilo de N é igual ao preço do quilo de café, a dose econômica seria de 173,72Kg N/ha. A aplicação de nitrogênio só não seria recomendável quando a relação de preços fosse de 6,89:1, ou seja, o preço do quilo de N equivalesse à 6,89 vezes o preço do quilo de café beneficiado, conforme dados do Quadro 10. Esta situação seria muito difícil de acontecer uma vez que nos dez anos analisados, janeiro de 1982 a dezembro de 1991, a maior relação de preços alcançada foi de 1,39:1.

QUADRO 10 - Relação Preço do Quilo de Nitrogênio/Preço do Quilo de Café Beneficiado e Doses Econômicas de Nitrogênio. Município de Lavras -MG, Período de 1990 a 1991¹

Relação de preço (PN/ P café)	Dose econômica estimada (KgN/ha)
0	219,28
0.10 : 1	214.21
0.25 : 1	206,86
0.50 : 1	195.21
0.63 : 1	189,38
0.75 : 1	184.19
1.00 : 1	173,72
1.25 : 1	163.71
1,50 : 1	154,12
1.75 : 1	144,89
2.00 : 1	135.99
2.25 : 1	127,38
2.50 : 1	119.03
2.75 : 1	110.93
3.00 : 1	103.05
3.25 : 1	95.38
3,50 : 1	87,89
3,75 : 1	80,59
4.00 : 1	73.45
4.25 : 1	66.46
4.50 : 1	59,61
4.75 : 1	52.91
5.00 : 1	46.33
5.25 : 1	39.87
5.50 : 1	33.53
5.75 : 1	27.29
6.00 : 1	21.16
6.25 : 1	15.13
6.50 : 1	9.19
6,89 : 1	0

Fonte: Dados da pesquisa.

$${}^1\text{PFMAN} = 0.00005463 \text{ N}^2 - 0.0434203 \text{ N} + 6,89432143$$

Procurando facilitar a tomada de decisão do cafeicultor, foi elaborado um gráfico de aplicação de N. conforme Figura 2. A relação de preços (Preço do Kg N/Preço do Kg café beneficiado) deve ser calculada na época da adubação e comparada com a Figura 2. A seta mostra um exemplo de como determinar a dose econômica de nitrogênio, ressaltando que as doses encontradas nesta figura mostram as quantidades totais de nitrogênio a serem aplicadas por hectare, em 4 aplicações e em lavouras e solos com as características semelhantes ao deste trabalho. Se o agricultor deseja saber qual a dosagem em g/cova/ano de sulfato de amônio, é só multiplicar a dosagem encontrada na Figura 2 por 1.000, para transformar quilograma em grama, dividir o valor encontrado por 2.500, que é o número de covas/ha, e multiplicar por 5, isso porque o sulfato de amônio tem apenas 20% de N.

Um aspecto importante que deve ser salientado, é que, há determinados períodos em que o produtor não deverá fundamentar suas decisões, com respeito à adubação, apenas nas relações econômicas envolvidas. Esses períodos são determinados onde o preço do café se encontra em situação desfavorável ao preço dos fertilizantes. Nessa situação, a dose econômica recomendada se encontra em níveis inferiores ao exigido pelo cafeeiro, tanto para vegetação como para produção. Este aspecto se torna importante na tomada de decisão do cafeicultor, uma vez que, no curto prazo, a utilização dessas dosagens poderá estar lhe proporcionando a maximização dos lucros, mas no médio e longo

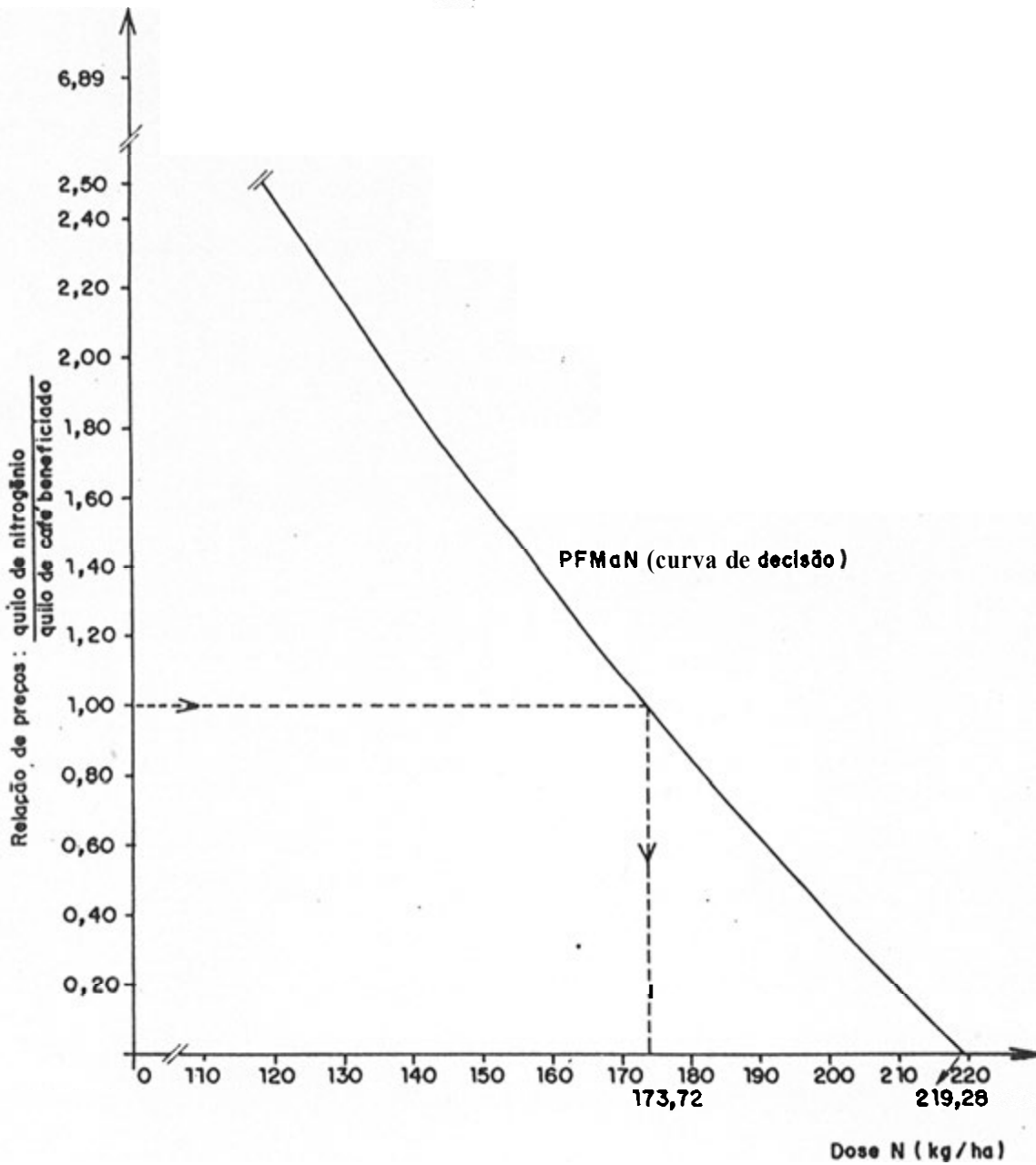


FIGURA 2 - Simulação das relações de preços entre o nitrogênio e o café beneficiado, e doses econômicas de nitrogênio em Kg/ha/ano.

FONTE: Dados da pesquisa

prazos. terá problemas de ordem nutricional na lavoura, comprometendo futuramente a produtividade da mesma. Além disso, estará empobrecendo ainda mais o solo da propriedade. uma vez que a retirada de nutrientes é maior do que a reposição dos mesmos.

GUIMARAES & LOPES (1986) comentam que. ao se fazer um paralelo entre a cafeicultura em solos de alta fertilidade e de solos de baixa fertilidade como os sob "cerrado". observa-se que. nas lavouras em solos de alta fertilidade ao se deixar de adubar ou ao se reduzirem as quantidades a serem fornecidas, ou, se um nutriente limitante faltar em um determinado momento, esta reduzirá sua produção. voltando a produzir normalmente ao ser corrigida. Por outro lado, se tal fato acontecer em uma lavoura instalada em solo de baixa fertilidade, sua produção será grandemente afetada. as plantas terão o desenvolvimento de novos ramos comprometido, afetando também a produção do ano seguinte, mesmo após a correção em um determinado momento. Isto mostra que, em solos de baixa fertilidade, o agricultor deve, no mínimo, repor aqueles nutrientes que foram extraídos, tanto para vegetação como para produção, mesmo que esta reposição implique em doses maiores do que a dose econômica recomendada.

3.3.2. Análise econômica para o potássio (K_2O)

A representack gráfica do modelo para potássio se encontra na Figura 3 onde pode-se visualizar também a delimitação do estágio racional de produção.

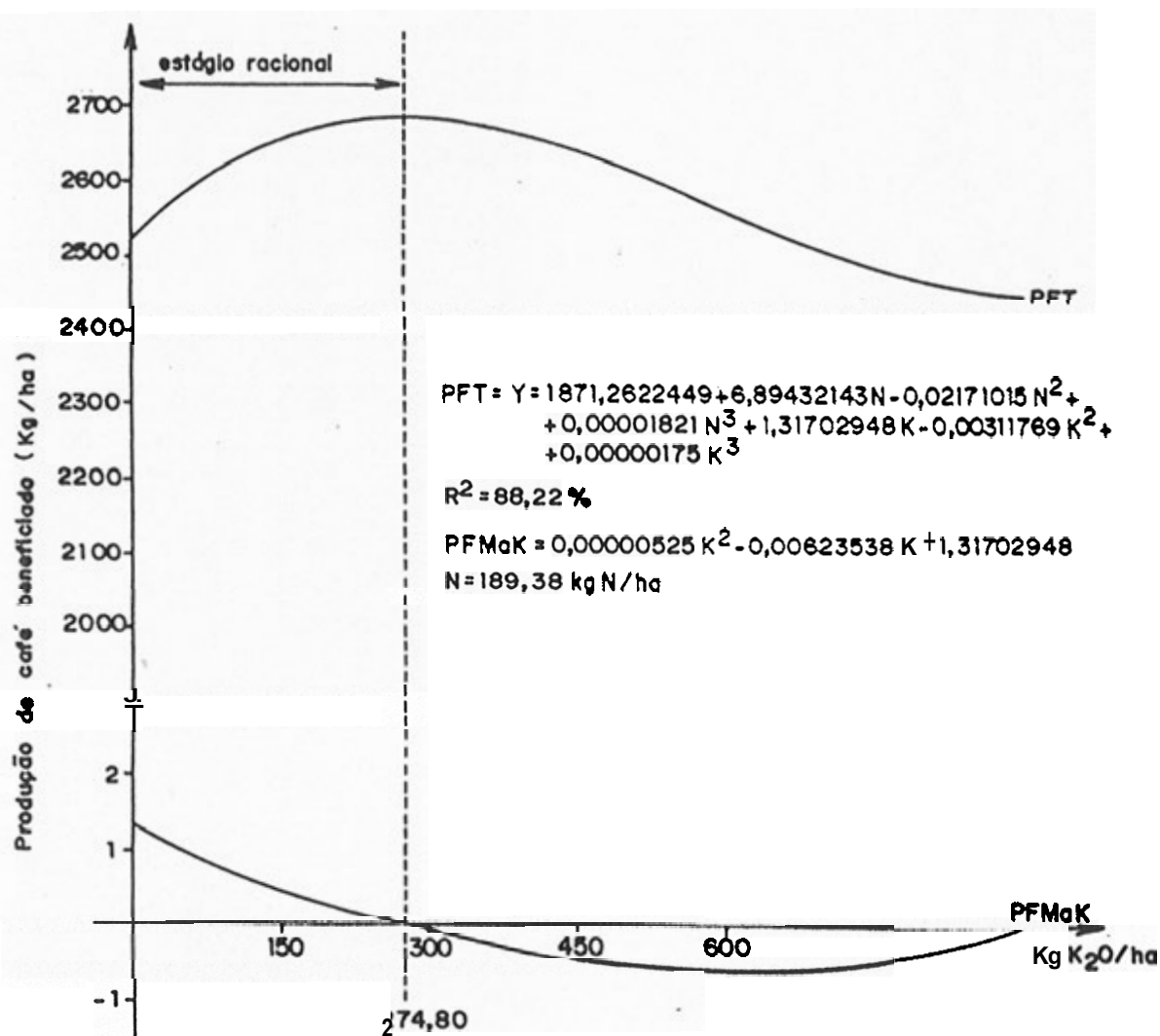


FIGURA 3 - Representação gráfica das curvas de produto físico total e produto físico marginal para o modelo cúbico.

FONTE: Dados da pesquisa

Procedendo de forma semelhante ao **nitrogênio**, para determinação da dose econômica de potássio igualou-se o produto físico marginal de K à relação preço do quilo de K_2O /preço do quilo de café beneficiado ($PFM_K = PK/P_{café}$). A relação de preços média de janeiro de 1982 à dezembro de 1991 foi de 0,26:1, ou seja, nesse período o quilo de K_2O equivaleu em média a 26% do quilo de café beneficiado. A dose econômica para essa relação de preços foi de 203,99Kg K_2O /ha o que corresponde a 81,60 gramas K_2O /cova/ano ou 136 gramas de cloreto de potássio/cova/ano. Essa dose representa 45,33% da recomendada por MALAVOLTA (1981, 1983), que é de 180g de K_2O /cova/ano ou 450Kg de K_2O /ha, para cafeeiros a partir do 3º ano, no Estado de Minas Gerais, Quadro 11. A diminuição na

QUADRO 11 - Recomendações para Adubação de Cafeeiros em Minas Gerais.

Ano	grama/cova/ano	
	N	K_2O
1º depois do plantio	50	40
2º depois do plantio	60	30
3º em diante	120	180

Fonte: MALAVOLTA (1981).

adubaçã_o acarretada pela utilização da dose econômica foi em torno de 246Kg K₂O/ha, equivalendo a 410Kg de cloreto de potássio/ha. Esta redução foi basicamente devido ao alto teor de potássio já existente no solo, o que evidencia a importância de se fazer a análise de solo antes de se fazer recomendações de adubações.

Fixando-se o nitrogênio em 189,38Kg de N/ha, que foi a dose econômica para o N, e com a dose de 203,99Kg de K₂O/ha, que é a dose econômica para o K, obteve-se a produção de 2675,75Kg de café beneficiado/ha.

Processando-se uma simulação onde o preço de K₂O foi aumentado e o preço do café beneficiado manteve-se constante, verificou-se que há uma redução na dose econômica de K₂O à medida que seu preço aumenta, Quadro 12. A dose que atingiu a produção máxima, 274,80Kg de K₂O/ha, seria recomendada se o K₂O tivesse custo zero. Na relação 1:1, onde o preço do quilo de K₂O é igual ao preço do quilo de café beneficiado a dose econômica seria de 53,24Kg de K₂O/ha. Para as condições estudadas só seria inviável aplicar K₂O se a relação de preços fosse 1,32:1. Esta situação seria difícil de acontecer uma vez que no período estudado a maior relação de preços alcançada foi de 0,51:1, ou seja, o preço do quilo de K₂O equivaleria a 51%do quilo de café beneficiado.'

Da mesma maneira que foi feito com o nitrogênio, elaborou-se um gráfico de aplicação de K₂O para facilitar a tomada de decisão do cafeicultor com respeito à adubação potássica

QUADRO 12 - Relação Preço do Quilo de K₂O/Preço do Quilo de Café Beneficiado e Doses Econômicas de K₂O, Município de Lavras - MG, Período de 1990 a 19911.

Relação de preço (P K ₂ O/P café)	Dose econômica estimada (Kg K ₂ O/ha)
0	274,80
0,05:1	260,22
0,10:1	246,24
0,15:1	232,80
0,20:1	219,85
0,25:1	207,32
0,30:1	195,19
0,35:1	183,42
0,40:1	171,98
0,45:1	160,84
0,50:1	149,98
0,55:1	139,38
0,60:1	129,02
0,65:1	118,88
0,70:1	108,96
0,75:1	99,24
0,80:1	89,70
0,85:1	80,34
0,90:1	71,15
0,95:1	62,12
1,00:1	53,24
1,05:1	44,50
1,10:1	35,90
1,15:1	27,43
1,20:1	19,08
1,25:1	10,86
1,30:1	2,74
1,32:1	0

Fonte: Dados da pesquisa

$$1PFEMaK = 0,00000525K^2 - 0,00623538K + 1,31702948$$

(Figura 4). A relação de preços (preço do **quilo** de K_2O /preço do quilo de café beneficiado). deve ser atualizada na época da **adubação** e comparada com a Figura 4. A seta deste. figura ilustra **um** exemplo de como determinar a dose econômica para o potássio. **As** doses encontradas mostram as quantidades totais de K_2O a serem aplicadas por ha, em quatro aplicações, para lavouras e **solos** com características semelhantes ao estudado. Se o produtor quiser saber a dosagem em gramas/cova/ano de cloreto de potássio, é só multiplicar a dosagem encontrada por **1000**, para achar o valor em **gramas**. dividir este valor por 2500 covas e multiplicar por 1,67, o que vale dizer que o cloreto de potássio tem **60%** de K_2O .

O uso de adubos formulados, principalmente o 20-5-20, é uma prática bastante comum entre **os** cafeicultores da região. **No** entanto, RAIJ (1991) adverte que o uso da mesma fórmula de NPK todos **os** anos para determinada cultura, é uma prática errônea e que se deve levar em conta as necessidades de cada caso antes de se fazer as recomendações de adubações. MALAVOLTA (1986) em estudo sobre nutrição, adubação e calagem para cafeeiro, afirma que as proporções dos elementos nas misturas nem sempre **são as mais** convenientes.

O uso contínuo de uma determinada fórmula pode acarretar ao agricultor custos adicionais, uma vez que nem sempre se faz necessária a aplicação de elementos nos níveis em que eles se encontram nas fórmulas.

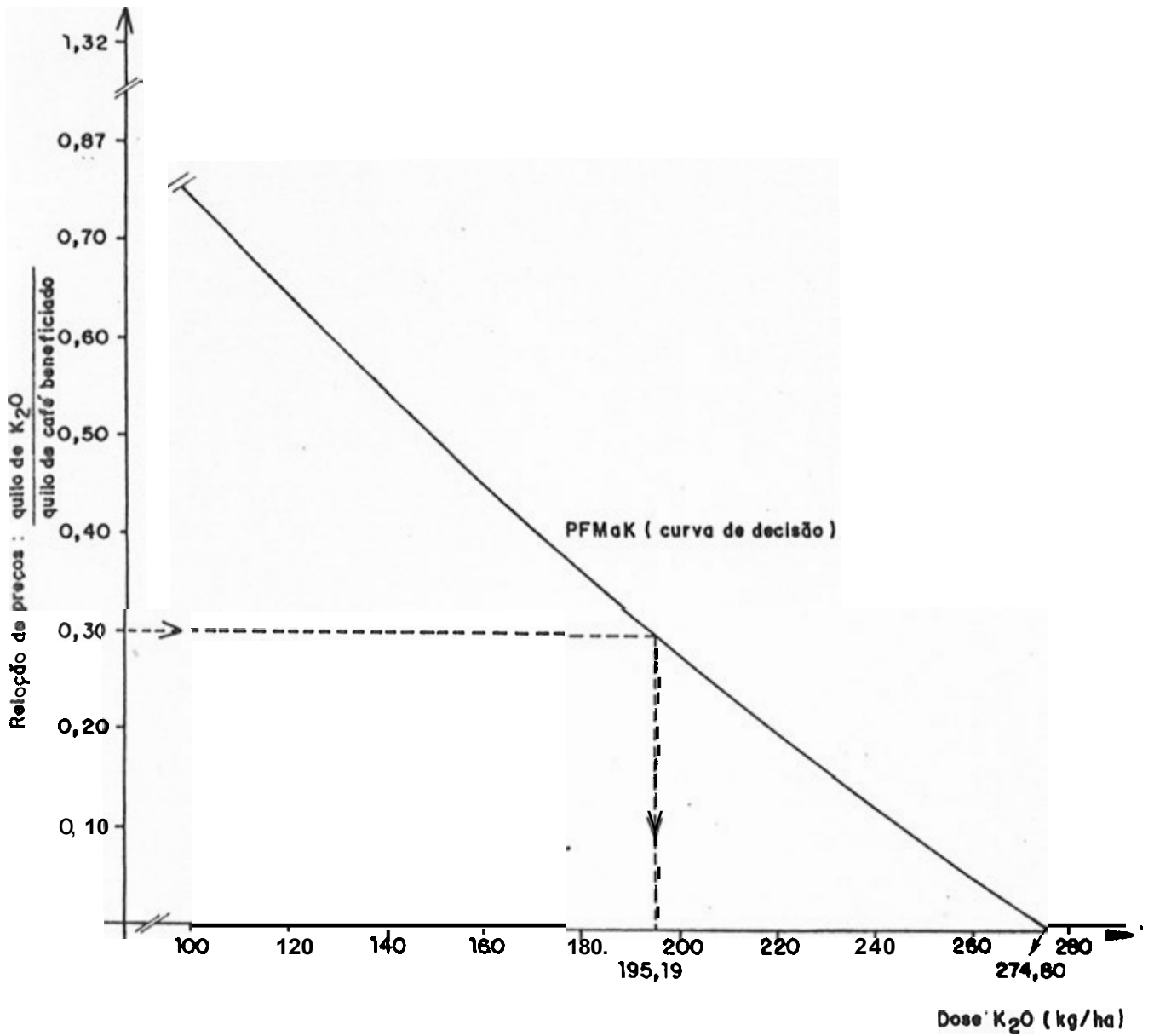


FIGURA 4 - Simulação das relações de preços entre o potássio e o café beneficiado, e doses econômicas de potássio em Kg/ha/ano.

FONTE: Dados da pesquisa

Para exemplificar esta colocação, processou-se uma simulação onde o cafeicultor de posse de uma lavoura com 50.000 pés preferiu usar a fórmula 20-5-20 numa dosagem de 600g/cova/ano, que é a recomendação geral dos técnicos Para a região, ao invés de usar a recomendação ótima, determinada por este trabalho para o nitrogênio e potássio. A dose de fósforo foi a mesma utilizada na pesquisa, 250g de superfosfato simples (S.S.)/cova/ano. As fontes de nitrogênio e potássio foram respectivamente o sulfato de amônio (S.A.) e o cloreto de potássio (KCl). Os preços utilizados referem-se ao mês de outubro de 1992 em Lavras.

Usando o formulado (20-5-20):

$$600\text{g/cova} * 50.000 \text{ covas} = 30\text{ton} * \text{cr\$ } 2.200.000,00/\text{ton} = \text{cr\$ } 66.000.000,00$$

Usando a recomendação ótima:

$$\begin{aligned} \text{Nitrogênio} & - 378.75\text{g de S.A./cova/ano} * 50.000 \text{ covas} = \\ & 18,94\text{ton} * \text{cr\$ } 1.140.000,00/\text{ton} = \text{cr\$ } 21.591.600,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potássio} & - 136\text{g de KCl/cova/ano} * 50.000 \text{ covas} = \\ & 6,8\text{ton} * \text{cr\$ } 1.820.000,00/\text{ton} = \text{cr\$ } 12.376.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fósforo} & - 250\text{g de S.S./cova/ano} * 50.000 \text{ covas} = \\ & 12,5\text{ton} * \text{cr\$ } 1.100.000,00/\text{ton} = \text{cr\$ } 13.750.000,00 \end{aligned}$$

O gasto total quando se aduba nos níveis ótimos, baseados na compra de elementos, foi de cr\$ 47.717.800,00.

Comparando estes dois casos, verifica-se que há um menor investimento em fertilizantes quando a recomendação economicamente ótima foi utilizada. Essa diferença equivale a uma economia de 166 sacas do formulado **20-5-20**, que em outubro correspondia a aproximadamente 40 sacas de café beneficiado. Isto se deve ao fato de que não houve aplicação desnecessária dos elementos, evitando portanto desperdícios dos mesmos.

4. CONCLUSOES E SUGESTOES

4.1. Conclusões

Embora **os** dados experimentais que deram origem a esta pesquisa sejam oriundos de uma fazenda no município de Lavras - MG, teve-se o cuidado de selecionar esta área em função da existência de informações (classificação e textura do **solo**, fertilidade, pH, variedades do cafeeiro e precipitações pluviométricas, entre outras), que não fugissem muito da média nas regiões produtoras de café do sul de Minas Gerais. Algumas conclusões estão fundamentadas também no conhecimento das práticas de adubação vigente na região e mesmo no Estado.

a) **Há** uma necessidade urgente de reprogramação dos programas de adubação no cafeeiro, possibilitando aos produtores **melhores** resultados econômicos através da adequação dos **níveis** de adubação com nitrogênio (N) e potássio (K);

- b) a Prática de adubação fundamentada na utilização de fórmulas preparadas do tipo **20-5-20** largamente utilizada na região, não atende as necessidades dos produtores no seu processo de maximização **dos** lucros. Principalmente, quando se trata' de lavouras mais velhas. onde **o** risco de excesso de potássio nos **solos** pode ocorrer com bastante frequência, provocando desequilíbrios nutricionais e prejudicando a absorção de determinados elementos. tendo como consequência redução na produção e lucro:
- c) a prática da análise de solos deve ser incentivada através do serviço de extensão rural e outras agências de assistência técnica. uma vez que grandes perdas poderão ocorrer em decorrência de uma adubação sem o conhecimento dos níveis de **N** e **K** nos **solos**:
- d) **o** produtor de café numa situação desfavorável na relação preço do fertilizante/preço **do** café, como a que está ocorrendo presentemente, deve ser cauteloso na tomada de decisão relacionada com a compra de fertilizantea, dando preferência para aquisições de elementos em separado ao invés de compras de fórmulas preparadas. Esta prática, além de proporcionar **um** controle mais rigoroso dos elementos (**N** e **K**), colocados a disposição **do** cafeeiro, evitaria também **o** risco de **se** comprar adubos formulados de **má** qualidade, **o** que pode acontecer com relativa frequência; e

e) finalmente, a utilização de uma maneira rígida dos níveis ótimos de adubação com N e K, como também de outros elementos essenciais ao cafeeiro, num processo de maximização de lucros, deve ser olhado com cautela. Nos períodos onde o preço do fertilizante esteja muito elevado em relação ao preço do café, o produtor será induzido a usar menos N e K e, em alguns casos, poderá prejudicar a produção futura da lavoura se ocorrer uma reposição desses elementos inferior àquilo que é anualmente retirado do solo pelo cafeeiro. É claro que esta situação se inverteria nos períodos onde o preço do café fosse bastante superior ao preço dos fertilizantes. onde, certamente, doses maiores que aquelas retiradas do solo pelo cafeeiro seriam recomendadas.

4.2. Sugestões

. Futuras pesquisas deveriam ser feitas considerando um período maior de observações, procurando minimizar a influência da característica bienal de produção do cafeeiro:

. futuros trabalhos deveriam ser realizados em solos com teores mais baixos de potássio, ampliando assim a utilização dos resultados obtidos;

. seria interessante que em trabalhos com muitos níveis de adubação se utilizasse outro delineamento experimental, visando diminuir o número de parcelas, facilitando portanto a análise estatística, sem contudo prejudicar a qualidade dos resultados:

. os serviços de extensão rural deveriam evidenciar a necessidade de se ter um conhecimento prévio da fertilidade do solo através da análise química, antes de se fazer recomendações de adubações.

5. RESUMO

A cafeicultura moderna brasileira necessita do uso de fertilizantes para conseguir boas produtividades. Entretanto as recomendações de adubações nem sempre correspondem Aquelas que o agricultor teria o maior retorno, reduzindo portanto os seus lucros.

O presente trabalho teve como objetivo dar subsídios à tomada de decisão do cafeicultor quanto a adubação nitrogenada e potássica. Uma função de produção de café (*Coffea arabica* 'L. cultivar Mundo Novo) foi estimada no sentido de se estabelecer níveis ótimos de adubação para o nitrogênio e o potássio, levando-se em conta a relação entre os preços dos insumos variáveis e o preço do café no mercado. A pesquisa foi realizada numa lavoura em fase de produção. localizada' no município de Lavras. Sul do Estado de Minas Gerais, no período de 1989 a 1991, sobre um Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (LEd).

O delineamento estatístico utilizado foi o fatorial completo com 7 níveis de cada insumo variável, perfazendo um total de 49 tratamentos e 3 repetições dispostas em blocos inteiramente casualizados. Os níveis de nitrogênio utilizados foram: 0; 40; 80; 120; 160; 200 e 240 gramas/cova/ano e os do potássio foram: 0; 60; 120; 180; 240; 300 e 360 gramas/cova/ano. Os tratamentos foram parcelados em 4 aplicações durante o período chuvoso e os adubos utilizados para fornecer o nitrogênio e o potássio foram respectivamente o sulfato de amônio com 20% de N e o cloreto de potássio com 60% de K₂O.

Os dados utilizados para análise foram os da média das safras de 1990 e 1991, sendo que estes dados foram ajustados a 3 modelos matemáticos: o polinomial quadrático, o polinomial cúbico e o translogaritmico. De acordo com os resultados estatísticos, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o polinomial cúbico, não se observando entretanto, interação entre o nitrogênio e o potássio.

Por ser o café um produto voltado para o mercado externo, optou-se por trabalhar com as relações de preços em dólar mensal médio. No período analisado, janeiro de 1982 a dezembro de 1991, a relação média entre o preço do quilo de nitrogênio/preço do quilo de café beneficiado foi de 0,63:1, sendo que para essa relação a dose econômica foi de 189,38Kg de N/ha ou 75,75 gramas de N/cova/ano, parceladas em quatro aplicações. Esta dose quando comparada com a recomendada pelo IBC, de 300Kg de N/ha ou 120

gramas de N/cova/ano para lavouras com produção entre 37.5 a 50 sacos de café beneficiado/ha, representa uma economia de 110,62Kg de N/ha ou 553,10Kg de sulfato de amônio/ha correspondendo a uma redução de 36% na aquisição de adubo nitrogenado.

Para o potássio, no mesmo período, a relação média entre o preço do quilo de K₂O/preço do quilo de café beneficiado foi de 0.26:1 e a dose econômica para essa relação foi de 203,99Kg de K₂O/ha ou 81,60 gramas de K₂O/cova/ano, o que representa 45.33% da recomendada por pesquisadores de café, que é de 180 gramas de K₂O/cova/ano que equivale a 450Kg de K₂O/ha, para cafeeiros a partir do 3º ano no Estado de Minas Gerais. Esta dosagem representa uma economia de 246Kg de K₂O/ha ou 410Kg de cloreto de potássio/ha, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 55% na aquisição de adubo potássico.

Foi feita uma comparação entre a utilização da fórmula 20-5-20, que é a recomendada para a cultura do café, com a utilização de elementos simples nos níveis determinados pela pesquisa. Verificou-se que a utilização contínua do formulado pode provocar desperdícios que em outubro de 92. para uma lavoura com 50 mil pés, correspondiam a 166 sacas do formulado, o que equivale a aproximadamente 40 sacas de café beneficiado.

6. SUMMARY

Coffee (Mundo Novo cv.) yield function was estimated to establish the better nitrogen and potash levels taking in account the variable inputs and market coffee price relationship. The work was made in a coffee plantation at reproductive stage at Lavras county south of Minas Gerais state in a red dark Oxisol in **1989** to **1991** period . Nitrogen and potash levels used were **0; 40; 80; 120; 160; 200; and 240 g/pit/year** and **0; 60; 120; 180; 240; 300 and 360g/pit/year**, respectively. The treatments were split into four applications during the rain season and the ammonium sulfate (with **20%** of N) **and** potassium chloride (with **60% of** K_2O as N and **K** sources respectively.

Data were adjusted to three mathematical models: quadratic polynomial, cubic polynomial and translogarithmic. According to the ~~statistic~~ results cubic polynomial was the better adjusted model. There were no nitrogen and potash interactions. Due to coffee **is a** product turned to foreign market, the monthly dollar

price relationship **was** chosen in this study. From January 1982 to December 1991 the ratio among price of **kg.** of nitrogen and processed coffee was of 0.6321. The economical N rate was 189.38 **Kg./ha or 75.75 g of N/plt/year** split into four applications. This rate was compared to recommended rate of 300 **kg.** or **120 g of N/plt/year** in coffee plantations producing 37.5 to 50 bags gave an economy of 110,62 **Kg. of N/ha or 553.10 Kg. of ammonium sulfate/ha.** On the same period the **K₂O** price/prepared coffee ratio was 0.28:1 and the economical rate for this relationship was 203.99 of **K₂O/ha or 81.80g of K₂O/plt/year,** or only 45.33% from coffee researchers recommendations **180 K₂Og/plt/year or 450 kg. of K₂O/ha** for coffee plantation three **or** more years older at Minas Gerais state representing 246 **kg. of K₂O or 410 kg. of KCl/ha** of economy. Recommended fertilization 20-5-20 compared to single elements found in this study, suggests that this formula continuous use may cause **166** nutrient bags losses corresponding to 40 prepared coffee bags.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

01. ANTONIALLI, L.M. *Análise econômica sobre adubação com sulfato de zinco via foliar na produção do cafeeiro (Coffea arabica L.)*. Lavras, ESAL, 1988. 46p.
02. ARAUJO, H.M. de. *Análise econômica da cafeicultura na região Sul de Minas Gerais*. Vicosá, UFV, Imprensa Universitária. 1976. 72p. (Tese MS)
03. BANDEIRA, A.L. *Análise dos efeitos da política de erradicação dos cafeeiros nos municípios de Caratinga e Manhuaçú, Minas Gerais, 1969*. Vicosá, UFV Imprensa Universitária, 1970. 68p. (Tese MS)
04. BARBOSA, F. de H. *Microeconomia: teoria modelos econométricos e aplicações à economia brasileira*. Rio de Janeiro. IPEA/INPES, 1985. 534p.

05. BARTHOLO. G.F.; MAGALHAES FILHO, A.A.R. de: GUIMARAES, P.T.G. & CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 14(162):33-44. 1989.
06. BEATTIE, B.R. & TAYLOR, C.R. *The economies of production*. New York, John Wiley & Sone, 1985. 285p.
07. BEZERRA NETO, E.; HOLANDA, J.S. de: TORRES FILHO, J. & TORRES, J.F. Níveis de máxima eficiência econômica de esterco de curral no cultivo de caupi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(5):567-71, maio 1984.
08. BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de meteorologia. *Normais climatológicas*. Rio de Janeiro, 1989. v.3, 99p.
09. CAFÉ. Safra recorde e preços declinantes. Cláusulas econômicas do acordo internacional sustentam. a partir de' setembro, cotações mundiais. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, 12(2):18-20, fev. 1988.
10. CAIXETA, G.Z.T. A nova situação do café depois da geada e da alta. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 3(34):2-11, out. 1977.

11. CATANI, R.A.D.; PELLEGRINO, J.C.; ALCARDE & GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na qualidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, **24:249-63**, 1967.
12. CHAVES, J.C.D. *Concentração de nutrientes nos frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo do cafeeiro* (Coffea arabica L. cv Catuaí), Piracicaba, ESALQ, 1982. 131p. (Tese MS).
13. COLWELL, J. Estudo dos efeitos do solo e clima sobre a resposta de culturas a fertilizantes. In: CONTINI, E; ARAUJO, J. de; OLIVEIRA, A.J. & GARRIDO, W.E. *Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão*. Brasília, EMBRAPA, 1984. p.67-100.
14. CORREA, J.B.; GARCIA, A.W.R. & COSTA, P.C. da. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Pocos de Caldas, 1983. *Resumos...* Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1983 p.177-83.
15. DEBERTIN, D.L. *Agricultural production economics*. New York, Macmillan Publishing Company, 1986. 364p.
16. FEDERAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CAFÉ. *Exportação de café 1991*. Rio de Janeiro, 1992.

17. FRAGA JR., C.G. & CONAGIN, A. Delineamentos e análises de experimentos com cafeeiros. *Bragantia*, Campinas, **15(17):177-91, 1956.**
18. FUNDAÇÃO CARGILL. *Aspectos da nutrição do cafeeiro*. Campinas. **1985. 110p.**
19. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, **1986. v.47, 628p.**
20. GARCIA, A.W.R.; CORREA, J.B. & FREIRE, A.C.F. Levantamento das características químicas dos solos e estado nutricional das lavouras cafeeiras do Sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10, Pocos de Caldas. **1983. Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, **1983. p.5-8.**
21. GOMES, F.P. & CONAGIN, A. *Experimentos de Adubação: Planejamento e Análise Estatística*. Londrina. Departamento da Matemática Aplicada, **1987. 102p.**
22. GRAZIANO, J. da S. A gestão das políticas na agricultura brasileira moderna. In: VIEIRA, G. *Política Agrícola*. Lavras, ESAL. **1990. p.143-65.**
23. GUILHERME, L.R.G.; LOPES, A.S. & SILVA, M.C. *Economics of fertilizer user for small scale farms under rainfed conditions in Brazil*. Roma, FAO, **1989. 26p.**

24. GUIMARÃES, P.T.G. *Resposta do cafeeiro* (*Coffea arábica* L. cv Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais. Piracicaba, ESAIQ, 1986. 140p. (Tese de Doutorado).
25. ----- & LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T., eds. *Cultura do cafeeiro*; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba; POTAFOS, 1986. P. 115-50.
26. HEADY, E.O. & DILLON, J.L. *Agricultural productin functions*. Ames, Iowa State University. 1961. 667p.
27. HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J. de C.; SERRANO, O.; THAME, A.C. de M. & NEVES, E.M. Teoria da produção. In: ---- *Administração da empresa agrícola*. São Paulo, Pioneira', 1976. Cap.4, p.71-116.
28. INDICES gerais. *Conjuntura Econômica*. Rio de Janeiro, v.37-45. v.46, n.1, 1983/1992.
29. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *O café no Brasil*. Rio de Janeiro, 1978. 180p.
30. JUNQUEIRA NETO, A. *Resposta diferencial de variedades de feijão* (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. Viçosa, UFV, 1977. 99p. (Tese de Doutorado).

- LOPES, A.S; GUIDOLIN, J.A. & GUILHERME, L.R.G. *Receituário agrônômico em insumos agrícolas - reciclagem*. Jaboticabal, ANDA. 1990. 31p.
2. MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. & YAMADA, T., eds. *Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p.165-274.
3. ----- . *Nutrição mineral e adubação do cafeeiro*. 4.ed. São Paulo, ULTRAFERTIL, 1981. 40p.
4. ----- . Nutrição mineral e adubação do cafeeiro - passado, presente e perspectivas. In: -----: YAMADA, T. & GUIDOLIN, J.A. *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba, POTAFOS. 1983. p.138-77
5. ----- : GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R. & GOMES, L. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita, pelas variedades "Bourbon Amarelo". "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". *Turrialba, Costa Rica, 13*:188-9, 1963.
6. MENEGUELLI, C.A. & TOLLINI, H. O problema da forma algébrica de funções de resposta e fertilizantes. *Revista de Economia Rural, Brasília, 16*(4):97-104, 1978.

37. NORONHA, J.F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos. In: CONTINI, E.; ARAUJO, J. de; OLIVEIRA, A.J. & GARRIDO, W.E. *Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão*. Brasília, EMBRAPA. 1984. p.23-65,
38. OLIVEIRA, A.J. *Análise setorial de fertilizantes e a política de contingenciamento no Brasil*. S.l., EMBRAPA, 1979. 48p.
39. OLIVEIRA, E.B. de. *Análise econômica de uma função de produção de milho. na região de Patos de Minas, MG*. Viçosa, Universidade Rural de Minas Gerais, 1966. 72p. (Tese MS).
40. OLIVEIRA, E.P. de. *A importância do café na formação da renda agrícola na Zona da Mata, MG*. Viçosa, UFV, 1985. 54p. (Tese MS).
41. OLIVEIRA, J.A. de & PEREIRA, J.E. Efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação e produção do cafeeiro em LVHd. *Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira*, Rio de Janeiro, 1(1):10-2, mai./jun. 1988.
42. PARENTE, R.C.P. *Aspectos da análise de resíduos*. Piracicaba, ESALQ, 1984. 139p. (Tese MS).

43. PEREIRA, J.E. ; SANTINATO. R. & MIGUEL, A.E. Levantamento do estado nutricional do cafeeiro com base na análise foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 4, Caxambú. 1976. *Resumos...* Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1976. 'p. 159-64.
44. PREÇOS agropecuários em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.8/14, n. 88/157, 1982/88.
45. RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, POTAFOS, 1991. 343p.
46. REIS, R.P. *Estrutura produtiva da pecuária leiteira sob condições de intervenção: um estudo de caso em Minas Gerais*. Vicososa. UFV, 1992. 151p. (Tese de Doutorado)
47. RUFINO, J.L. de S. *Fatores controláveis que afetam a penda da empresa agrícola: o caso da cafeicultura no município de Nepomuceno - Minas Gerais*. Lavras, ESAL. 1977. 87p. (Tese MS).
48. SILVA, P.R. *Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro, através da função de produção - Zona da Mata - MG*. Viçosa, UFV, 1976a. 63p. (Tese MS).
49. SILVA, S. *Expansão cafeeira e origens da indústria no Brasil*. São Paulo, Alfa/Omega, 1976b. 120p.

50. STEVENS, W.L. *Análise estatística do ensaio de variedades de café.* *Bragantia*, Campinas, 9 103-23, 1949.
51. TARSITANO, M.A.A. & HOFFMANN, R. *Análise econômica do emprego de fertilizantes na cultura do milho.* *Revista de Economia Rural*, Brasília, 23(3):333-49, jul./set. 1985.
52. TEIXEIRA, T.D. *Superfície quadrática e suas aplicações na análise econômica de experimentos.* Viçosa, UFV, 1970. 164p. (Tese MS).
53. THOMPSON, R.L. *Economia da produção 1.* Viçosa, UFV, 1973. 222p. (Mimeografado).
54. VIANA, A.S. & CORREA, J.B. *Adubação e calagem para cafezal: amostragens e análises, folhas e solos.* Varginha, IBC/DACAF/Fundação do Café. 1987. 16p.
55. VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. *Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais.* *Ciência e Prática*. Lavras, 3(1):71-9, jan./jun. 1979.
56. VIEIRA, G. *Balance of Fertilizers in Brazil.* Roma, FAO Fertilizer Week, 1990. 35p.
57. VON PETER, A. *A contribuição dos fertilizantes para o aumento de produção.* São Paulo, ANDA, s.d. 21p.

APENDICE

ANEXO 01 - Preço da Saca de 60.50 kg de Café Beneficiado.
 Tipo 6. em Dólar Mensal Médio, na Região Sul da Minas
 Gerais. Período de 1982 a 1991.

ANO	1982	1983	1984	1985	1986
MES\					
JAN.	89,32	99.64	78,40	131,29	355.76
FEV.	90,67	89.77	84.07	125,77	293.19
MAR.	92,40	74.73	71.25	144,16	289.02
ABR.	92.16	69.09	72,09	127,40	216,76
MAI.	93,85	67.35	66,35	115,11	205,92
JUN.	101,11	59.98	91.24	101.25	195.09
JUL.	95.75	57,78	83.22	89.99	216.76
AGO.	90.95	60.49	80,30	82.01	220,38
SET.	89,08	64.30	90,87	83.09	231.21
OUT.	87,32	63.88	88.90	152.78	186.11
NOV.	96.49	59.88	97.41	157.07	194.90
DEZ.	106.21	74,04	109,61	321.61	137.36
MEDIA	93.78	70.08	84,48	135.96	228,54

ANO	1987	1988	1989	1990	1991
MES\					
JAN.	108.77	60.64	129,69	94,01	71.98
FEV.	94.03	73,57	109,65	105,65	78.03
MAR.	86.21	77,19	111,53	141,49	81,09
ABR.	76.05	69.01	112.65	98,61	76.41
MAI.	59,11	72,08	166.77	94,82	71,40
JUN.	49,54	79,15	120.60	86,89	67.28
JUL.	43,44	78,80	82.19	77.22	60.18
AGO.	55.20	73,90	61.21	101,14	59.84
SET.	52.19	82,84	66.09	87,85	70.76
OUT.	52.20	79,61	61,75	79,37	64,44
NOV.	54.09	85.36	69,79	70.45	62,08
DEZ.	47,25	156,95	69,92	72,35	56.32
MEDIA	64.84	82.43	96.82	92.49	68,31

Fonte.: Cooperariso - Departamento técnico da Cooperativa dos Ca-
 feicultores de S% Sebastião do Paraíso (Informação pce-
 soal).

ANEXO 02 - Preço em Dólar Mensal Médio, do kg de N* e K₂O**,
na Região Sul de Minas Gerais no Período de 1982 a
1991.

MES\	1982		1983		1984		1985		1986	
	N	K ₂ O	H	K ₂ O	N	K ₂ O	H	K ₂ O	H	K ₂ O
JAN.	1,140	0,389	0,927	0,321	1,051	0,439	0,914	0,364	0,832	0,285
FEV.	1,150	0,385	0,872	0,312	0,992	0,445	0,854	0,341	0,811	0,278
MAR.	1,111	0,377	0,750	0,269	0,896	0,431	0,843	0,355	0,719	0,247
ABR.	1,099	0,368	0,748	0,256	0,940	0,426	0,763	0,314	0,732	0,253
MAI.	1,088	0,360	0,765	0,267	0,965	0,431	0,381	0,323	0,726	0,254
JUN.	1,011	0,394	0,800	0,292	0,968	0,421	0,859	0,322	0,695	0,269
JUL.	1,081	0,367	0,781	0,315	0,935	0,434	0,814	0,311	0,713	0,287
AGO.	1,023	0,357	0,774	0,272	0,963	0,398	0,959	0,364	0,710	0,288
SET.	0,966	0,337	0,810	0,355	1,017	0,396	0,869	0,325	0,726	0,288
OUT.	0,963	0,351	1,016	0,534	1,020	0,426	0,848	0,304	0,749	0,300
NOV.	0,975	0,345	0,967	0,490	0,934	0,391	0,902	0,315	0,743	0,294
DEZ.	1,045	0,368	1,028	0,467	1,004	0,392	0,865	0,295	0,689	0,282
MEDIA	1,045	0,368	0,853	0,346	0,974	0,419	0,860	0,328	0,737	0,277

MES\	1987		1988		1989		1990		1991	
	N	K ₂ O	N	K ₂ O	H	K ₂ O	H	K ₂ O	N	K ₂ O
JAN.	0,670	0,255	0,767	0,316	0,719	0,316	1,298	0,553	0,987	0,434
FEV.	0,606	0,259	0,727	0,299	0,850	0,400	1,392	0,587	0,907	0,406
MAR.	0,573	0,239	0,754	0,307	1,000	0,430	1,243	0,547	0,936	0,419
ABR.	0,548	0,211	0,747	0,333	1,082	0,523	0,965	0,425	0,934	0,414
MAI.	0,504	0,205	0,776	0,346	0,910	0,455	0,902	0,397	0,902	0,407
JUN.	0,627	0,256	0,783	0,332	0,789	0,414	1,039	0,450	0,849	0,411
JUL.	0,768	0,300	0,861	0,349	1,096	0,496	0,942	0,400	0,830	0,396
AGO.	0,721	0,303	0,846	0,333	1,251	0,513	1,014	0,457	0,858	0,435
SET.	0,772	0,337	0,842	0,374	1,214	0,529	1,011	0,487	0,899	0,433
OUT.	0,768	0,324	0,858	0,349	1,426	0,524	0,956	0,461	0,814	0,392
NOV.	0,843	0,337	0,842	0,347	1,153	0,471	0,977	0,457	0,770	0,408
DEZ.	0,818	0,324	0,838	0,333	1,111	0,470	0,867	0,418	0,894	0,456
MEDIA	0,684	0,279	0,803	0,335	1,058	0,453	1,051	0,470	0,882	0,418

Fonte: Comparaiso (Informação Pessoal), EPAMIG (1982/88), FGV (1983/92) e dados trabalhados pelo autor.

* O adubo utilizado para determinar o preço foi o sulfato de amônio.

** O adubo utilizado para determinar o preço foi o cloreto de potássio.

ANEXO 03 - Valor em Cruzados Novos* e Cruzeiros** do Dólar
Mensal Médio, Período de 1982 a 1991

MES\	ANO	1982	1983	1984	1985	1986
JAN.		0,131	0,262	1,020	3,351	11,260
FEV.		0,137	0,311	1,130	3,756	13,000
MAR.		0,145	0,401	1,263	4,162	13,840
ABR.		0,151	0,437	1,387	4,719	13,840
MAI.		0,159	0,475	1,507	5,223	13,840
JUN.		0,168	0,516	1,644	5,738	13,840
JUL.		0,177	0,571	1,814	6,227	13,840
AGO.		0,189	0,644	1,992	6,716	13,840
SET.		0,202	0,698	2,201	7,473	13,840
OUT.		0,215	0,782	2,452	8,190	13,970
NOV.		0,230	0,868	2,720	8,926	14,110
DEZ.		0,244	0,945	3,010	9,969	14,580

MES\	ANO	1987	1988	1989	1990	1991
JAN.		15,670	77,590	904,000	14,290	192,990
FEV.		18,160	91,430	1,000	24,386	221,830
MAR.		20,930	107,580	1,000	37,817	231,690
ABR.		23,740	125,230	1,017	48,685	252,800
MAI.		30,740	151,350	1,099	52,121	273,340
JUN.		39,900	178,270	1,330	57,196	298,540
JUL.		44,930	216,710	1,916	66,701	330,040
AGO.		47,130	268,240	2,478	71,815	372,100
SET.		49,860	324,360	3,254	75,627	438,310
OUT.		53,400	413,720	4,489	94,974	586,130
NOV.		59,280	527,620	6,199	122,250	743,150
DEZ.		67,870	671,500	9,403	156,740	963,800

Fonte: FGV (1983/92)

* Cruzados novos até janeiro de 1989

** Após fevereiro de 1989