

Comparação de duas alternativas para o aumento da produção agrícola, fertilização e incorporação de cerrado *

A. R. Teixeira Filho, Bruce W. Cone e L. M. Eisgruber **

1. Introdução; 2. O modelo; 3. Resultados analíticos; 4. Conclusões.

1. Introdução

Vários estudos mostram que os agricultores do Brasil central exploram suas propriedades extensivamente, e que seus lucros poderiam ser aumentados se eles usassem mais capital nas suas empresas. O uso de fertilizantes, entre outros itens de capital, é, às vezes, apontado como recurso para que sejam aumentados os lucros das propriedades.¹

* Trabalho baseado na tese de PhD. de Bruce W. Cone, apresentada à Purdue University, West Lafayette, Indiana.

** O primeiro autor é professor adjunto do Departamento de Economia Rural da Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa. O segundo é *senior research associate* da Battelle Institute e L. M. Eisgruber é *full professor* do Departamento de Economia Rural da Purdue University.

Os autores beneficiaram-se muito com os comentários feitos pelos Profs. Sylvio Starling Brandão e José Mário Braga e aqui expressam-lhes seus agradecimentos.

¹ Veja-se por exemplo: Teixeira Filho, Antônio Raphael. *Análise da produtividade marginal dos recursos agrícolas em dois municípios do Estado de Minas Gerais — Ituiutaba e Caratinga — no ano agrícola 1961/1963*. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa para obtenção do grau de M.S. (Magister Scientiae), 1964. p. 67-71.

Muitos estudos têm sido elaborados sobre o potencial produtivo dos cerrados.²

A maior parte das terras férteis das florestas do Brasil central já está sendo utilizada. Graças às condições técnicas em que estas terras vêm sendo utilizadas, elas perdem os nutrientes que possuem, ao ponto de tornar-se aparentemente antieconômico o seu cultivo.

Uma vez desprovidas de sua fertilidade natural, estas terras ficam ociosas, ou, às vezes, são convertidas em pastagens; as áreas de cerrado são tipicamente menos férteis do que as áreas de florestas e são usadas como pastagens. Acredita-se que o cerrado, uma vez limpo e convenientemente adubado, possa suportar uma exploração racional.

O presente trabalho dedica-se à comparação de dois possíveis processos que visam aumentar os lucros advindos da exploração agrícola naquela região; por um lado, considera-se o desenvolvimento vertical da agricultura, definido aqui pela aplicação fertilizante às terras de cultura; e por outro, considera-se a expansão da agricultura feita horizontalmente, o que se define como a incorporação e cultivo do cerrado. O estudo focaliza áreas do Triângulo Mineiro, onde os dados básicos foram coletados. Relações de transformações derivadas dos dados foram usadas num modelo que será discutido no próximo item deste trabalho. Seguem-se-lhe os resultados analíticos e as conclusões. Após as conclusões, são apresentadas algumas recomendações para futuras pesquisas.

2. O modelo

O modelo utilizado baseia-se em programação linear, envolvendo quatro períodos. Consiste em 171 equações, 747 atividades, três vetores de restrições e 27 variações da equação funcional.

Um horizonte de planejamento de oito anos foi admitido quando os dois primeiros períodos do modelo foram considerados anuais, o terceiro de dois anos e o quarto e último de quatro anos. A solução do algoritmo de programação baseia-se nos coeficientes da matriz. O efeito dos níveis

■ Feuer Reeshoon. *An exploratory investigation of soils and agricultural potencial of soils of future Federal District in the central plateau of Brasil*, PhD. Thesis, Cornell University, 1956; e trabalhos de Freitas, L. M. M. de et alii. *Experimentos com adubação química nos solos do Distrito Federal*. IPEACO, DPEA, IRI e USAID. Brasília, 1968 (mimeografado).

de preço de produtos, do preço de fertilizantes, do tamanho das fazendas, da taxa de inflação e da taxa de juros são importantes para avaliar a participação de cada uma dessas variáveis exógenas na solução. Foram, por conseguinte, tomados três valores de cada variável. Um delineamento experimental foi idealizado, objetivando o ganho de eficiência da análise e seguir uma sistemática para determinar o valor de cada uma das cinco variáveis usadas em cada série de soluções. Os três vetores de restrições e as 27 variações da equação funcional são, por conseguinte, determinadas a partir do desenho experimental.

2.1 Atividades

Os vetores de atividades incluem as de produção, preparação inicial da terra, compras de fatores de produção, financiamento, transferências e atividades de venda. As atividades de produção incluem cultivo de arroz, milho, feijão, soja, algodão e criação de gado de corte, sendo utilizada para cada produto uma prática organizacional, uma quantidade de fertilizantes e um tipo de terreno específico, em determinado intervalo de tempo.

Há quatro tipos de terreno disponíveis para culturas e criações: terreno bom, terreno velho de cultura, cerrado bom e cerrado pobre.

Entende-se por terreno bom aquele tipo de terras de culturas que está sendo cultivado presentemente e que tenha capacidade de altos rendimentos, mesmo sem a utilização de fertilizantes. Como terreno velho classificam-se aqueles que, tendo sido bons, tiveram seus nutrientes diminuídos por cultivos intensivos.

Caracterizam-se por cerrado bom aqueles terrenos que, embora pertençam à classe dos cerrados, são cobertos por vegetação densa e que sendo convenientemente limpos e adubados têm condição de ser utilizados para a produção agrícola; o cerrado pobre, conforme o próprio nome indica, representa uma fase qualitativa do cerrado bom.

Os rendimentos das diferentes culturas e as exigências de fertilização diferem entre os tipos de terra. A tabela 1 contém os rendimentos estimados em kg por hectare, utilizando-se três níveis diferentes de fertilizantes e quatro qualidades de terras.

Tabela 1

Rendimentos estimados em kg por hectare, utilizando-se três níveis de fertilizantes * empregados em quatro qualidades de terra, no Triângulo Mineiro

	Calcáreo ^a	Nitrogênio	Fósforo	Potássio ^b	Rendimento
Arroz					
Terreno bom					1 800
Fertilização média		25	50	25	2 200
Alta fertilização	1	25	50	25	2 400
Terreno esgotado					1 300
Fertilização média	1	25	50	25	1 800
Alta fertilização	2	25	50	25	2 000
Cerrado bom ^c					1 500
Fertilização média	1	25	25	25	2 200
Alta fertilização	2	25	50	50	2 400
Cerrado pobre ^d					700
Fertilização média	1	25	50	25	1 500
Alta fertilização	2	25	100	50	2 200
Milho					
Terreno bom					4 500
Fertilização média		40	30	25	5 500
Alta fertilização	1	80	60	30	6 500
Terreno esgotado					3 000
Fertilização média	1	30	40	25	4 000
Alta fertilização	2	60	80	50	5 500
Cerrado bom					2 500
Fertilização média	1	30	40	25	4 000
Alta fertilização	2	60	80	50	5 000
Cerrado pobre ^d					0
Fertilização média	1	50	50	25	2 500
Alta fertilização	2	75	100	50	4 000
Feijão					
Terreno bom					1 000
Fertilização média			50	25	1 200
Alta fertilização	1		50	25	1 500
Terreno esgotado					500
Fertilização média	1	10	50	25	900
Alta fertilização	2	25	50	25	1 100
Cerrado bom ^c					0
Fertilização média	1	10	25	25	400
Alta fertilização	2	25	50	50	700
Cerrado pobre ^d					0
Fertilização média	1	10	50	25	400
Alta fertilização	2	25	100	50	700

* Considera-se implícito nos aumentos de rendimentos, dados os níveis de macronutrientes, os micronutrientes adequados e os níveis de administração conveniente.

^a Em toneladas métricas por hectare, pelo período de dois anos.

^b Em kg de N, P₂ O₅ e K₂O por hectare.

^c Considera-se a adição de 750 kg de fosfato de araxá (100 P₂ O₅), 100 kg de K₂O e 4 t. de calcáreo, depois da limpeza do terreno.

^d Com a aplicação de 1 500 kg de fosfato de araxá (300 P₂ O₅) 100 kg de K₂O e 4 t. de calcáreo, depois da limpeza.

^e Pastagem cultivada de leguminosa e gramínea com capacidade de um animal por hectare, exceto quando se trata de terreno esgotado que não tenha sido adubado e cerrado que não tenha sido limpo, aí a capacidade de lotação é estimada em um animal por quatro hectares.

	Calcáreo ^a	Nitrogênio	Fósforo	Potássio ^b	Rendimento
Algodão					
Terreno bom					1 050
Fertilização média		25	50	25	1 550
Alta fertilização	1	50	50	25	750
Terreno esgotado					750
Fertilização média	1	25	50	25	1 050
Alta fertilização	2	65	50	25	1 350
Cerrado bom ^c					500
Fertilização média	1	25	25	25	1 250
Alta fertilização	2	25	50	50	1 900
Cerrado pobre ^d					0
Fertilização média	1	50	50	25	1 000
Alta fertilização	2	75	100	50	1 600
Soja					
Terreno bom					2 000
Fertilização média			25		2 600
Alta fertilização	1		25		2 800
Terreno esgotado					1 000
Fertilização média	1		25		1 600
Alta fertilização	2		25		1 800
Cerrado bom					1 500
Fertilização média	1		25		2 000
Alta fertilização	2		50		2 400
Cerrado pobre ^d					1 050
Fertilização média	1		25		1 250
Alta fertilização	2		50		1 500
Gado de corte					
Terreno bom					200
Fertilização média			50	25	400
Alta fertilização	1		50	25	600
Terreno esgotado					50
Fertilização média	1		50	25	200
Alta fertilização	2		50	25	500
Cerrado bom (natural)					50
Limpo e semeado ^{ee}					150
Fertilização média	1		25	25	200
Alta fertilização	2		50	50	600
Cerrado pobre					10
Limpo e semeado ^{de}					150
Fertilização	1		50	25	200
Alta fertilização	2		100	50	500

É comum o plantio de arroz ou capim no cerrado, pelo menos um ano após a sua limpeza.³ Com relação à sua utilização para pastagens,

³ Os rendimentos foram estimados através de ensaios agrônômicos, conforme as seguintes fontes: Araújo, Rui Alves e Daniel, José Santos, relatório não publicado, Projeto n.º 46, Relatório Geral, Instituto Agrônômico de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 1963; 65 experimentos 3x3x3, usando-se arroz e milho em 28 fazendas, nos municípios de Uberlândia, Tupaciguara, Capinópolis, Canápolis, Araguari, Centralina, Ituiutaba e Monte Alegre, 1959/1962.

observam-se as diferenças em ganho, peso e capacidade de lotação. Pressupõe-se a utilização de uma unidade animal por hectare para todos os tipos de terreno, exceto para terrenos velhos, onde não se fez a fertilização e para cerrado sem limpeza, casos em que a capacidade de lotação é de quatro hectares por unidade animal.

As três práticas organizacionais consideradas no processo produtivo são: trabalho intensivo, maquinaria intensiva e parceria. As técnicas de trabalho intensivo pressupõem a utilização de tração animal ou força humana, correspondendo às práticas usadas na região. A terra é arada com um arado-de-bico de tração animal, plantada com plantadeira tração animal por animal, cultivada à mão ou com um cultivador puxado por animal e a colheita é feita à mão.⁴

As técnicas maquinário-intensivas pressupõem a utilização de um trator de 40 cavalos, associado a equipamentos de duas linhas, o que se observou encontrar-se comumente na região.

Os tempos gastos nas operações mecânicas estão contidas na tabela 2. Dada a desigual maturação da variedade de algodão encontrada na região, o modelo pressupõe que esta cultura seja colhida manualmente nas duas alternativas organizacionais.

Cone, Bruce W. *An economic analysis of fertilizer use in the production of cotton — the campo cerrado of Brazil*. Tese não publicada de M. S., Purdue University, Lafayette, Indiana, jun. 1966.
Carneiro, G.G. et al. *Ganho em peso de bezerras Guzera com alimentação suplementar durante a segunda metade da estação de seca em pastos de Jaraguá na estação chuvosa*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Freitas, L.M.M. de, McClang, W.L. Lott. *Field studies on fertility problems of two Brazilian campos cerrados 1958/1959*. Bulletin 21, IBEC Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York, 20, N.Y.

Freitas, L.M.M. de et alii. *Experimentos com adubação química nos solos do Distrito Federal*. IPEACO, DPEA, IRI Agência norte-americana para o Desenvolvimento Internacional. Brasília, 1968. Relatório mimeogr.

Freitas, L.M.M. de et alii. *Cotton fertilization on campo cerrado soils, state of São Paulo, Brasil*. IBEC Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N.Y. 1963. (Bulletin, n. 27).

Freitas, L.M.M. de et alii. *Effects of liming and fertilizing cotton corn, soybeans on campo cerrado soils, state of São Paulo, Brasil*. Bulletin 29, IRI, Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York, 20, N.Y., 1963.

Guazelli, Ricardo José et alii. *Relatório não publicados, Ministério da Agricultura*. EPE — IPEACO, Estação Experimental de Uberaba, Minas Gerais.

MOTT, L.R. et alii. *Beef production of six tropical grasses*, IRI Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N.Y. 1963.

SEARINGIN, Marvin L. *Dados não publicados de experimentos com soja no Triângulo Mineiro*, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. 1967-68.

⁴ "Seção de Análise de Custo e Renda Agrícola". Divisão de Economia Rural, Departamento da Produção Vegetal, Secretaria da Agricultura de São Paulo, Brasil, maio 1966.

Tabela 2

Tempo estimado em dias de 10 horas por hectare para operações mecânicas com um trator de 40 H.P. *

Operação	Mão-de-obra	Trator	Arado	Grade de discos	Plantadeira	Cultivo	Colheita	Transporte
Arar	0,33	0,33	0,33					
Discar ^a	0,15	0,15		0,15				
Plantar	0,20	0,20			0,20			
Cultivar ^b	0,16	0,16				0,16		
Colher								
Feijão ^c	0,64	0,40				0,16	0,24	
Arroz	0,62	0,31					0,31	
Milho ^d	0,74	0,37					0,37	
Soja	0,48	0,24					0,24	
Transporte		0,2						0,2

^a Arroz discado três vezes, milho discado duas vezes, feijão discado duas vezes, algodão discado três vezes.

^b Arroz cultivado duas vezes, milho cultivado três vezes, feijão cultivado duas vezes, algodão cultivado quatro vezes.

^c Arrancado por um cultivador e colhido por uma combinada.

^d Estimativas para colheiteira Penha de uma linha.

* Agricultural engineers yearbook. **Farm machinery cost and use, typical speeds or performance rats.** American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1963. p. 231-2. Demanda de mão-de-obra e material necessário para o cultivo de um hectare, CAMIG, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Demanda de mão-de-obra e material necessário para o cultivo de um hectare, Companhia Agrícola de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.

A colheita mecânica de feijão supôs-se inicialmente ser feita pelo arranquio mecânico, pelas pás de cultivadores ordinários; em seguida, tal prática foi pressupostamente feita após a seca do feijão, quando faz-se a colheita por uma combinada. Embora esta técnica não seja adotada na região, é viável, utilizando-se os equipamentos existentes. Colheitadeiras de milho de uma fila foram recentemente introduzidas e parecem ter sido bem aceitas. A colheita mecânica do milho subentende o uso deste tipo de máquina, embora a dos grãos menores possa ter sido feita por meio de combinadas.

Aos meeiros é dada uma parcela de terra boa (terreno bom), ou terreno velho, que foi arado e discado com um trator. O proprietário fornece a metade do calcário e fertilizante e paga a metade das sementes, das substâncias químicas e da sacaria; em compensação recebe a metade do produto.

Cada atividade de produção especifica um dos três níveis de fertilização utilizados. Para cada aplicação de fertilizante pressupõe-se a adição dos micronutrientes apropriados e também um nível de manejo conve-

niente. Não se cultivam plantações no cerrado sem fertilizantes. Em acréscimo à quantidade de terra, fertilizantes e custos de aração e colheita, há despesas adicionais para sementes, químicos e sacaria, que diferenciam de cultura para cultura. Os totais destas despesas são apresentados por produtos na tabela 3.

Tabela 3
Custos * de sementes, químicas e sacaria, em cruzeiros por hectare, Triângulo Mineiro **

Arroz	Cr\$ 49,90
Milho	Cr\$ 72,45
Feijão	Cr\$ 69,07
Algodão	Cr\$ 95,31
Soja	Cr\$ 58,05

* Nas computações foram usados os valores expressos em dólares; os valores assumidos foram: arroz US\$ 11,09; milho US\$ 16,10, feijão US\$ 15,35, algodão US\$ 21,18, soja US\$ 12,90; na tradução considerou-se a taxa de Cr\$ 4,50 por dólares.

** Freitas, Zacharias J. de. Relatórios não publicados, CAMIG, Uberlândia, Minas Gerais.

Há quatro atividades de limpeza de terra em cada período. Os cerrados, bom ou fraco (pobre), podem ser limpos com tratores ou à mão. A terra limpa à mão requer apenas trabalho, utilizando-se machados e enxadões. A limpeza de terras pode também ser feita com tratores de esteira tipo D-4. Os custos de limpeza dos terrenos dos cerrados bons e pobres, com trator ou à mão, são apresentados na tabela 4, onde aparecem também os custos do plantio de grama e leguminosas.

Tabela 4
Gastos * com limpeza de terreno e formação de pastagem de gramínea e leguminosas, um hectare, Triângulo Mineiro, Minas Gerais, 1967 **

Limpeza do terreno	
Limpeza manual de cerrado bom, com machado e enchadão	40 dias/homem
Limpeza manual de cerrado pobre, com machado e enchadão	25 dias/homem
Limpeza de cerrado bom com trator D-4	Cr\$ 180,00
Limpeza de cerrado pobre, com trator D-4	Cr\$ 112,50
Total	Cr\$ 292,50
Formação de pastagem	
Preparação do solo	Cr\$ 51,75
Compra, colheita, transporte e plantio de mudas de grama e plantio de leguminosas	Cr\$ 200,25
Capina manual	Cr\$ 13,50
Corte de morões de cerca, compra de arame e construção da cerca	Cr\$ 81,00
Total	Cr\$ 346,50

* Taxa de conversão para cruzeiros Cr\$ 4,50 por dólar.

** Paiva, Marco P. T. Orçamentos preparados para fazendeiros a serem submetidos à CAMIG, Uberlândia, Minas Gerais.

No ano em que o terreno é limpo pode ser usado como pastagens ou para a produção de arroz. Após a limpeza do cerrado bom, aplicam-se 750 kg de fosfato de araxá, 100 kg de K_2O e 4 t de calcário por hectare. No cerrado pobre aplicam-se 1 500 kg de fosfato de araxá, 100 kg de K_2O e 4 t de calcário.

As atividades de compra representam a aquisição dos fatores de produção. A mão-de-obra pode ser contratada em três períodos: um em que o terreno é preparado, outro em que as culturas são semeadas, cultivadas e colhidas e outro em que o terreno é limpo. Calcário, nitrogênio, potássio e fosfato de araxá são todos comprados e cada compra representa uma atividade diferente.

Os preços destes itens foram obtidos de informações fornecidas pela Ultrafertil e pela CAMIG, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5

Preços * de fertilizantes no Triângulo Mineiro, por kg de nutrientes disponíveis

Nutrientes	Ultrafertil ^a	CAMIG ^b	Média
Nitrogênio (sulfato de amônia 20%)	1,64	1,55	1,59
Fósforo (superfosfato triplo 46% P_2O_5)	1,09	1,07	1,08
Potássio (cloreto de potássio)	0,54	0,56	0,55
Fosfato natural (fosfato de araxá 20% de P_2O_5)	—	0,49	0,49
Calcário	0,03	—	0,03

* Taxa de conversão Cr\$ 4,50 por dólar.

^a Ultrafertil S.A. Indústria e Comércio de Fertilizantes, Centro de Serviços Agrícolas, Igarapora, São Paulo.

^b Companhia Agrícola de Minas Gerais, Uberlândia, Minas Gerais.

Três níveis de preços de fertilizantes foram utilizados. Os preços de nitrogênio, fósforo e potássio foram tomados em maio de 1968 e dois níveis adicionais foram considerados tomando-se 25% abaixo e 25% acima de tais figuras. Uma atividade extra de *despesas de produção* utiliza recursos disponíveis de capital para garantir recursos para itens mistos de despesas para as atividades produtivas. A vantagem deste vetor é a eliminação de valores funcionais para as atividades de produção e, portanto, o aumento da eficiência com que se fazem mudanças nos parâmetros da função objetiva.

Por exemplo, um bezerro de um ano é comprado como uma *despesa de produção* no início do ano e vendido no fim do mesmo com um ganho líquido de mais de 100 kg, peso este supostamente adquirido.

Atividades financeiras movimentam dinheiro dentro do modelo. Os fundos para a produção canalizam-se para uma equação de capital total, através de uma atividade de empréstimo e uma atividade que movimenta o capital do empresário. O capital do empresário vem de duas fontes: da situação inicial no começo do primeiro ano e das poupanças conseguidas nos anos posteriores. São transferidos 16% dos ganhos líquidos para a equação de capital empresarial tornados disponíveis para produção ou empréstimo no ano seguinte. Três taxas de juros monetários de 12, 18 e 24% são usadas alternadamente nas atividades de empréstimo.

Uma taxa de juros sobre o capital emprestado foi 3% inferior à que seria cobrada através de atividade de crédito.

A existência de seis atividades de venda possibilita que as seis mercadorias produzidas possam ser vendidas em cada período. Os preços utilizados são apresentados na tabela 6. As receitas obtidas são consideradas numa equação de renda, onde as despesas são também consideradas.

Tabela 6

Preços médios de 100 kg produtos, maio 1965 — 1968, Triângulo Mineiro *

	Preços**
Arroz com casca	Cr\$ 44,42
Milho	Cr\$ 16,52
Feijão	Cr\$ 69,03
Algodão semente	Cr\$ 60,90
Gado de corte	Cr\$ 174,33
Bezerros de 1 ano	Cr\$ 204,30
Soja	Cr\$ 29,29

* Informativo Estatístico de Minas Gerais, Seção de Estatística e Previsão de Safras, Departamento de Estudos Rurais, Secretaria da Agricultura, Minas Gerais, números de maio de 1965 a maio de 1968.

** Preço médio pago em 1967, no Estado de Minas Gerais, conforme relação contida num relatório mimeografado CAMIG, S/A, Belo Horizonte, Minas Gerais, dezembro/67.

Presume-se que 84% desta renda líquida tenham sido consumidos e o restante transferido para o capital empresarial no período seguinte.

Três níveis de preços foram considerados alternadamente na equação de vendas. Foi calculado um valor equivalente ao preço do produto para cada mercadoria, tomando-se a média de preços mensais entre maio de 1965 e maio de 1968. Este valor acrescido de 135 e 65% foi usado para medir o efeito de mudanças ao nível de preços dos produtos em fertilizantes aplicados ao terreno preparado.

Um tipo de terreno e um nível de fertilizantes são utilizados no primeiro período para a produção de um bem. No final do período, aquela terra é transferida para o período seguinte, com uma designação do tipo de terra e do nível de fertilização. Por exemplo, durante o primeiro período, terra boa e um nível médio de fertilização combinam-se para a produção de uma cultura. Esta terra no próximo período estará disponível para a produção de qualquer bem com um nível médio de fertilização. Nos períodos subseqüentes é possível que um volume suficiente de capital tenha sido gerado, possibilitando a aplicação de nível mais alto de fertilizantes neste terreno bom. A fim de tornar viável esta possibilidade, atividades de transferências foram incluídas para melhorar os terrenos, utilizando uma quantidade inicial de calcário, fertilizante (a média das diferenças entre os níveis para todas as mercadorias produzidas) e terra, considerada a determinado nível de fertilização necessária para elevar a sua qualidade ao próximo nível superior de fertilização. Deste modo, a terra boa combinada com práticas médias de fertilização pode, em certos períodos, transferir-se para uma condição de terra boa combinada com altos níveis de fertilização.

Pode ser o caso, dadas as limitações de capital, de se ter que deixar terrenos sem utilização, até que quantidades suficientes de capital sejam geradas para cultivá-las ou prepará-las. Atividades de transferência dão possibilidades a que terrenos ociosos sejam transferidos de um período para outro.

Durante o primeiro período, a preparação de pastagens era atividade de produção de carne. Nos períodos subseqüentes ela se converte numa atividade à parte. Preparação de pastagens inclui aração, plantio de leguminosas, compra, colheita, transporte, plantio e limpeza do capim assim como construções de cercas.

As pastagens são designadas pelo tipo de terra e o nível de manutenção de fertilidade. Uma vez estabelecida, a pastagem poderá ser utilizada por todo o período coberto pelo planejamento, sem custos adicionais.

2.2 Restrições

O trabalho disponível, capital, consumo familiar e terra são limitantes. Assumiu-se um único empresário; este forneceu 300 dias de trabalho para as funções na fazenda, sem que houvesse desembolso.

No período de aração permitiu-se que ele arasse 50 dias, 150 dias foram dedicados ao plantio, cultivo e colheita e 100 ao período de limpeza.

Os três vetores de restrição diferem quanto ao número de hectares de terra, a quantidade de capital disponível ao empresário no início do horizonte de planejamento, a quantidade de capital que o empresário pode tomar emprestado e um nível mínimo de consumo. Há fazendas de três tamanhos. A pequena com 80 hectares, igualmente divididos nas quatro qualidades de terrenos; a fazenda de tamanho médio com 540 hectares e a grande com 1 000 hectares.

2.3 Função objetiva

Os parâmetros da função objetiva são alterados 27 vezes, uma para cada observação no desenho experimental. As atividades de compra, venda, tomada e fornecimento de crédito não podem assumir o valor zero (0) na função objetiva.

Supõe-se que fatores de produção foram comprados no primeiro dia do ano e os produtos vendidos no último. As vendas efetuadas no primeiro período assim como as compras no segundo, foram descontadas. Em ambos os casos a taxa considerada foi a mesma.

Os preços do primeiro período foram ajustados a cada período subsequente considerando-se a inflação e a preferência temporal, isto é, eles são multiplicados por $(1 \div j)^t$ e $(1 + ib)^{-t}$, onde j = a taxa anual de inflação e ib a taxa de juro, considerando-se a taxa que se paga ao tomar empréstimo.⁵

A taxa média de inflação considerada foi de 30% e a taxa de juros foi de 18%; estes valores foram colhidos no Triângulo Mineiro. Taxas de inflação de 15 e 45% e taxas de juros de 12 e 24% foram também utilizados. O delineamento experimental estabeleceu a combinação de taxas de inflação e juros utilizados no desconto dos valores usados na função objetiva.

3. Resultados analíticos

Das 27 observações geradas pelo modelo empírico, uma utiliza o valor médio de todos os cinco fatores e exógenos.

⁵ Cone, Bruce W. & Eisgruber, L.M. *A model to consider the effect of inflation on the development of the land resource*. Proceedings, Western Agricultural Economics Association, Corvallis Oregon, 1969.

Os resultados encontram-se nas tabelas 7 e 8. Pode-se ver na tabela 7 que o empresário expande sua operação empregando fertilizantes ao máximo admitido pelo modelo, durante o primeiro ano do horizonte de planejamento. Todos os terrenos, bom e velho, foram utilizados na produção com alto nível de fertilização. O empresário utiliza trator de esteira e correntes para limpar o cerrado. O cerrado bom foi limpo primeiro. Uma vez limpo, foi adubado pesadamente. As informações da tabela 8 especificam ainda mais a distribuição dos recursos. Estas despesas e re-

Tabela 7

Combinações mais lucrativas, explorações para fazendas de 540 hectares aráveis, taxa de juros 18%, inflação de 30%, preços dos produtos, tomados na média de 1965-68, fertilizantes a preços de 1968, Triângulo Mineiro, Minas Gerais

Descrição		Tema	Fertilizantes	Natureza de prática
Primeiro ano				
Feijão	0,4	Terreno bom	Alta fertilização	Mão-de-obra intensiva Meiação
Arroz	2,0	Terreno esgotado	Alta fertilização	
	134,6	Terreno bom	Alta fertilização	
Gado	133,0	Terreno esgotado	Alta fertilização	
	10,0	Cerrado bom	Alta fertilização	
Total	280,0			
Segundo ano				
Arroz	2	Terreno esgotado	Alta fertilização	Meiação
	135	Terreno bom	Alta fertilização	
Gado	133	Terreno esgotado	Alta fertilização	
	135	Cerrado bom	Alta fertilização	
Total	405			
Terceiro e quarto anos				
Arroz	94	Cerrado pobre	Alta fertilização	Mecanizado
	135	Terreno bom	Alta fertilização	
Gado	133	Cerrado esgotado	Alta fertilização	
	135	Cerrado bom	Alta fertilização	
Total	497			
Quinto e oitavo anos				
Arroz	135	Cerrado pobre	Alta fertilização	Mecanizado
	135	Terreno bom	Alta fertilização	
Gado	135	Terreno esgotado	Alta fertilização	
	135	Cerrado bom	Alta fertilização	
Total	540			

Tabela 8

Custos e retornos, por anos, por períodos, numa fazenda de 540 hectares no Triângulo Mineiro, Minas Gerais

Descrição	Valor unitário	Período I	Período II	Período III	Período IV
Itens de despesa					
Calcário	28,35	13 180,50	14 134,50	35 104,50	39 109,50
Nitrogênio	159,45	40,50	40,50	3 744,00	5 382,00
Fósforo	108,22	15 111,00	21 825,00	32 076,00	36 526,00
Potássio	55,44	4 585,50	14 395,00	15 295,00	13 504,50
Fosfato de araxá	49,36				
Mão-de-obra					
Set. — Out.	675 dias	0	29	141	190
Nov. — Abr.	675 dias	0	77	234	302
Mai — Ago.	675 dias	0	49	50	50
Miscelâneas		154 507,50	147 501,00	113 229,00	102 433,50
Juros sobre o capital empatado	18%	14 116,50	34 335,00	34 335,00	32 625,00
Retornos					
Arroz	44,41	976,50	976,50	91 728,00	131 895,00
Feijão	69,03	450,00			
Gado	174,33	212 745,50	468 396,00	470 691,00	470 691,00
Juros a capital emprestado	15%	12 145,00	12 285,00	14 998,50	24 286,00
Retorno à administração		124 011,00	239 499,00	327 820,50	388 764,00
Mão-de-obra, capital e terra					
Retorno por hectare incorporado		442,90	591,34	656,95	719,95
Consumo		30 618,00	30 618,00	123 120,00	174 073,00
Capital do proprietário no final de oito anos					318 816,00

ceitas estão apresentadas em seu valor deflacionado, a fim de que se possa descrever mais claramente as mudanças na utilização de recursos no horizonte de planejamento.

A utilização de recursos feita intensamente, como seria exigido na criação de gado de corte em pastagens melhoradas com alto nível de utilização de fertilizantes, pressupõe a existência de alto nível de habilidade administrativa. Tem-se também que contar com culturas que dêem altos rendimentos e gado de alta qualidade. Nestas circunstâncias, os resultados representam o que se poderia esperar com a intensificação e adoção da tecnologia existente. Para se obter mais completo entendimento do efeito da intensificação cultural e de mudanças técnicas nas rendas líquidas, para se obter maior percepção do realismo dos resultados, é

interessante que se compare as soluções contidas nas tabelas 7 e 8, com práticas utilizadas no Triângulo Mineiro. Teixeira Filho ⁶ e Nelson ⁷ analisaram dados de 100 fazendas no município de Ituiutaba, no Triângulo Mineiro, no ano agrícola de 1961/1962. O tamanho médio das fazendas que eles encontraram foi 513 hectares, dos quais 75 destinavam-se ao plantio de culturas. Foram utilizados 29 hectares dessas terras no plantio de arroz. Os parceiros fornecem 93% da mão-de-obra necessária à produção de arroz. Os retornos à terra, trabalho e capital foram de Cr\$ 26 392,50.

Nelson, utilizando-se de programação linear para obter os níveis ótimos de retornos, sugere que uma fazenda poderia obter Cr\$ 40 194,00 plantando arroz em toda terra de cultura e criando gado nas pastagens, substituindo todo o trabalho do parceiro pelo trabalho do empresário. Nelson considerou apenas aquelas explorações (atividades) e níveis de uso de recursos encontrados nas 100 fazendas. Sua análise não cuidou da possibilidade da expansão. A utilização de fertilizantes não foi considerada uma vez que apenas uma das 100 fazendas da amostra os usava. O terreno novo não podia ser preparado nem as pastagens melhoradas. Os preços dos produtos, vigentes em 1962, foram utilizados.

A disparidade entre os retornos líquidos indicados por Nelson e os apresentados nas tabelas 7 e 8 deste estudo possivelmente poderá ser atribuída à diferença na intensidade de produção e nos preços dos produtos.

Da fazenda representativa definida por Nelson, 15% eram em terra que produzia 1 620 kg de arroz por hectare. Esta figura é comparável aos rendimentos de arroz obtidos entre terra boa e terra pobre, no modelo analítico proposto no presente estudo, sem a utilização de fertilizantes. O preço recebido por arroz, no estudo de Nelson, foi Cr\$ 39,91 por 100 kg comparados com Cr\$ 44,37 utilizado neste estudo. Como se pode observar na tabela 7, foi produzido arroz na área de cerrado pobre com alto nível de fertilização.

A produção de culturas representou uma pequena percentagem de uso de terra no estudo de Nelson. Eram usados como pastagens 85% de sua fazenda representativa, que se comparadas às pastagens naturais do cerrado e pastagens de terras enfraquecidas, às quais não se adicionavam fertilizantes. Estas pastagens eram utilizadas na criação de gado de leite e de corte. Seis hectares de pastagens eram utilizadas por novilha e 10

⁶ Teixeira Filho op. cit.

⁷ Nelson, A.G. *Optimal farm organizational patterns. Ituiutaba, Minas Gerais, Brazil, 1961/62, Crop Year*, M.S. Thesis Purdue University 1967.

hectares por vacas de leite e seus bezerros. Atividades que não foram especificadas no modelo analítico foram usadas com gado no cerrado bruto (sem limpeza) e em terras enfraquecidas, nas quais não se aplicava fertilizantes, na razão de um animal para cada quatro hectares.

Neste estudo prevê-se a criação de gado em pastagens melhoradas, com alto nível de manejo, na razão de um animal por hectare. Nelson media o produto da criação de gado por número de cabeças, em vez de ganho de peso em kg, deste modo, torna-se difícil a comparação de rendimentos. Contudo, a lotação das pastagens pode servir de base para que se conjecture sobre a disponibilidade da produção.

O preço de venda adotado por Nelson foi de Cr\$ 284,40 por cabeça (novilhos de 2,5 anos); este valor pode ser comparável aos US\$ 174,33 por 100 kg preconizados pelo presente modelo.

Embora certas disparidades entre os retornos líquidos do estudo de Nelson possam ser atribuídos a diferenças de preços, a razão primária parece concentrar-se no nível de intensidade de uso da terra. Assim, comparando o retorno líquido indicado na solução proposta pelo presente trabalho e o retorno líquido de 100 fazendas em Ituiutaba, no ano agrícola de 1961/1962, parece enfatizar a noção de que há considerável potencial para a expansão agrícola no Triângulo Mineiro.

Uma vez que as explorações consideradas neste estudo são as mesmas estudadas por Nelson, parece lógico concluir que aumentos na intensidade de cultivo parecem lucrativos, não se podendo afirmar nada com relação a mudanças nas explorações.

Arroz e gado de corte, provavelmente, continuarão a ser mercadorias importantes no Triângulo Mineiro.

O efeito de mudanças nos valores de cada uma das variáveis exógenas é apresentado na tabela 7. Um aumento na taxa de inflação aumenta a quantidade de terra preparada, mas decresce a quantidade de fertilizante aplicado. Isto parece uma consequência de serem os custos de limpeza do terreno um custo fixo, no qual se incorre apenas uma vez por hectare de cerrado, o que será distribuído por todo o período de planejamento. O custo de fertilizante é um custo animal que exige desembolsos anuais, influenciando-se com a subida geral dos preços.

A taxa de juros entra no modelo empírico de três modos; representa renda do capital cedido em empréstimos, despesa para o capital tomado em empréstimo e afeta também o valor presente descontado de um fluxo temporal de renda, obtido de um investimento. O efeito no valor presente descontado domina o efeito de despesa, fazendo com que menos terra seja

limpa (preparada), quando a taxa de juros aumenta. O efeito despesa da taxa de juros é consideravelmente maior do que o efeito do valor presente descontado, graças ao fato de que fertilizantes representam custos anuais em que se incorrem a cada ano do período de planejamento.

Preços de produtos apresentam o efeito mais forte entre as cinco variáveis exógenas no uso de fertilizantes e na quantidade de terra preparada. Como se vê na tabela 7, um aumento nos preços dos produtos induz à utilização e incorporação de mais terras e maior aplicação de fertilizantes.

O efeito dos preços de fertilizantes no setor de expansão é de visualização muito mais difícil do que os preços dos produtos. Um aumento nos preços de fertilizantes tende a aumentar a quantidade de novos terrenos incorporados ao processo produtivo, o que é lógico, principalmente se fertilizantes e novos terrenos são fatores que se substituem no período.⁸ Espera-se que aumentos no preço de fertilizantes resultem em decréscimos na sua quantidade utilizada, contudo o efeito líquido observado foi que houve um acréscimo. Isto parece indicar que o efeito da incorporação de novas terras exige maior utilização de fertilizantes, sobrepondo-se ao efeito de aumento no preço deste.

O efeito do tamanho da fazenda na incorporação de novas terras e na quantidade de fertilizantes usados parece bastante direto. O aumento de 10% no tamanho das fazendas ocasiona um acréscimo de 10% de cerrado e, sendo assim, um aumento de aproximadamente 10% na incorporação de novas áreas e uma proporção ligeiramente menor de fertilizantes usados.

Observa-se que a incorporação de novas áreas é ligeiramente superior ao aumento de fertilizantes. Isto pode ser atribuído a erros de estimativa ou a um pequeno efeito de substituição de fertilizante por terra, observado à medida que o tamanho das unidades cresce.

Comparações entre as combinações de exploração mais lucrativas e o tamanho das fazendas indicam que as fazendas menores tendem a produzir proporcionalmente mais culturas do que as grandes fazendas. As culturas exigem mais mão-de-obra do que a criação de gado. Como se pressupõe que haveria apenas um empresário em cada fazenda independente de seu tamanho, a disponibilidade de trabalho administrativo torna a produção de culturas nas pequenas fazendas mais lucrativas. Aqui os dias do empresário por hectares serão maiores.

⁸ Para se ter mais pormenores sobre este resultado ver Cone, B.W. *An economic analysis of fertilizers use in production of cotton the campo cerrado of Brazil*. These de M.S. Purdue University, 1966.

Nem o fato de que não se possibilitou a contratação de mão-de-obra nas pequenas fazendas nem a circunstância de que um administrador trabalhasse para outro, fizeram com que a mão-de-obra se tornasse um bem em excesso.

Nas culturas foram empregados também mais fertilizantes do que em pastagens, obedecendo aos diferentes níveis de fertilização. O reduzido acréscimo na utilização de fertilizantes, à medida que o tamanho das unidades decresciam, coincide com a disponibilidade de trabalho de administração.

4. Conclusões

Não parece haver provas de que haja superioridade entre a expansão vertical ou horizontal, com relação à obtenção de maior valor descontado de um fluxo de renda líquida. Das 27 observações, quando os valores dos fatores exógenos eram tais que não houvesse incorporação de novas terras, pouco fertilizante era usado. Nos casos em que toda a terra foi incorporada no período de oito anos, cada produto, em cada um dos períodos, deveria ser produzido utilizando-se alto nível de fertilizantes. Quando no período de oito anos não havia incorporação de cerrado pobre, conforme aconteceu nos casos em que o nível de preço do produto era baixo, algumas culturas e criação de gado foram produzidos em terrenos onde não se aplicou fertilizante. Não houve observações em que não se fizesse incorporação de novas terras e que se utilizasse fertilizantes em alta escala na produção de qualquer produto, ou seja, expansão vertical na sua plenitude. Analogamente, não se observaram casos em que houvesse apenas incorporação de novas terras sem fertilização ou com aplicação de níveis baixo ou médio de fertilizantes; este teria sido o caso de expansão horizontal. Sendo assim, conclui-se que, sendo vantajoso expandir a agricultura da região estudada, será vantajoso fazê-lo tanto vertical quanto horizontalmente. Ambos os processos de expansão foram afetados pelos cinco fatores analisados, quais sejam: inflação, taxa de juros, preços dos produtos, preços de fertilizantes e tamanho das fazendas. As análises indicaram que mudanças em qualquer desses fatores iam tornar conveniente a recombinação de recursos no processo produtivo. Preços altos de produtos estimularam a expansão agrícola, enquanto preços baixos fariam com que nas combinações adequadas, recursos de terra permanecessem ociosos e culturas fossem produzidas sem a utilização de fertilizantes. Altos níveis de fertilização foram indicados para a produção de todas as mer-

cadorias consideradas e todos os terrenos disponíveis foram incorporados no período de oito anos, quando a taxa de juros paga ao capital emprestado era considerada acima da taxa de inflação e os preços dos produtos e dos fertilizantes eram considerados na média. Em situações em que terrenos fossem deixados ociosos, um aumento na taxa de inflação induziria à incorporação destes terrenos e reduziria o nível de fertilização indicada. Uma redução nas taxas de juros provocaria a expansão, tanto vertical como horizontalmente. Quando os níveis de fertilização aplicados fossem menores do que os mais altos, um decréscimo nos preços de fertilizantes aumentaria a expansão vertical.

Os terrenos das unidades menores eram incorporados mais rapidamente, pelo fato de que mais administração se tornava disponível por hectare.

Conclui-se, finalmente, que embora todos os fatores exógenos considerados afetem a expansão agrícola nas circunstâncias consideradas, o de maior atuação foi aumento dos preços dos produtos.

Uma comparação dos resultados analíticos com práticas comumente adotadas evidencia a semelhança nos padrões de produção, mas indica considerável disparidade entre as intensidades de produção e consequentemente entre as rendas líquidas obtidas.

Considerando que existem recursos físicos nos níveis analisados e que as condições econômicas vigentes abrangem os limites estabelecidos, pode-se concluir que as técnicas e níveis de manejo (administração) enfatizados no estudo não são conhecidos pelos agricultores da região considerada. Um programa de expansão agrícola nesta região deverá, portanto, conter treinamento dos agricultores.

4.1 Limitações do estudo e sugestões para pesquisas posteriores

Entre as limitações deste estudo, ressaltam-se as pertinentes à coleta de dados em regiões extensas, como a que foi estudada. A análise de dados desta natureza, utilizando-se modelos específicos com pressuposições altamente limitantes, como os que aqui foram utilizados, impõe outra série de limitações.

O modelo por sua vez não inclui todos os elementos de riscos e incertezas. Preços, por exemplo, são tidos como conhecidos com certeza, a todos os três níveis. Um estudo mais realista os consideraria em um raio, dentro do qual se definiria uma probabilidade de ocorrência.

A análise, utilizando modelos que considerem rendimentos e preços em termos de probabilidade, poderia prever mais acertadamente ou determinar a ação administrativa lógica em relação à expansão agrícola.

Pode-se observar notória diferença de intensidade de cultivos agrícolas e conseqüentes rendas obtidas entre os estudos de Teixeira Filho, Nelson e o presente. Das unidades visitadas durante a fase preliminar deste estudo, uma se distinguia pela semelhança entre a administração adotada e a que se imaginou. Seus resultados também se conformaram aos apresentados nas tabelas 7 e 8. Uma comparação pormenorizada das operações realizadas por este tipo de unidade num intervalo maior de tempo com os resultados do presente estudo pode ser útil para apontar o potencial e também as limitações do método analítico aqui adotado.

O modelo utilizado não considerou compras ou vendas de terras. O mercado de terra do Triângulo Mineiro parece ser bem ativo. Operações de compra e venda de terra, se introduzidas, podem trazer consideráveis efeitos no ritmo a que se processará a expansão agrícola.

Gado de corte foi produto dominante em muitas das soluções ótimas. Utilizou-se um sistema simples de medir a produção de gado de corte e registrar seu efeito na reorganização dos recursos produtivos. À medida que mais informações forem criadas pelas pesquisas de manejo de rebanho, estas poderão ser comparadas com as práticas de manejo vigentes, e como resultado, seriam obtidos modelos contendo práticas alternativas de produção que seriam analisados em seus efeitos considerados quanto à utilização de recursos.

Milho e soja não entraram em nenhuma das soluções ótimas. Sabe-se que variedades melhoradas de soja e milho com alto teor de lisina fornecem consideráveis possibilidades de aumento do teor protéico da alimentação. A determinação das combinações dos fatores considerados que possibilitam a introdução desses produtos nas soluções ótimas apontadas, representam uma adição ao que se sabe do potencial destes produtos.

A qualidade dos terrenos do Triângulo Mineiro foi diferenciada na base de fenômeno ecológico e com o auxílio de mapas geográficos. Outros processos que pudessem aumentar a acuidade destas informações iriam, sem dúvida, melhorar a natureza dos resultados.

O presente estudo limitou-se ao Triângulo Mineiro. A realização de projetos similares em outras regiões poderá ser útil no direcionamento da atividade agrícola considerada no Brasil como um todo.

Bibliografia

Agricultural engineers Yearbook, *Farm machinnery cost and use, typical speeds on performance ratio*. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan, 1963.

Çamig. *Demanda de mão-de-obra e material necessário para o cultivo de um hectare*. Belo Horizonte, Minas Gerais.

Carneiro G.G. et alii. *Ganho em peso de bezerros Guzera com alimentação suplementar durante a segunda metade da estação de seca e em pastos de Jaraguá na estação chuvosa*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Cone, Bruce W. *An economic analysis of fertilizer use in the production of cotton — the campo cerrado of Brazil*. Tese de M.S., Purdue University, 1966.

Cone, B.W., Eisgruber, L.M. *A model to consider the effect of inflation on the development of the land resource*. Proceedings, Western Agricultural Economics Association, Corvallis Oregon, 1969.

Feuer, Reeshon. *An exploratory investigation of the soils and agricultural potencial of the soils of the future Federal District in the central plateau of Brazil*. Tese de PhD, Cornell University, 1956.

Freitas, L.M.M. de. *Effects of liming and fertilizing cotton corn, soybeans on campo cerrado soils, state of São Paulo, Brazil*. Bulletin 29, IRI Research Institute 30, Rockefeller Plaza, New York, N. Y. 1963.

Freitas, L.M.M. de et alii. *Experimentos com adubação química nos solos do Distrito Federal IPEACO, DPEA, IRI e USAID*. Brasília, 1968 (mimeografado).

Freitas, L.M.M. de et alii. *Cotton fertilization on campo cerrado soils, state of São Paulo, Brazil*. Bulletin 27, IBEC Research Institute 30, Rockefeller Plaza, New York, 20, N.Y. 1963.

Freitas, L.M.M. de, Mc Clang, W.L. Lott. *Field studies on fertility problems of two Brazilian campos cerrados 1958/1959*. Bulletin 21, IBEG, Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York, 20 N.Y.

Freitas, Zacharias Junqueira. *Relatórios não publicados*, CAMIG, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.

Guazelli, Ricardo José, et alii. *Relatórios não publicados*, Ministério da Agricultura EPE. — IPEACO, Estação Experimental de Uberaba, Minas Gerais.

Mott, L.R. et alii. *Beef production of six tropical grasses*. IRI Research Institute, 30 Rockefeller Plaza, New York, 20 N.Y. 1963.

Nelson, A.G. *Optimal farm organization patterns, Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil, 1961/1962*. Crop Year, Tese de M.S., Purdue University, 1967.

Searingin, Marvin L. *Dados não publicados de experimentos com soja no Triângulo Mineiro, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais*. 1967/1968.

Secretaria da Agricultura de Minas Gerais, Seção de Estatística e Previsão de Safras, Departamento de Estudos Rurais. *Informativo estatístico de Minas Gerais*, maio de 1965 a maio de 1968.

Teixeira Filho, A.R. *Análise da produtividade marginal dos recursos agrícolas em dois municípios do Estado de Minas Gerais — Ituiutaba e Caratinga — no ano agrícola 1961/1963*. Tese de M.S., Viçosa, Minas Gerais, 1964.

Veiga, Alberto. *Use and productivity of agricultural resources, Jaguariuna Country, São Paulo, Brazil*. Tese de M.S. Purdue University, 1966.