

ARMANDO CHINELATTO NETO

**MUDANÇA TECNOLÓGICA E USO DE FATORES DE PRODUÇÃO NA
AGRICULTURA DE MINAS GERAIS, 1985 A 1995**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C539m Chinelatto Neto, Armando, 1974-
Mudança tecnológica e uso de fatores de
produção na agricultura de Minas Gerais, 1985 a 1995 / Armando
2003 Chinelatto Neto. – Viçosa : UFV, 2003.
71p. : il.

Orientador: Adriano Provezano Gomes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa

1. Agricultura - Inovações tecnológicas - Minas Ge-
rais - 1985-1995. 2. Agricultura - Aspectos econômicos -
Minas Gerais. I. Universidade Federal de Viçosa. II.
Título.

CDD 19.ed. 338.1809815
CDD 20.ed. 338.1809815

ARMANDO CHINELATTO NETO

**MUDANÇA TECNOLÓGICA E USO DE FATORES DE PRODUÇÃO NA
AGRICULTURA DE MINAS GERAIS, 1985 a 1995**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 07 de fevereiro de 2003.

João Eustáquio de Lima

Marília Fernandes Maciel Gomes

Brício dos Santos Reis

Roberto Serpa Dias
(Conselheiro)

Adriano Provezano Gomes
(Orientador)

A Deus, que sempre esteve presente em minha caminhada.
A meus pais, Luiz e Luiza, e a minha companheira e filho, Elizabeth e José Luiz, pois
são os alicerces de todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTO

Ao professor orientador Adriano Provezano Gomes, pela importante orientação e, principalmente, pelo incentivo para que eu continuasse meus estudos e pesquisas após concluída a graduação.

Ao professor conselheiro Sebastião Teixeira Gomes, pelas valorosas contribuições e, em especial, pelas contribuições dadas em sala de aula, pois foram fundamentais para que eu realizasse esta pesquisa.

Ao professor conselheiro Roberto Serpa Dias, pelo incentivo e pelo auxílio nos complicados procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

Ao Professor Everardo Mantovani do Departamento de Engenharia Agrícola, pela sugestão e ajuda dadas em uma importante etapa desta pesquisa.

A meu irmão e amigo Enzo, pelas contribuições para a estruturação do texto e das formas gramaticais do meu trabalho.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar meus estudos e pesquisas, e aos membros da banca de defesa, pois se propuseram a avaliar este trabalho.

BIOGRAFIA

Armando Chinelatto Neto nasceu no dia 22 de novembro de 1974 na cidade de São Paulo, filho de Luiz Silvino Chinelatto e Luiza Braga Bittencourt Chinelatto.

Iniciou o Curso de Graduação em Ciências Econômicas em 1995 na Faculdade de Ciências Econômicas, Contábeis e Administrativas, na cidade de Visconde do Rio Branco. Trabalhou até julho de 1996 no cargo de Almojarife na Vanguarda Industrial Ltda., e até novembro de 1996 no cargo de Auxiliar Administrativo no Departamento de Pessoal na Pif Paf/SA Indústria e comércio.

Em 1997 transferiu-se para o Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Viçosa. Participou dos programas de Iniciação Científica da FAPEMIG durante o período de novembro de 1998 a julho de 1999, e do CNPq durante o período de setembro de 1999 a julho de 2000. Trabalhou no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística durante o período de maio a novembro de 2000, acumulando os cargos de Agente Censitário Supervisor e Agente Censitário Administrativo do Censo Demográfico de 2000.

Iniciou em abril de 2001 o Curso de Mestrado em Economia Aplicada na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em fevereiro de 2003, sendo aprovado no processo de seleção do Curso de Doutorado em Economia Aplicada na referida universidade.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 O problema e sua importância.....	5
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo geral.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
2. METODOLOGIA.....	14
2.1 Referencial teórico.....	14
2.1.1 Uma conceituação de modernização da agricultura.....	14
2.1.2 Modelos de desenvolvimento agrícola.....	15
2.1.3 O modelo de Inovação Induzida.....	17
2.2 Modelo analítico.....	20
2.2.1 A análise fatorial e análise de <i>cluster</i> para a separação das microrregiões em grupos homogêneos.....	21
2.2.2 As fronteiras de produção obtidas pela análise envoltória de dados e o índice de Malmquist	25

2.2.3 Comparação dos grupos de microrregiões.....	33
2.2.4 Análise fatorial e análise de regressão para explicar a mudança tecnológica.....	35
2.3 Dados.....	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.1 Obtenção de microrregiões homogêneas.....	40
3.2 Obtenção das fronteiras de produção e cálculo dos índices de mudança na produtividade total dos fatores, mudança na eficiência técnica e mudança tecnológica.....	44
3.3 Caracterização dos grupos de microrregiões.....	51
3.4 Fatores determinantes da mudança tecnológica.....	56
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LITA DE TABELAS

	Página
1 Taxas anuais de crescimento das produtividades total e parcial na agricultura brasileira: 1976 a 1994.....	3
2 Índices de produtividade total e parcial dos fatores na agricultura: 1975 a 1996.....	4
3 Variação do número de estabelecimentos agrícolas, área total e pessoal ocupado na agricultura brasileira entre 1985 e 1995.....	9
4 Variação do número de estabelecimentos agrícolas, área total e pessoal ocupado na agricultura de Minas Gerais entre 1985 e 1995.....	9
5 Variação do número de estabelecimentos que usam energia elétrica, do número de estabelecimentos que usam assistência técnica, do número de máquinas para plantio, do número de máquinas para colheita e do número de tratores em Minas Gerais entre 1985 e 1995.....	10
6 Pessoal ocupado por hectare cultivado em Minas Gerais.....	11
7 Taxa de variação no pessoal ocupado na agricultura de Minas Gerais no período de 1985 a 1995.....	12
8 Autovalores e variância explicada pelos fatores.....	40

9	Cargas fatoriais obtidas após a rotação pelo método Varimax e comunalidade das variáveis utilizadas na análise fatorial.....	41
10	Microrregiões pertencentes a cada grupo.....	42
11	Distâncias calculadas por programação linear, para as microrregiões do primeiro grupo, no período de 1985 a 1995.....	45
12	Índices calculados para mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores, para o primeiro grupo de Microrregiões, no período de 1985 a 1995.....	46
13	Distâncias calculadas por programação linear, para as microrregiões do segundo grupo, no período de 1985 a 1995.....	48
14	Índices calculados para mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores, para o segundo grupo de Microrregiões, no período de 1985 a 1995.....	49
15	Taxas percentuais de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores do primeiro e segundo grupos de microrregiões no período de 1985 e 1995.....	50
16	Área cultivada média dos estabelecimentos, área cultivada por trabalhador, número de trabalhadores por trator e percentuais de mão-de-obra familiar e contratada nos grupos de microrregiões em 1995.....	52
17	Variação percentual do número de tratores, da área cultivada, do pessoal ocupado, da relação entre a área cultivada e o pessoal ocupado, e da relação entre o número de tratores e o pessoal ocupado nos grupos de microrregiões entre 1985 e 1995.....	53
18	Médias do valor da produção total, valor da produção por hectare cultivado e do valor da produção por pessoal ocupado em 1995 nas microrregiões pertencentes aos grupos.....	54
19	Variação percentual do valor da produção, do valor da produção por pessoal ocupado, e do valor da produção por hectare cultivado nos grupos de microrregiões entre 1985 e 1995.....	55
20	Valor percentual da produção nas microrregiões de maior ganho de produtividade total dos fatores.....	56
21	Autovalores e variância explicada pelos fatores.....	57
22	Cargas fatoriais obtidas após a rotação pelo método Varimax e comunalidades das variáveis utilizadas na segunda análise fatorial.....	58
23	Resultado da equação estimada por mínimos quadrados ordinários.....	60

RESUMO

CHINELATTO NETO, Armando. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Mudança tecnológica e uso de fatores de produção na agricultura de Minas Gerais, 1985 a 1995.** Orientador: Adriano Provezano Gomes. Conselheiros: Sebastião Teixeira Gomes e Roberto Serpa Dias.

A modernização do setor agropecuário brasileiro foi iniciada na década de 60 e caracterizada pela participação ativa do estado e crescimento da produção devido ao crescimento da área cultivada. Com a crise fiscal e aprofundamento da abertura econômica, ocorridos na transição das décadas de 80 e 90, intensificam-se os progressos técnicos associados à mecanização, uso de insumos modernos e aumento da produtividade, alterando a relação entre capital, terra e trabalho. Neste sentido, foi identificada a relação entre a intensidade de uso dos fatores de produção e a mudança tecnológica na agricultura de Minas Gerais, no período de 1985 a 1995, baseando-se no referencial teórico de Inovação Induzida proposto por HAYAMI e RUTTAN (1988). Com o objetivo de identificar se há diferenças regionais nesta relação, foram construídos dois grupos de microrregiões em

Minas Gerais. Para atingir estes objetivos foram utilizadas a Análise Fatorial, Análise de Cluster, Análise Envoltória de Dados, Índice de Malmquist e Análise de Regressão. Verificou-se que a mudança tecnológica foi importante para determinar o desenvolvimento regional diferenciado, pois foi maior no grupo onde houve maior ganho de produtividade total dos fatores. Foram criadas duas variáveis representativas do uso de fatores de produção para identificar como a intensidade de uso dos fatores de produção condicionou a mudança tecnológica. A primeira variável representa o “uso de máquinas e insumos modernos” e a segunda variável representa a “intensidade de uso da terra”. Concluiu-se que as mudanças tecnológicas ocorreram no sentido de poupar relativamente mais trabalho do que terra pois estiveram associadas à redução do emprego de mão-de-obra e aumento do uso de máquinas e insumos modernos, permitindo cultivar maior área por trabalhador em microrregiões de maior área média por estabelecimentos.

ABSTRACT

CHINELATTO NETO, Armando. Universidade Federal de Viçosa, february of 2003. **Technological change and production factors use in Minas Gerais' agriculture, 1985 to 1995.** Adviser: Adriano Provezano Gomes. Committee members: Sebastião Teixeira Gomes and Roberto Serpa Dias.

The modernization of the Brazilian agriculture was initialized after the high 60's, and was characterized by incentive state instruments. In this period, production increased mainly due to growth of the cultivated area. Yet, the economical context of the transition between the 80's and 90's decades is characterized by the fiscal crisis determining the loss of financing capacity and state investments, and by the economical opening determining the increase of the competition imposed to the producers. The technological modernization process was intensified, and the technical progress was associated to the mechanization increase, larger use of modern inputs and productivity increase, altering the relation among capital, soil and work. Thus, this work identifies the relation between the intensity of production factors use and the technological change of Minas Gerais' agriculture, in the period between 1985 and 1995. In order to identify the possible regional differences in such a relation, two groups of microregions were created in Minas Gerais, and the measures of the factors' total productivity were calculated, as well as the technological change and the

technological efficiency change for the microregion of each group. It was verified that the technological change was important to determine the differentiated regional development, because it was bigger in the group in which there was more total productivity gain of the factors. Two representative variables of production factors use were created to identify how the intensity of the production factors use conditioned the technological change. The first variable represents the 'machines and modern inputs use', and the second one represents the 'soil use intensity'. It was verified that the technological changes occurred in Minas Gerais' agriculture were associated to the labor reduction, and increase of modern machines and inputs use, what allowed the worker to cultivate larger proportion of the area in larger proprieties.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O processo de modernização do setor agropecuário brasileiro utilizou, em sua primeira fase, iniciada na metade da década de 60, de instrumentos de incentivo à expansão da produção, como as políticas de crédito rural, garantia de preços mínimos, estoques reguladores, dentre outras. Neste período a produção cresceu principalmente devido ao crescimento da área cultivada.

Na metade da década de 80, este modelo de modernização entra em crise e, na década de 90, são reduzidos os instrumentos de política agrícola, em que ocorre a redução e o encarecimento do crédito agropecuário. O contexto econômico brasileiro nesta transição é caracterizado pela crise fiscal determinando perda da capacidade de financiamentos e investimentos estatais, e aprofundamento da abertura econômica aumentando a competição imposta aos produtores. Ocorrem transformações estruturais na agricultura brasileira, e o aumento da produção passa a ser principalmente devido ao aumento da produtividade¹.

Juntamente com o aumento da produção e produtividade, ocorre a queda da área cultivada e dos preços agrícolas. Para FERREIRA FILHO (1999), o aparente paradoxo, caracterizado pela queda do preço dos produtos e queda na

¹ O estudo do processo de desenvolvimento e ganhos de produtividade da agricultura brasileira, sob diversos enfoques, pode ser encontrado em ALBUQUERQUE e NICOL (1987), BAER (1996), CARDOSO (1998), MENEZES NETO (1999), PEREIRA(1995), SOUZA (2000), e outros.

área cultivada, é devido a preços relativos dos fatores, ou seja, a queda mais acentuada do preço de tratores e insumos modernos. Portanto, ocorreu intensificação do processo de modernização tecnológica das principais culturas e o aumento da produtividade se deveu a contribuição do progresso técnico associado ao aumento da mecanização dos tratos culturais e da colheita, e maior uso de insumos modernos.

De acordo com GRAZIANO DA SILVA (1997), esta modernização foi causada pelo aumento da competição imposta pela globalização, também caracterizada pela facilidade de acesso ao capital externo e sua maior mobilidade, pelo encarecimento relativo da mão-de-obra e pelo desmonte dos instrumentos de crédito do estado.

Estas transformações da agricultura brasileira merecem destaque, pois o crescimento e desenvolvimento deste setor pode ser considerado como um dos requisitos para o desenvolvimento equilibrado de todo sistema econômico. De acordo com ALBUQUERQUE e NICOL (1987), é negligenciada a importância deste setor no desenvolvimento econômico. Neste sentido, destacam os papéis específicos da agricultura no processo de desenvolvimento.

Para ALBUQUERQUE e NICOL (1987), um destes objetivos consiste em fornecer alimentos à população a preços compatíveis, pois em países em desenvolvimento há elevado crescimento demográfico e alta elasticidade renda da demanda de alimentos. Trata-se de bem salarial, contribuindo para a formação do salário industrial e taxa de lucro deste setor, e os benefícios são progressivos, pois os pobres consomem maior proporção da renda em alimentos. Os deslocamentos de oferta e demanda determinam os preços, sendo relevantes à medida que suas reduções alavancam as indústrias e seus aumentos reduzem a captação de divisas devido a necessidade de importação de alimentos. Portanto, diante da possibilidade de auxiliar o desenvolvimento econômico, os aumentos de produtividade podem constituir importantes fontes de deslocamento da oferta. De fato, como também afirmam GASQUES e CONCEIÇÃO (1997), a partir dos

anos 80 o crescimento da agricultura brasileira ocorreu em função dos ganhos de produtividade².

Com base nos trabalhos de CHRISTENSEN (1975) e ALVES(1979), GASQUES e CONCEIÇÃO (1997) destacam que as medidas de produtividade parciais são insuficientes. Para se obter melhor medida de desempenho agrícola, foram criados indicadores de produtividade total dos fatores (PTF), uma vez que as produtividades parciais não captam o efeito interativo dos diversos fatores envolvidos no processo produtivo e podem estar sinalizando uma direção diferente se comparados com os indicadores PTF. Considerando esta discussão, GASQUES e CONCEIÇÃO (1997) estimam índices de PTF e das produtividades parciais da mão-de-obra e do trabalho para a agricultura brasileira³. As taxas anuais de crescimento das produtividades estimadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Taxas anuais de crescimento das produtividades total e parcial na agricultura brasileira: 1976 a 1994

Categoria	Taxas (%)
Produtividade Total dos Fatores (PTF)	3,88
Produtividade da Terra	3,79
Produtividade do Trabalho	4,02

Fonte: GASQUES e CONCEIÇÃO (1997).

Nota-se o crescimento relativamente uniforme dos três índices de produtividade calculados, e que, tratando-se dos índices parciais, a produtividade do trabalho cresceu em maior intensidade que a produtividade da terra. Vale ressaltar que o mesmo sentido (crescimento) e a proximidade das estimativas podem indicar a confiabilidade dos indicadores parciais neste caso. Os índices de

² Para GASQUES e CONCEIÇÃO (1997), os produtos agrícolas exportáveis incorporaram mais intensamente a disponibilidade de tecnologia. A análise da dualidade entre produtos exportáveis e produtos voltados para o mercado interno pode ser encontrada em HOMEM DE MELLO (1988).

³ Foi utilizado o índice de Tornqvist por corresponder a uma função de produção mais flexível, conforme afirmam GASQUES e CONCEIÇÃO (1997).

PTF e produtividades parciais da terra, capital, fertilizantes e trabalho são calculados por BONELLI e FONSECA (1998). Os resultados⁴ estão na Tabela 2.

Tabela 2: Índices de produtividade total e parcial dos fatores na agricultura, 1975 a 1996

Ano	Terra	Capital	Fertilizantes	Trabalho	PTF
1975	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1976	96,19	81,99	103,62	109,80	94,35
1977	100,60	82,77	90,98	120,37	94,44
1978	95,46	72,23	66,98	100,92	80,63
1979	99,68	70,42	70,83	110,34	83,34
1980	106,72	71,53	72,42	116,03	87,18
1981	119,60	75,27	66,23	128,46	91,89
1982	110,29	70,58	97,49	124,47	92,82
1983	123,05	67,79	96,98	122,81	95,69
1984	122,05	69,65	125,96	129,86	101,63
1985	132,21	74,92	93,76	148,88	100,70
1986	115,86	63,39	94,87	134,59	90,19
1987	136,29	70,10	91,36	150,69	99,75
1988	127,43	67,34	89,44	146,42	95,05
1989	133,50	68,31	91,28	149,14	97,92
1990	141,35	65,31	96,85	149,71	100,22
1991	145,60	67,41	106,95	154,94	104,74
1992	152,88	71,52	110,69	164,38	110,07
1993	167,21	70,33	99,92	167,33	111,32
1994	165,01	74,64	97,83	185,68	113,12
1995	173,88	78,54	89,12	197,97	115,55
1996	175,67	80,28	97,42	208,46	119,33

Fonte: BONELLI e FONSECA (1998).

⁴As estimativas foram calculadas com base em uma função de produção do tipo Cobb Douglas. Os resultados para o crescimento da PTF agrícola são inferiores aos obtidos por GASQUES e CONCEIÇÃO (1997). Para BONELLI e FONSECA (1998) isto ocorre pois aqueles autores consideraram apenas o uso de terra e trabalho na construção do índice, sendo os fatores de produção cujo uso manteve-se aproximadamente constante ou diminuiu enquanto a produção cresceu, ou seja, são fatores de produção cuja produtividade parcial cresceu intensamente.

A partir da segunda metade da década de 80, ocorrem os maiores ganhos de produtividade total e parcial, onde os autores destacam que, a partir de 1989, a taxa média de crescimento da PTF é alta em termos internacionais. De acordo com BONELLI e FONSECA (1998), entre 1989 e 1996 o ganho corresponde a praticamente todo o ganho líquido da série, pois o nível do índice de PTF agrícola em 1988 era da mesma ordem de grandeza daquele observado em 1975. Concluem que o ciclo de crescimento da agricultura após a segunda metade da década de 80 foi “dominado” pelos ganhos de produtividade total dos fatores.

Considerando-se estas estimativas de produtividade parcial, percebe-se que o ganho de produtividade total deveu-se principalmente aos ganhos de produtividade da terra e do trabalho. Em conformidade com as estimativas obtidas por GASQUES e CONCEIÇÃO (1997), a produtividade do trabalho foi a que obteve maiores ganhos em ambos, sendo que, para BONELLI e FONSECA (1998), este índice dobra ao se comparar o final e o início do período.

Portanto, o crescimento da produção agrícola durante as décadas de 80 e 90 se deveu principalmente ao aumento da produtividade. Além disto, as estimativas de variação da produtividade durante este período indicam a utilização mais intensa de tecnologias que aumentam a produtividade do trabalho ou, dizendo de outra forma, uso mais intenso de tecnologias poupadoras de mão-de-obra.

1.2 O problema e sua importância

Ao longo das décadas de 80 e 90, a agricultura brasileira desenvolveu-se em um novo ambiente econômico, marcado pela redução da participação do estado e abertura comercial. Diante desta nova realidade, é importante buscar compreender as características presentes na adoção de novas tecnologias de produção neste setor. A análise deste conjunto de características fornecerá os elementos necessários para a compreensão do problema de pesquisa.

De acordo com MENEZES NETO (1999), ocorreu a industrialização da agricultura brasileira, tornando possível o aumento da produtividade agrícola

através do uso de maquinarias, implementos e insumos modernos produzidos pelas agroindústrias. Durante os anos 70, as crises no capitalismo central conduziram as empresas e governos mundiais a abrirem novos caminhos para a elevação da produtividade, intensificando as pesquisas em novas tecnologias, ligadas principalmente ao desenvolvimento mecânico e químico. Nos anos 80 e 90, marcados pela difusão destas tecnologias, ocorre a hegemonia da grande produção pelas agroindústrias, inserindo o mundo rural em um cenário marcado pela competitividade e especialização.

Este processo de modernização das atividades no campo fez com que os pequenos produtores utilizassem a terra basicamente com vista à sua sobrevivência. O setor moderno começou a responder pela maior parte da produção agrícola brasileira e os pequenos produtores, principalmente de agricultura familiar, quando integrados a este processo, vendiam toda a sua produção para a agroindústria.

Para MENEZES NETO (1999), as conseqüências deste processo de modernização e conseqüente industrialização do campo foram a concentração da terra, concentração de capitais, redução do número de agricultores, redução dos empregos agrícolas e conseqüente êxodo rural, penalizando principalmente a pequena propriedade caracterizada pela agricultura familiar.

Discutindo a questão do emprego agrícola, ALBUQUERQUE e NICOL (1987) destacam que outro objetivo do setor agrícola no processo de desenvolvimento econômico é o fornecimento de trabalho, compondo a mão-de-obra do setor industrial e mantendo os salários industriais baixos.

Apesar de não se tratar de uma análise sob a ótica deste objetivo, ALVES (1999) afirma que o paradigma da economia de países industrializados é o emprego de pequena parcela da população economicamente ativa na agricultura. Dentre as razões apontadas, destaca a adoção de tecnologias mecânicas e a industrialização ampliando as oportunidades de emprego nas cidades, abrigando maior parte da população.

Tratando do emprego agrícola em países industrializados, ALVES (1989) afirma que, quando um país atinge o estágio pleno da agricultura

moderna, a força de trabalho empregada neste setor situa-se entre 2% e 15%, como é o caso dos Estados Unidos (2%), da França (8%) e da Espanha (15%). Os trabalhadores são especializados, na maioria dos casos não residem nos estabelecimentos e têm elevado grau de mobilidade entre a ocupação rural e urbana. Destaca que, ao final da década de 80, o Brasil contava com 28,5% da população economicamente ativa empregada no meio rural, apresentando baixo grau de instrução em relação ao meio urbano, e muito mais baixo em relação aos países avançados.

Diante destas características da modernização da agricultura, ALVES (1995) analisa os impactos das tecnologias mecânicas, biológicas e organizacionais na redução do uso de mão-de-obra com o objetivo de estimar o êxodo rural no Brasil. Afirma que a tecnologia mecânica substitui diretamente o uso de mão-de-obra, e a tecnologia bioquímica exerce influência via mercado, pois a produção cresce acima da demanda, reduzindo os preços agrícolas, a remuneração da agricultura e o salário rural, estimulando a migração. Quanto às tecnologias organizacionais, afirma que são adotadas à medida que o produtor adota as mecânicas e bioquímicas.

Porém, chama atenção para as dificuldades de se formalizar as causas da migração – se são aspectos de atração do meio urbano ou expulsão do meio rural – dividindo sua análise em dois períodos. No período de 1950 a 1985 destaca a importância da remuneração da agricultura na decisão de migrar, pois o desenvolvimento urbano-industrial estimulou a migração, induzindo a mecanização da agricultura. O efeito de atração prevaleceu. No período pós 85 a diminuição do crescimento econômico gerou desemprego urbano, e o baixo crescimento da população e das exportações reduziu o crescimento da demanda de produtos agrícolas. Estes eventos, juntamente com a rigidez da legislação trabalhista, acelerou a substituição de mão-de-obra por máquinas e aumentou o desemprego agrícola e não-agrícola. Neste período as forças de expulsão são responsáveis pela diminuição do emprego rural, e o acréscimo da produção se deveu ao aumento da produtividade, pois reduziu a área cultivada e o número de estabelecimentos.

Em seu estudo, ALVES (1995) estimou que 10,4 bilhões de pessoas deixaram o meio rural entre 1985 e 1995⁵. Suas conclusões são pessimistas, pois prevêm o contínuo processo de mecanização principalmente devido a importação de máquinas e a complicação da legislação trabalhista, onde não há recursos, interesse político ou até mesmo experiências internacionais de países que se industrializaram que forneçam indícios de manutenção do homem no campo e subsistência das propriedades familiares.

Neste contexto, o aumento do êxodo rural comprometeu a capacidade das cidades oferecerem empregos mesmo com a expansão inicial da indústria. Diante deste dilema, ALBUQUERQUE e NICOL (1987) afirmam que é importante o desenvolvimento conjunto de todos os setores para que não haja o problema do desemprego, destacando que a ênfase no maior desenvolvimento de um dado setor dependerá do estágio de desenvolvimento do país, sendo uma questão empírica que transcende considerações puramente teóricas.

O que se observa é o desequilíbrio entre o setor agrícola e o não-agrícola, onde a redução do emprego de mão-de-obra no meio rural é causa, ou, no mínimo, um agravante deste distúrbio. Pode-se afirmar que o setor agrícola cumpre o papel de fornecer mão-de-obra em intensidade superior à necessária, pois o setor não-agrícola é incapaz de empregar estes trabalhadores que deixaram o meio rural.

Para ALVES (1999), além do emprego de pequena parcela da população economicamente ativa na agricultura, o paradigma da economia de países industrializados é caracterizado pela redução persistente do número de agricultores e a perda de importância da agricultura no Produto Interno Bruto, em relação ao que ocorre dentro da fazenda.

A tecnologia possibilitou a expansão da produção agrícola além dos limites dos sinais da demanda, a preços constantes. Para se evitar uma queda

⁵ Além do aumento do êxodo rural, SILVA e GROSSI (2002) afirmam que a produção agrícola tem ocupado menor tempo de trabalho e representado menor parcela da renda das famílias rurais. Mesmo permanecendo no meio rural, estas se dedicam cada vez mais a atividades não agrícolas. Esta nova realidade marcada pela pluriatividade dos membros de famílias agrícolas pode ser responsável por manter parcelas da população residindo no campo, arrefecendo as estimativas de migração rural-urbana. Porém, não representa uma solução para os problemas de desemprego rural e excesso de oferta de trabalho no meio urbano.

contínua dos preços, o ajuste recaiu na eliminação de trabalhadores e agricultores. A Tabela 3 fornece a variação do número de estabelecimentos, da área total e do pessoal ocupado na agricultura brasileira.

Tabela 3: Variação do número de estabelecimentos agrícolas, área total e pessoal ocupado na agricultura brasileira entre 1985 e 1995

	1985	1995	Variação (%)
Estabelecimentos	5.834.779	4.838.183	-17,08
Área total (ha)	376.286.577	353.611.246	-6,03
Pessoal ocupado	23.395.644	17.930.890	-23,36

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário

Como pode ser observado na Tabela 4, Minas Gerais também apresenta redução do número de estabelecimentos, da área total e do pessoal ocupado. Observa-se assim, redução destas variáveis em ambos os casos, o que pode demonstrar que este Estado está passando pelas mesmas transformações observadas no Brasil.

Tabela 4: Variação do número de estabelecimentos agrícolas, área total e pessoal ocupado na agricultura de Minas Gerais entre 1985 e 1995

	1985	1995	Variação (%)
Estabelecimentos	551.488	496.677	-9,94
Área total (ha)	45.836.654	40.811.660	-10,96
Pessoal ocupado	2.660.130	2.000.046	-24,81

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário

A redução é mais acentuada para o pessoal ocupado e área total em Minas Gerais, sendo maior para os estabelecimentos considerando-se o país. Isto pode sugerir a redução da área média dos estabelecimentos em Minas Gerais. Porém, pode-se dizer que a variação da área média dos estabelecimentos de Minas Gerais não foi significativa, situando-se em aproximadamente -1,14%.

Como pode ser observado na Tabela 5, em Minas Gerais há aumento da mecanização e do número de estabelecimentos que usam energia elétrica e assistência técnica, o que indica aumento do uso de máquinas e insumos modernos. A produtividade parcial da terra, dada pela produção por hectare, cresceu 5,29% para o algodão e 9,37% para o arroz no período de 1985 a 1995. Nas culturas do milho e soja os resultados são mais expressivos, pois as produtividades cresceram 67,49% e 10,92%⁶.

Tabela 5: Variação do número de estabelecimentos que usam energia elétrica, do número de estabelecimentos que usam assistência técnica, do número de máquinas para plantio, do número de máquinas para colheita e do número de tratores em Minas Gerais entre 1985 e 1995

Categoria	1985	1995	Variação
Estabelecimentos que usam energia elétrica	114.491	270.268	136,06 %
Estabelecimentos que usam assistência técnica	65.600	122.563	86,83 %
Máquinas para plantio	30.059	32.537	8,24 %
Máquinas para colheita	6.509	13.211	102,97 %
Tratores	60.421	89.667	48,40 %

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário

Análise preliminar pode induzir a concluir que: a) o conjunto de resultados pode indicar que o tamanho das propriedades não é uma variável tão importante para a modernização da agricultura no caso do Estado de Minas Gerais; e b) o aumento do uso de máquinas e insumos neste estado pode indicar a redução do número de postos de trabalho e aumento da produtividade da mão-de-obra, ou seja, o aumento do uso de capital permitindo a redução do uso de trabalho e aumento da área cultivada por trabalhador.

A análise mais detalhada dos dados para Minas Gerais fornece informações importantes para compreender as transformações ocorridas na agricultura deste estado e quanto a importância do tamanho da propriedade nestas transformações.

⁶ As estimativas de produtividade parcial da terra foram calculadas com base nos Censos Agropecuários.

De maneira geral, nota-se que o pessoal ocupado por hectare é decrescente e menor para maiores propriedades, indicando que as pequenas propriedades tendem a empregar relativamente mais mão-de-obra (Tabela 6). Mesmo com a redução da área média dos estabelecimentos, nas maiores propriedades que ocorrem maiores aumentos na área cultivada por trabalhador, demonstrando a importância do tamanho da propriedade para determinar a assimilação das técnicas de produção mais produtivas.

A participação relativa da mão-de-obra empregada em propriedades inferiores a 10 hectares passou de 21,7% em 1985 para 25,55% em 1995 e, como mostra a Tabela 6, o pessoal ocupado por área cultivada aumenta somente neste estrato.

Tabela 6: Pessoal ocupado por hectare cultivado em Minas Gerais

Estrato de terra (ha)	1985	1995
< 10	0,676	0,681
10 a 100	0,125	0,105
100 a 1000	0,032	0,024
1000 e mais	0,011	0,007

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário (1985 e 1995).

Como é salientado por ALVES (1989), com o processo de modernização da agricultura e a industrialização do Brasil, observou-se crescente urbanização da população. Esta tendência foi observada em muitos países desenvolvidos, onde ocorreu intensa mecanização da agricultura, aumentando a produtividade da terra e diminuindo o emprego de mão-de-obra.

Diante desta nova realidade agrícola, ALVES (1996) afirma que as alternativas de modernização da agricultura brasileira estão relacionadas às forças de mercado, favorecendo o crescimento na utilização de tecnologias poupadoras de mão-de-obra, em intensidade superior à utilização de tecnologias poupadoras de terra.

Como é exposto na Tabela 7, Minas Gerais está inserida neste contexto. Entre 1985 e 1995 a mão-de-obra empregada na agricultura de Minas Gerais reduziu 24,81%, sendo que as reduções foram menores para menores estratos de terra.

Tabela 7: Taxa de variação no pessoal ocupado na agricultura de Minas Gerais no período de 1985 a 1995

Estrato de Terra (ha)	Variação (%)
< 10	-11,48
10 a 100	-24,45
100 a 1000	-32,12
1000 e mais	-42,19
Total	-24,81

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário (1985 e 1995).

Em resumo, as novas tecnologias de produção empregadas na agricultura brasileira e mineira podem ser influenciadas pelo mercado de fatores de produção, onde observa-se mudanças na alocação de trabalho e terra, mediante aumento do uso de máquinas e insumos modernos, alterando a relação entre capital, trabalho e terra. Neste contexto, assume-se a hipótese de que as mudanças tecnológicas ocorridas na agricultura de Minas Gerais podem estar associadas à redução do emprego de mão-de-obra e aumento do uso de máquinas e insumos modernos, permitindo ao trabalhador cultivar maior proporção da área cultivada e obter maior quantidade produzida por hectare.

Esta análise das transformações ocorridas na agricultura forneceu os elementos necessários para a identificação de um importante problema de pesquisa, ou seja, determinar qual o impacto das mudanças tecnológicas sobre o emprego de fatores de produção nesta atividade produtiva. A solução deste problema é particularmente importante, pois permite identificar se as mudanças tecnológicas são poupadoras de trabalho, ou seja, se reduzem o emprego de trabalho nas atividades agrícolas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é identificar a relação entre a intensidade de uso dos fatores de produção e a mudança tecnológica da agricultura nas microrregiões de Minas Gerais, no período de 1985 a 1995.

1.3.2 Objetivos específicos

- i) Identificar grupos homogêneos de microrregiões em Minas Gerais;
- ii) Calcular as medidas de mudança na produtividade total do fatores, mudança tecnológica e mudança na eficiência técnica para as microrregiões homogêneas;
- iii) Caracterizar os grupos de microrregiões homogêneas segundo indicadores de desempenho técnico e econômico; e
- iv) Identificar como a intensidade de uso dos fatores de produção condiciona a mudança tecnológica dos grupos de microrregiões homogêneas.

2 – METODOLOGIA

2.1. Referencial teórico

Com o objetivo de facilitar o entendimento dos elementos teóricos presentes neste trabalho, o referencial teórico foi dividido em três partes. Na primeira parte é feita uma conceituação da modernização da agricultura, sob a ótica da alocação de fatores de produção e de suas produtividades parciais.

Na segunda parte são relacionados alguns modelos de desenvolvimento da agricultura e, na terceira parte, é feito um maior detalhamento do modelo de Inovação Induzida, proposto por HAYAMI e HUTTAN (1988).

2.1.1 Uma conceituação de modernização da agricultura

A modernização da agricultura pode ser entendida como o desenvolvimento de melhores formas de se produzir. Estas novas formas de produzir determinam a realocação dos fatores de produção pois, de acordo com RICARDO (1992), os melhoramentos na produção agrícola são classificados em dois tipos básicos: aqueles capazes de aumentar a capacidade produtiva da terra e aqueles que permitem empregar menos o fator trabalho.

Neste sentido, considerando-se a conceituação feita por HAYAMI e RUTTAN (1988), a modernização é constituída pela adoção de técnicas que substituem trabalho por outros insumos, sendo chamadas de “poupadoras de

mão-de-obra”, ou adoção de técnicas que facilitam a substituição de terra por outros insumos, chamadas de “poupadoras de terra”.

2.1.2 Modelos de desenvolvimento agrícola

Como destacam ARAÚJO e SCHUH (1975), há diversas fontes de crescimento agrícola que estiveram presentes em momentos e locais específicos, ao longo do crescimento econômico das nações. Para explicar estas fontes, foram desenvolvidos os diversos modelos que se seguem:

i) Modelo de exploração de recursos, fundamentado na expansão das pastagens e lavouras respondendo a pressão populacional. Os coeficientes técnicos eram fixos e a produção se expandia em função dos excedentes de terra e trabalho. Restam poucas áreas passíveis da exploração deste modelo, sendo dependentes de inovações tecnológicas. Apresenta um limite ao crescimento sustentado devido a exaustão e aos limites clássicos da produtividade marginal decrescente dos fatores de produção;

ii) Modelo de conservação, onde foi necessário o progresso das técnicas de lavoura e zootécnicas devido ao esgotamento dos solos durante a revolução industrial. Buscou-se crescimento da produtividade da terra com o uso de insumos de adubação produzidos na propriedade, combinando a lavoura e rebanho. Não apresentou resultados compatíveis com o aumento da demanda de alimentos, mas é uma inspiração para a agricultura orgânica;

iii) Modelo de localização, prevalecendo a influência dos centros urbanizados sobre as técnicas de produção, a combinação ótima de lavoura e animais, e a localização da produção. A dinâmica de expansão agrícola e urbano-industrial dos Estados Unidos, associadas a mudanças nos custos de transportes e variação do meio ambiente, é um exemplo deste modelo. Formulações posteriores explicam o fracasso do desenvolvimento da produção agrícola e da política de preços para eliminar disparidades regionais. Porém, as políticas baseadas nos impactos urbano-industriais são menos eficientes em países pobres, pois falta tecnologia, emprego e infra-estrutura;

iv) Modelo de difusão de melhores práticas de exploração, variedade de culturas e raças de animais. É a institucionalização do processo de descobertas, principalmente no caso Britânico e Norte-americano, com a observação e disseminação de conhecimentos empíricos entre diferentes produtores e regiões, diminuindo a dispersão de produtividades. O conhecimento é cumulativo e passa a ser experimental. Foi a base intelectual para a criação de uma disciplina de economia agrícola, estimulando a criação de métodos de levantamento e análise econômica das inovações dos agricultores. A difusão foi de caráter extencionista, adotados com pouco êxito no caso de fazendas tradicionais;

v) Modelo de insumos modernos, onde o exame da inadequação de políticas de difusão conduziu ao estudo da disponibilidade de tecnologias e sua possibilidade de transferência. As especificidades técnicas impediram ganhos com a sua alocação em outros locais, principalmente para produtores voltados para a subsistência e não para o mercado. A alternativa para a agricultura tradicional e pobre é o investimento que disponibilize insumos modernos a preços baixos. Investimentos em estações experimentais, indústrias de insumos e capacitação técnica dos agricultores. Trata-se do modelo de desenvolvimento responsável pela “revolução verde”, abarcando os conceitos centrais dos modelos de conservação, localização e difusão. É incompleto, pois não especifica o mecanismo de transmissão das vantagens dos investimentos; e

vi) Modelo de inovação induzida, que destaca os caminhos múltiplos para o desenvolvimento tecnológico, substituindo fatores de produção escassos e caros por fatores abundantes e baratos. Como é o caso do Japão, onde houve desenvolvimento de sementes melhoradas para alta resposta a fertilização devido a escassez de terra, e dos Estados Unidos, onde houve melhoramento de máquinas e implementos para substituição de mão-de-obra.

Todos modelos de desenvolvimento agrícola são instrumentos analíticos importantes, sendo aplicáveis para cada realidade histórica e geográfica. O estudo destas realidades fornece importante subsídio para a compreensão do desenvolvimento da agricultura das nações ou regiões, o que contribui também para a validação destes modelos.

Optou-se por discutir adiante o Modelo de Inovação Induzida, pois este modelo pode representar o processo de modernização da agricultura das microrregiões de Minas Gerais, dadas as transformações ocorridas na agricultura deste estado, em conformidade com as observadas no país.

2.1.3 O modelo de Inovação Induzida

Este modelo proposto por HAYAMI e RUTTAN (1988) pode representar o desenvolvimento agrícola ao considerar a tecnologia como uma característica endógena dos sistemas econômicos. A escolha de qual caminho tecnológico seguir depende da dotação de fatores produtivos da economia e das forças de mercado, à medida que seus preços relativos são estabelecidos. A orientação tecnológica ocorre no sentido de poupar o uso de fatores escassos e intensificar o uso dos fatores abundantes. Os aumentos de eficiência e produtividade ocorreriam como consequência de melhor alocação dos recursos.

Ao modelo de inovação induzida foram adicionadas contribuições de DE JANVRY (1977). Este autor considera que a estrutura econômica de um sistema social é caracterizada pelo nível de desenvolvimento da capacidade de produção (determinada pelos estoques quantitativos e qualitativos de recursos produtivos) e pelo quadro institucional.

Os atributos qualitativos associados às tecnologias e habilidades são importantes para a determinação do produto e da produtividade. Portanto, quem controla a taxa e a direção do crescimento desses recursos determina o ritmo e a natureza do desenvolvimento econômico, e a geração de tecnologia é uma etapa de um processo circular, condicionada pela estrutura social.

Trata-se da influência das estruturas sócio-econômica e político-burocrática nas possibilidades de interação dos diversos grupos de interesse e organizações produtoras de tecnologia, buscando o atendimento de suas demandas.

Neste sentido, HAYAMI e RUTTAN (1988) consideram que há uma interação efetiva dos produtores rurais, instituições públicas de pesquisa e

empresas agrícolas para que ocorra a mudança técnica dirigida. Assim, o modelo de inovação induzida considera que as distorções na alocação dos recursos podem ocorrer devido a desigualdades na distribuição da propriedade dos recursos econômicos e no poder político das diferentes classes sociais, e que a geração de tecnologias e as mudanças institucionais são determinadas pelos interesses de grupos dominantes.

Os Estados Unidos e o Japão são exemplos desse modelo de desenvolvimento orientado. O setor agrícola desses dois países teve rápida e constante modernização, entretanto, o sentido da modernização foi diferente em cada país. No Japão, foram verificados intensos aumentos na produtividade da terra, ao longo de todo período de modernização do setor agrícola. Já nos Estados Unidos, a produtividade da terra não cresceu como no Japão. O que se verificou na agricultura norte-americana foi um crescente aumento na produtividade do fator trabalho.

A explicação está no tipo de tecnologia adotada. O Japão sempre foi um país de mão-de-obra abundante e terra escassa, buscando uma tecnologia que poupasse esse fator. Por outro lado, não há tanta limitação de terra nos Estados Unidos, e sim do fator mão-de-obra, em função do elevado grau de urbanização. A escassez de mão-de-obra no campo foi responsável pelo direcionamento da geração de tecnologias mecânicas, permitindo a substituição de trabalho por terra e capital.

De acordo com ALVES (1996), a existência de características semelhantes entre o Brasil e Estados Unidos, como a extensão territorial e a condição urbano-industrial, fornece indicativos de uma possível semelhança em algumas atividades agrícolas nacionais, com as norte-americanas.

Além da disponibilidade relativa de fatores, há outros condicionantes da mudança tecnológica na agricultura. Tratando destes condicionantes, PAIVA (1976) descreveu que o processo de mudança através da incorporação de modernas técnicas de produção ocorre lentamente, explicando a existência de uma "dualidade tecnológica". Em uma mesma região, ou entre regiões,

encontram-se agricultores que empregam técnicas modernas de produção, lado a lado a produtores que produzem com baixo nível tecnológico.

A falta de condições ou de qualificações para a adoção de novas técnicas por parte destes produtores são resumidas por GALJART (1973) em três aspectos: a ignorância e o desinteresse, que são fatores de caráter subjetivo, e a impotência resultante de fatores objetivos. Esta impotência trata das limitações de recursos naturais ou econômicos do agricultor e expõe claramente o ponto de estrangulamento das pequenas propriedades rurais. Mesmo que os produtores conheçam, aceitem e desejem adotar as novas tecnologias, não têm mais meios materiais para fazê-lo.

Alguns fatores externos aos produtores, chamados de fatores objetivos que afetam a adoção de práticas agrícolas mais racionais, também são discutidos por MESQUITA (1998). Trata-se também da disponibilidade dos fatores de produção, onde este autor formulou hipóteses a respeito do tipo de influência que podem exercer sobre decisões do agricultor.

O estoque de capital, referente aos meios materiais que o produtor possui para desenvolver as atividades agrícolas, é composto por terras, benfeitorias, máquinas, equipamentos e animais de serviços, bem como as atividades ou fontes de renda capazes de gerar recursos utilizáveis no processo produtivo, como as culturas permanentes, matrizes e reprodutores, florestas e recursos de extrativismo. Partindo do princípio de que adoção de técnicas de produção modernas e mais produtivas implica em despesas com a aquisição de novos fatores de produção, geralmente mais caros do que os tradicionais, é razoável esperar que um agricultor com maior estoque de capital tenha mais facilidade para adotar novas tecnologias. Não dispondo dos recursos necessários para adquirir novos fatores, o agricultor não adota as inovações, salvo condições de acesso ao sistema de crédito. Porém, este último pressupõe a existência de garantias e de capacidade de pagamento, limitando o acesso dos pequenos produtores.

O tamanho da propriedade relaciona-se com a disponibilidade de capital e a dotação de recursos naturais da unidade de produção. A abundância do fator

terra nas grandes propriedades representa um maior estoque de capital, facilitando a obtenção do crédito que viabiliza a aquisição de fatores novos e mais produtivos. Os proprietários de grandes fazendas apresentam condições de assumir riscos com investimentos em inovações.

A disponibilidade de mão-de-obra, mais especificamente a sua quantidade e qualidade, determina a escolha do produtor entre uma tecnologia tradicional e uma moderna. Os pequenos agricultores dispõem de mão-de-obra familiar, utilizando, comparativamente, menos mão-de-obra contratada. Portanto, tendem a adotar técnicas que aumentem o emprego deste fator, sendo que em condições de menor disponibilidade de mão-de-obra familiar, a tendência é adotar técnicas que poupem este fator.

Portanto, a compreensão de identificar qual modelo melhor se aplica ao processo de desenvolvimento da agricultura brasileira e dos condicionantes da mudança tecnológica forneceu indícios que os agricultores que cultivam maior volume de terras puderam obter maior eficiência com a adoção de tecnologias mecânicas que reduziram o uso de mão-de-obra. Além disso, forneceu subsídio para a identificação dos principais distúrbios deste desenvolvimento, principalmente quanto aos impactos sobre o emprego agrícola, a pequena produção e a agricultura familiar.

2.2. Modelo analítico

Para desenvolver o presente estudo, utilizou-se de cinco métodos:

- Análise Fatorial;
- Análise de *Cluster*;
- Análise Envoltória de Dados;
- Índice de Malmquist; e
- Análise de Regressão.

Estes instrumentos analíticos foram utilizados em quatro procedimentos empíricos. No primeiro procedimento, utilizou-se a análise fatorial e análise de *cluster* para identificar grupos homogêneos de microrregiões em Minas Gerais,

de acordo com o tipo de atividade que é desenvolvida, o tipo de mão-de-obra empregada no processo produtivo e as características do clima e do relevo da microrregião.

O segundo procedimento, teve o objetivo de calcular as medidas de mudança na produtividade total dos fatores, na tecnologia e na eficiência técnica para as microrregiões homogêneas. Neste procedimento, foram obtidas estimativas de fronteira de produção para 1985 e 1995 por meio da análise envoltória de dados, e estimadas as medidas de mudança por meio da decomposição do índice de Malmquist.

No procedimento seguinte, os grupos de microrregiões foram caracterizados segundo indicadores de desempenho técnico e econômico, com o objetivo de destacar suas diferenças.

O quarto procedimento teve o objetivo de identificar como a utilização de fatores de produção condiciona a mudança tecnológica dos grupos de microrregiões. Foram utilizadas a análise fatorial para identificar a intensidade de uso dos fatores de produção, e a análise de regressão para identificar como a mudança tecnológica condicionou a intensidade de uso dos fatores de produção.

2.2.1 A análise fatorial e análise de *cluster* para a separação das microrregiões em grupos homogêneos

A análise fatorial permite descrever um conjunto de variáveis com um número menor de fatores. Isto é possível quando as variáveis apresentam correlação elevada entre si, de modo que grande parte da sua variância possa ser explicada por fatores comuns a todas elas e não pelos fatores específicos a cada uma.

De acordo com SOUZA e KHAN (2001), pode-se sistematizar o método de análise fatorial por meio de uma variável Z padronizada como mostra a equação (1):

$$Z_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{ik}F_k + d_i U_i \quad (1)$$

Onde:

$i = 1, 2, 3, \dots, N$.

A_i = Carga fatorial;

F_k = Fator comum;

N = Número de observações;

U_i = Fator único (d é a sua carga fatorial); e

K = Número de fatores que serão considerados (menor ou igual a N).

Este método é descrito por MANLY (1994). Inicialmente as variáveis são padronizadas⁷, de modo que tenham média zero e desvio padrão 1, evitando que ordens de grandeza diferentes prejudiquem a análise.

É construída a matriz de correlação entre as variáveis padronizadas e são calculados os autovalores da matriz de correlações para estimar quanto da variância da amostra pode ser atribuída a cada fator, definindo-se quantos fatores serão extraídos. Geralmente são escolhidos os fatores cujos autovalores são maiores que a unidade, pois autovalores menores que a unidade explicam menos que a variância de uma das variáveis originais.

As cargas fatoriais escolhidas se relacionam diretamente com os coeficientes de correlação entre os fatores e as variáveis originais. O somatório do quadrado das cargas fatoriais fornece uma estimativa da comunalidade, ou seja, quanto da variância de cada variável pode ser explicada pelos fatores comuns. Como mencionado, os autovalores dos fatores representam quanto da variância da amostra é explicada por cada fator.

É comum obter uma matriz de difícil interpretação, onde não é possível identificar quais variáveis são mais importantes para cada fator. Diante deste problema, processa-se a rotação da matriz de cargas fatoriais, associando de maneira mais nítida um número de variáveis a cada fator.

⁷ A padronização consiste em expressar as variáveis em termos de unidades de desvio padrão. A operacionalização consiste em subtrair a média e dividir pelo desvio padrão.

Entre os métodos de rotação de fatores, destaca-se o VARIMAX, pois permite que os fatores sejam ortogonais (não correlacionados) e aproxima as cargas fatoriais a valores próximos a zero ou um. Porém, outros métodos podem ser eventualmente utilizados para tornar mais nítida a associação entre os fatores e as variáveis originais.

Os escores fatoriais são os valores do produto da matriz de coeficientes de cada fator pela matriz transposta das variáveis padronizadas para cada unidade da amostra, sendo utilizados para classificar a unidade quanto a característica captada pelo fator.

De posse dos escores fatoriais, a análise de *cluster* permite classificar o conjunto de unidades ou observações em grupos homogêneos. De acordo com DURAN e ODELL (1974), citado por SOUZA (2000), este método permite determinar, a partir das características das unidades, subconjuntos onde cada unidade pertença a somente um subconjunto e que as unidades agrupadas em um mesmo subconjunto sejam similares e aquelas pertencentes a grupos distintos sejam diferentes.

Monta-se uma matriz de dados onde vai haver os valores dos escores fatoriais capazes de captar as características de interesse. Para verificar se a unidade A é mais parecida com B do que com C, são construídas estimativas de distância, podendo ser obtidas usando-se a distância euclidiana⁸.

A escolha do método para o agrupamento exige o conhecimento de suas propriedades e dos objetivos da pesquisa. De acordo com HAIR JR. (1995), citado por SOUZA (2000), o critério essencial é a maximização das diferenças entre os grupos em relação à variação dentro dos grupos.

Entre as técnicas utilizadas, as mais comuns são as hierárquicas aglomerativas, onde as unidades são classificadas com sucessivas fusões em grupos, reduzindo a um único grupo ao final. Monta-se a matriz de distância entre as unidades, e inicia-se as fusões com base nas proximidades. Diante das diferentes técnicas existentes, determinando diferentes medidas de distância e

⁸ A distância euclidiana entre duas unidades é a extração da raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre os diferentes escores fatoriais das unidades.

critérios de agrupamento, podem ser empregadas e comparadas diversas técnicas para a validação dos *clusters* obtidos.

As distâncias podem ser obtidas pelo quadrado das distâncias euclidianas, potencializando as diferenças, ou como foi realizado por HOFFMANN (1992), atribuindo-se ponderações aos escores fatores com base na contribuição destes para explicar a variância. Quanto aos métodos de agrupamento existentes, SOUZA (2000) utilizou os métodos de ligação simples, ligação completa, ligação média, e outros, com o intuito de optar pelo que melhor se ajustou aos seus objetivos. O que se sugere é a natureza exploratória dos métodos, onde se optará pelo que oferecer melhor diferenciação entre as unidades a serem analisadas.

A análise fatorial e análise de *cluster* foram utilizadas para obter grupos de microrregiões homogêneas, pois espera-se que haja similaridades nas transformações ocorridas nestas microrregiões. Com este procedimento, evita-se a comparação entre microrregiões onde a produção agrícola tem características diferentes, pois os resultados poderiam não ser significativos, ou não corresponder à realidade destas microrregiões. Foram utilizadas as seguintes variáveis para determinar os Fatores capazes de diferenciar as microrregiões:

X_1 = Valor da produção vegetal;

X_2 = Área com lavouras;

X_3 = Valor da produção animal;

X_4 = Área com pastagens;

X_5 = Mão-de-obra familiar;

X_6 = Mão-de-obra contratada;

X_7 = Altitude;

X_8 = Temperatura; e

X_9 = Pluviosidade.

As variáveis X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_6 são referentes ao ano de 1995, e são medidas em termos de porcentagem do total. Para o cálculo das variáveis X_1 e X_3 ,

foram consideradas a área com lavouras permanentes, lavouras temporárias, pastagens naturais e pastagens formadas. Para o cálculo da variável X_2 , foram consideradas a área com lavouras permanentes e lavouras temporárias e, para o cálculo da variável X_4 , foram consideradas a área com pastagens naturais e pastagens formadas. A variável X_6 é a soma da mão-de-obra contratada permanente e contratada temporária⁹.

As variáveis X_7 , X_8 , e X_9 são médias anuais calculadas para o período de 1960 a 1991, obtidas em estações climatológicas localizadas nas microrregiões. A pluviosidade anual média é medida em milímetros, a temperatura anual média é medida em graus centígrados e a altitude é medida em metros. Para as microrregiões onde há mais de uma estação climatológica, foi utilizada a média destas estações. Em 11 microrregiões¹⁰, não há estações climatológicas, sendo utilizada a média da mesorregião onde se localiza a microrregião.

De posse dos escores fatoriais para cada uma das microrregiões, com relação a cada fator, realiza-se a análise de *cluster*. É possível empregar e comparar diversas técnicas, determinando diferentes medidas de distância e critérios de agrupamento para a validação dos *clusters* obtidos. Devido a esta natureza exploratória dos métodos, é possível optar pelo que melhor atendeu ao objetivo de diferenciação entre as microrregiões.

Em resumo, a análise multivariada, composta pela análise fatorial e pela análise de cluster, permite obter grupos homogêneos de microrregiões, baseados em similaridades produtivas e edafoclimáticas.

2.2.2 As fronteiras de produção obtidas pela análise envoltória de dados e o índice de Malmquist

Com este procedimento, tem-se o objetivo de obter uma medida da mudança tecnológica que ocorreu nas microrregiões de cada grupo, sendo

⁹ A utilização de variáveis desagregadas gerou resultados incoerentes, associando área e clima em um mesmo fator.

¹⁰ São João Del Rei, Campo Belo, Formiga, Andrelândia, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí, São Sebastião do Paraíso, Varginha, Frutal e Muriaé.

dividido em duas etapas. Na primeira etapa, utiliza-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) para obter as fronteiras de produção das microrregiões de cada grupo, sendo uma fronteira para o ano de 1985 e outra para o ano de 1995.

A obtenção das fronteiras de produção é necessária para a realização da etapa seguinte, que consiste no cálculo do Índice de Malmquist. Este índice permite obter as medidas de mudança na produtividade total dos fatores, as quais podem ser decompostas em índice de mudança tecnológica e índice de mudança na eficiência técnica.

Como a produção agropecuária envolve uma relação entre vários fatores de produção e produtos, esta relação pode ser descrita por uma função de produção, demonstrando a produção máxima obtida pela combinação dos fatores sujeita a um padrão tecnológico, caracterizando a fronteira de produção.

A estimação da fronteira de máximo produto possível permite analisar a eficiência técnica da unidade produtora, sendo geralmente utilizados procedimentos estatísticos. São métodos paramétricos testáveis estatisticamente, porém pouco sensíveis a observações discrepantes, múltiplos insumos e múltiplos produtos (PEREIRA, 1995).

Pode-se utilizar métodos alternativos para estimar a fronteira de produção, baseados em programação matemática e técnicas de DEA (*Data Envelopment Analysis*), chamados de métodos não-paramétricos. São técnicas fundamentadas no trabalho de FARREL (1957), que considerou a medição da eficiência técnica e alocativa. Estas técnicas são aplicadas em unidades homogêneas, portanto as análises fatorial e de cluster podem gerar grupos de microrregiões homogêneas.

A unidade produtora é tecnicamente eficiente se não existir nenhum processo, ou combinação destes, que eleve a produção mantendo a mesma quantidade de insumos, ou diminua a quantidade de insumos mantendo constante a produção. Estabelece uma medida de eficiência relativa entre as DMU's¹¹ por

¹¹ Na literatura relacionada com modelos DEA, uma firma é tratada como DMU (*decision making unit*), uma vez que desses modelos provém uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão. Essa terminologia pode ser aplicada a outros tipos de unidades que estão sendo analisadas, como, por exemplo, setores da economia, países ou mesmo regiões, como é o caso deste trabalho.

meio de programação linear, comparando-a ao melhor nível de eficiência até então observado.

Como afirma PEREIRA (1995), este cálculo de eficiência técnica pode ser executado sob a ótica de redução de insumos ou aumento do produto, ou seja, manter a mesma produção reduzindo a quantidade de insumos ou aumentar o produto mantendo a mesma quantidade de insumos. No primeiro caso, há desperdício de insumos, e no segundo há mau uso destes.

De acordo com GOMES e DIAS (2002), existindo k insumos e m produtos para cada n DMU's, são construídas duas matrizes de dimensões $(k \times n)$ e $(m \times n)$. Na matriz X , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU. Já na matriz Y , cada linha representa um produto e cada coluna uma DMU. Para a matriz X , é necessário que os coeficientes sejam não-negativos e que cada linha e cada coluna contenha, pelo menos, um coeficiente positivo, isto é, cada DMU consome ao menos um insumo e uma DMU, pelo menos, consome o insumo que está em cada linha. O mesmo raciocínio se aplica para a matriz Y .

Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a i -ésima DMU tem-se a equação (2):

$$E_i = \frac{u_i y_i}{v_i x_i} = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (2)$$

Em que u é um vetor $(m \times 1)$ de pesos nos produtos e v é um vetor $(k \times 1)$ de pesos nos insumos. A medida de eficiência será uma escalar.

A pressuposição inicial é que esta medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMU's. As DMU's podem estabelecer valores para os insumos e produtos de modos diferentes, adotando diferentes pesos. Portanto, é necessário estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, em termos comparativos com as outras unidades. Para selecionar os pesos ótimos

para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Considerando-se a pressuposição de retornos constantes à escala, a eficiência da i -ésima DMU é dada pela equação (3).

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \theta, & (3) \\ \text{Sujeito a:} & \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

Em que θ é uma escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima DMU. Sendo igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, será menor que um. O parâmetro λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de λ serão zero; para uma DMU ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMU's eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Portanto, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente.

O problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis adicionando-se uma restrição de convexidade. A eficiência da i -ésima DMU, considerando-se retornos variáveis, é dada pela equação (4).

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \theta, & (4) \\ \text{Sujeito a:} & \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & N_1 \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

Em que N_1 é um vetor ($n \times 1$) de uns. Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Com isto, os valores obtidos para eficiência técnica são maiores do que aqueles obtidos com retornos constantes.

Para a obtenção das fronteiras de produção foram utilizados seis insumos e um produto, sendo especificados como se segue:

X_{10} = Área de culturas permanentes;

X_{11} = Área de culturas temporárias;

X_{12} = Área de pastagens naturais;

X_{13} = Área de pastagens plantadas;

X_{14} = Mão-de-obra empregada;

X_{15} = Número total de tratores; e

Y_1 = Valor total da produção agropecuária;

O número total de tratores, a área cultivada e o pessoal ocupado foram *proxies* do uso dos fatores de produção capital, terra e trabalho. Tal procedimento foi também utilizado por GOMES e DIAS (2002).

O produto foi representado pelo valor da produção agrícola total. Para o ano 1985, foram feitas atualizações da unidade monetária e a correção da inflação utilizando-se o índice de preços recebidos pelos agricultores, calculado pela Fundação Getúlio Vargas para o estado de Minas Gerais. Portanto, o valor da produção agropecuária das microrregiões em 1985 foi atualizado e corrigido para dezembro de 1995.

Cabe ressaltar que, além de ser razoável esperar que haja semelhanças nas transformações ocorridas em cada grupo de microrregiões obtidos por meio das análises fatorial e de *cluster*, a análise envoltória de dados e o Índice de Malmquist são métodos que só podem ser utilizados em grupos de unidades de produção homogêneas, o que também justifica a separação das microrregiões em grupos homogêneos.

Como serão utilizados dados de insumos e produtos para os anos de 1985 e 1995, será possível mensurar o índice de Malmquist. Para KRÜGER et al. (1998), a combinação deste índice com a DEA permite avaliar simultaneamente o desempenho de todas DMU's em relação a fronteira eficiente obtida pela programação linear. Nesta abordagem, não são necessários os preços dos insumos e produtos, evitando situações de distorção ou inexistência destes. Não é necessário estabelecer que a remuneração dos fatores seja de acordo com sua produtividade marginal, uma vez que determina os pesos no procedimento de otimização utilizando dados quantitativos de insumos e produtos.

Como afirmam GOMES e DIAS (2002), o índice de Malmquist pode ser decomposto em mudança na eficiência técnica e mudança tecnológica, ou seja, mudança na distância da DMU em relação à fronteira tecnológica (mudança de eficiência), e na fronteira tecnológica (progresso tecnológico).

O índice de mudança na produtividade de Malmquist com orientação produto¹², entre os períodos t e t+1, pode ser definido como:

$$M_0^{t,t+1}(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

A equação (5) representa a produtividade do ponto de produção (x_{t+1}, y_{t+1}) com relação ao ponto de produção (x_t, y_t) . Os d's representam as distâncias do ponto de produção em relação à fronteira de produção nos períodos t e t+1. Esse índice representa a média geométrica entre um índice que usa a tecnologia do período t e outro que usa a tecnologia do período t+1. Como pode ser encontrado em GOMES e DIAS (2002), a decomposição em mudança de eficiência e progresso tecnológico é a seguinte:

$$M_0^{t,t+1}(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \right] \times \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

O primeiro termo do lado direito da equação mede a mudança de eficiência e o segundo termo mede o progresso tecnológico. A Figura 1 ilustra essa definição, considerando-se um modelo com um insumo e um produto. Tem-se que T^t e T^{t+1} representam as tecnologias de produção em dois períodos. Considere uma DMU produzindo no ponto P no período t e no ponto Q no período t+1.

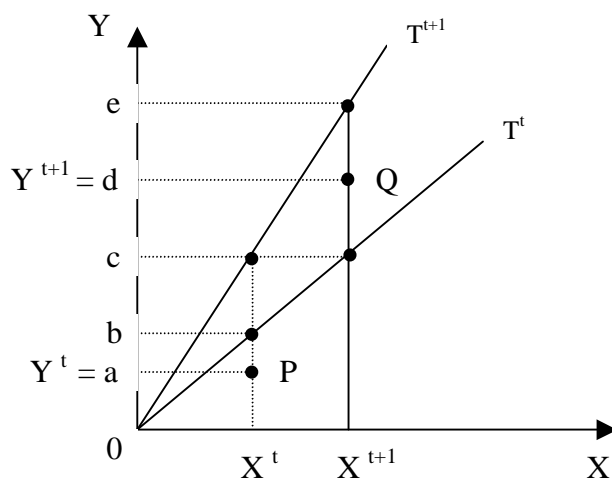


Figura 1: Índice de produtividade de Malmquist com orientação produto.

A mudança de eficiência para esta DMU é dada pela razão entre a eficiência técnica no período t+1 em relação ao período t.

$$\text{Mudança de eficiência} = \frac{0d / 0e}{0a / 0b} \quad (7)$$

A mudança tecnológica é a média geométrica entre o deslocamento da tecnologia avaliada em X^{t+1} e o deslocamento da tecnologia avaliada em X^t .

$$\text{Mudança tecnológica} \quad a = \left[\frac{0d / 0c}{0d / 0e} \times \frac{0a / 0b}{0a / 0c} \right]^{1/2} \quad (8)$$

¹² Para KRÜGER et al. (1998), a orientação produto é uma pressuposição mais razoável em ambiente macroeconômico, pois está mais próxima do objetivo da política de crescimento que visa um maior produto possível, dada uma dotação de recursos.

Segundo GOMES e DIAS (2001), para calcular os componentes do índice, é necessário resolver quatro problemas de programação linear do tipo:

$$\left[d_0^p(x_q, y_q) \right]^{-1} = \text{MAX}_{\phi, \lambda} \phi, \quad (9)$$

Sujeito a:

$$-\phi y_{i,q} + Y_p \lambda_i \geq 0,$$

$$x_{i,q} - X_p \lambda_i \geq 0,$$

$$\lambda_i \geq 0, \quad \lambda_n \geq 0,$$

em que $(p, q) \in \{(t, t), (t+1, t+1), (t, t+1), (t+1, t)\}$.

São quatro problemas que representam a tecnologia do período t aplicada aos insumos e produtos do período t , a tecnologia do período $t+1$ aplicada aos insumos e produtos do período $t+1$, a tecnologia do período t aplicada aos insumos e produtos do período $t+1$ e a tecnologia do período $t+1$ aplicada aos insumos e produtos do período t . Os valores obtidos para os ϕ 's indicam a quantidade máxima de aumento em todos os produtos do período q , com os insumos constantes requeridos para obter um ponto na função fronteira no período p .

Como afirmam MARINHO e BARRETO (2000), para identificar qual ou quais unidades de produção podem estar deslocando a fronteira de produção é necessário que se verifiquem as três condições abaixo:

$$\left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} > 1 \quad (10)$$

$$d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) = 1 \quad (11)$$

$$d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}) > 1 \quad (12)$$

De acordo com a primeira condição é necessário que haja mudança tecnológica, sendo descrita pela equação (6). A segunda condição indica que, se há deslocamento da fronteira de produção, a unidade de produção deve estar situada sobre ela. A terceira condição é que, se o produto da unidade de produção no período t+1 é superior ao máximo produto potencial que poderia ser obtido no período t, utilizando-se os fatores de produção do período t+1, houve progresso tecnológico e a unidade de produção pode estar deslocando a fronteira de produção.

Este método permite calcular os índices para cada unidade de produção. O cálculo das médias dos índices para grupos de unidades de produção merece maior detalhamento, pois foi utilizada a média geométrica, que consiste na n-ésima raiz do produto dos n índices que se deseja extrair a média. O cálculo desta média é demonstrado na equação (13):

$$MG_j = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times I_3 \times \dots \times I_n} \quad (13)$$

Em que:

MG_j = Média geométrica para a unidade j;

I = Índice que se deseja calcular a média; e

n = Número de índices que se deseja calcular a média.

Para estimar as fronteiras de produção eficiente e a variação tecnológica, os fatores serão indicados por x_{is} e os produtos por y_{is} , onde i representa o insumo/produto e s representa a DMU analisada.

2.2.3 Comparação dos grupos de microrregiões

Após obtidos os grupos de microrregiões e calculados os diferentes índices, no terceiro procedimento foram analisadas variáveis relevantes para

diferencia-los, tornando possível comparar e destacar suas principais características. Foram construídas as variáveis relacionadas a seguir:

X_{16} = Área cultivada por estabelecimento;

X_{17} = Relação terra/trabalho;

X_{18} = Relação trabalho/capital;

X_{19} = Mão-de-obra familiar;

X_{20} = Mão-de-obra contratada;

X_{21} = Variação de capital;

X_{22} = Variação de terra;

X_{23} = Variação de trabalho;

X_{24} = Variação da relação terra/trabalho;

X_{25} = Variação da relação capital/trabalho;

X_{26} = Valor da produção;

X_{27} = Valor da produção por hectare;

X_{28} = Valor da produção por pessoal ocupado;

X_{29} = Variação do valor da produção;

X_{30} = Variação do valor da produção por hectare; e

X_{31} = Variação do valor da produção por pessoal ocupado.

A relação entre capital e trabalho é estabelecida pela divisão do número de tratores pelo número de pessoas empregadas na agricultura e, de maneira análoga, a relação entre terra e trabalho é estabelecida pela divisão entre a área útil e o número de pessoas empregadas na agricultura.

As variáveis X_{16} , X_{17} , X_{18} , X_{26} , X_{27} e X_{28} são as médias das microrregiões de cada grupo para o ano de 1995. As variáveis X_{19} e X_{20} são os valores percentuais da mão-de-obra familiar e contratada, em relação à mão-de-obra total em 1995. As variáveis X_{21} , X_{22} , X_{23} , X_{24} , X_{25} , X_{29} , X_{30} e X_{31} são referentes à variação percentual entre os anos de 1985 e 1995.

2.2.4 Análise fatorial e análise de regressão para explicar a mudança tecnológica

Com o objetivo de explicar qual a relação entre o uso de fatores de produção e a mudança tecnológica que ocorreu em cada grupo de microrregiões, o procedimento consistiu de duas etapas.

Na primeira etapa foi reduzido o número de variáveis referentes ao uso de insumos utilizando-se novamente a análise fatorial. Desta forma, foi possível representar o uso de fatores de produção em um número reduzido de Fatores¹³, o que significa que foi realizada uma segunda Análise Fatorial. Para a obtenção dos escores fatoriais desta segunda Análise Fatorial, foram usadas as seguintes variáveis:

X_{32} = Estabelecimentos que possuem energia elétrica;

X_{33} = Estabelecimentos que utilizam práticas de conservação do solo;

X_{34} = Estabelecimentos que utilizam assistência técnica;

X_{35} = Relação capital/trabalho;

X_{36} = Relação terra/trabalho;

X_{37} = Área cultivada média;

Todas as variáveis deste procedimento são as médias entre os anos de 1985 e 1995. As variáveis X_{32} , X_{33} e X_{34} representam a média dos percentuais de estabelecimentos, em relação ao total de estabelecimentos em cada ano.

Foram feitos os cálculos considerando-se o percentual de estabelecimentos que utilizam irrigação e o percentual de estabelecimentos que fazem uso de defensivos e controle de pragas. Estas variáveis não apresentaram associação com os Fatores, ou seja, possuíam cargas fatoriais próximas de zero. Nestas variáveis o problema pode ser a grande evolução do uso destes insumos.

¹³ A análise fatorial consiste em reduzir o número de variáveis, onde se obtém os chamados Fatores que representam estas variáveis iniciais. Portanto, não se trata dos fatores de produção terra, capital ou trabalho, presentes em uma função de produção clássica. Com o objetivo de tornar clara a leitura, o resultado da análise fatorial será chamado de “Fator” e o capital, terra e trabalho empregados no processo produtivo serão chamados de “fatores de produção”.

Em 1985 existiam microrregiões onde praticamente não havia o uso, o que pode ter contribuído para a construção de uma variável média que apresentou algum tipo de viés.

Não foi possível utilizar o percentual de estabelecimentos que utilizam adubos e corretivos pois, no Censo Agropecuário de 1985, esta variável é desmembrada em duas. Uma refere-se aos estabelecimentos que utilizam adubos, e outra referente ao número de estabelecimentos que utilizam corretivos. No Censo Agropecuário de 1995 há somente uma variável, determinando o número de estabelecimentos que utilizam adubos e corretivos, e a soma das duas variáveis de 1985 resultaria em dupla contagem.

Pretendeu-se usar o grau de escolaridade da população rural das microrregiões de Minas Gerais como variável explicativa. Porém não foi possível pois esta variável não está disponível no Anuário Estatístico, sendo disponibilizada para municípios ou agregada para todo o estado.

Obtidos os escores fatoriais, na segunda etapa foi utilizada a Análise de Regressão pelo método de Mínimo Quadrados Ordinários, com o objetivo de estabelecer a relação entre os uso de fatores de produção, representados pelos Fatores obtidos pela análise fatorial, e o Índice de Mudança tecnológica, obtido pela decomposição do Índice de Malmquist.

A análise de regressão permite determinar a relação entre duas ou mais variáveis. Como afirma GUJARATI (2000), este método ocupa-se do estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas, com o objetivo de estimar o valor médio da variável dependente dado o valor assumido pela variável explicativa. Esta relação pode ser expressa na forma da equação (14):

$$Y_i = \alpha + \beta_j X_{ij} + \mu_i \quad (14)$$

Onde:

- Y_i é a variável dependente;
- X_{ij} representa as variáveis explicativas, onde n varia de 1 a j ;
- α e β_j são os parâmetros a serem estimados; e
- μ_i representa o erro aleatório.

As características do modelo teórico a ser ajustado e o estudo das violações dos pressupostos do método de mínimos quadrados ordinários e das estatísticas do ajustamento podem tornar necessário a escolha de formas funcionais que estejam mais de acordo com o modelo proposto e que atinjam os melhores resultados. Neste estudo, assume-se que não há um modelo teórico que estabeleça inicialmente a forma funcional a ser utilizada. Portanto, foi possível testar formas funcionais alternativas, optando-se pela que apresentou melhores resultados.

Para verificar se há diferença entre os grupos, ou seja, se a intensidade de uso de determinados fatores de produção tem influência distinta sobre a mudança tecnológica de cada um deles, foi utilizada a variável *dummy*. Esta variável teve o valor 1 (um) para o grupo que se desejou captar a influência diferenciada, e 0 (zero) para os demais. A equação estimada ficou assim constituída:

$$\Delta T_s = \alpha + \beta_j X_{js} + \beta_1 D_{gs} X_{js} + \mu_s \quad (15)$$

em que:

- ΔT_s representa a taxa de mudança tecnológica da microrregião s ;
- α e β_j são os parâmetros a serem estimados;
- X_{js} é o escore fatorial que representa o uso do fator de produção j na microrregião s ; e
- D_g é a variável *dummy* que representa o grupo g .

A comparação entre os parâmetros β_i forneceu estimativas da relação entre a intensidade relativa do uso dos fatores de produção e a mudança tecnológica, ou seja, o uso relativo mais ou menos intenso de determinado fator de produção e a taxa de mudança tecnológica das microrregiões.

2.3 Dados

Foram utilizados os dados do Censo Agropecuário de Minas Gerais para os anos de 1985 e 1995/96, sendo consideradas as 66 microrregiões deste estado em 1996. Foram necessárias adaptações dos dados referentes ao ano de 1985 pois, neste ano, existiam 46 microrregiões. Portanto, foram criadas novas microrregiões por meio do desmembramento e/ou redução do número de municípios de outras, sendo feitas estas mudanças para adequar os dados de 1985 ao número de microrregiões de 1995.

Além da necessidade de adequar os dados de 1985 ao número de microrregiões de 1995, entre estes dois anos foram criados 34 novos municípios. Neste caso, optou-se por não se realizar nenhum tratamento especial dos dados, pois considerou-se a hipótese de que os novos municípios foram criados por meio do desmembramento de municípios que existiam em 1985, acompanhando-os quanto a microrregião que pertencem ou que passaram a pertencer em 1995.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos resultados está dividida em cinco partes. Na primeira parte as microrregiões foram agrupadas para atender a necessidade de homogeneidade das unidades produtoras para se calcular os diferentes índices propostos.

Na parte seguinte são calculados os índices de produtividade total dos fatores para os grupos de microrregiões homogêneas identificadas na primeira parte. Estes índices de produtividade total dos fatores foram decompostos em índice de mudança tecnológica e índice de mudança na eficiência técnica, sendo interpretados.

Na terceira parte são analisadas variáveis capazes de destacar as principais diferenças entre os grupos. Com este procedimento foi possível fazer uma caracterização destes grupos quanto ao uso de fatores de produção, volume de produção e produtividades parciais.

Na quarta parte foram geradas variáveis capazes de representar o uso dos fatores de produção terra, capital e trabalho nos grupos de microrregiões. Nesta parte foi analisado como estas variáveis representativas do uso de fatores de produção estão associadas à mudança tecnológica, permitindo identificar a relação entre a mudança tecnológica e o uso de fatores de produção na agricultura das microrregiões de Minas Gerais.

3.1 Obtenção de Microrregiões homogêneas

As 66 microrregiões foram separadas em grupos de acordo com suas semelhanças. Para realizar esta separação, foram utilizados os dados de 1995 e aplicadas a análise fatorial e análise de *cluster*.

Quanto à análise fatorial para agrupar as microrregiões, os autovalores e o percentual da variância explicada pelos fatores estão apresentados na Tabela 8. Os três fatores obtidos são capazes de diferenciar as microrregiões pois, em conjunto, explicam 88,75% da variância total dos dados e, individualmente, explicam 48,58%, 27,87% e 12,30%, respectivamente.

Tabela 8: Autovalores e variância explicada pelos fatores

Fator	Autovalor	% da variância	% acumulado
1	4,37	48,58	48,58
2	2,51	27,87	76,46
3	1,11	12,30	88,75

Fonte: Dados da Pesquisa.

As cargas fatoriais obtidas pelo método de componentes principais e após a rotação pelo método varimax, e as comunalidades das variáveis utilizadas na análise fatorial estão apresentadas na Tabela 9. A comunalidade mede a contribuição dos fatores para explicar a variância total da variável, sendo igual à soma dos quadrados das cargas fatoriais. Pode-se considerar que os fatores são capazes de explicar grande parte da variância de cada série de dados, pois todas as comunalidades são superiores a 0,8.

De maneira geral, as variáveis utilizadas na análise fatorial foram eficientes para diferenciar as microrregiões, pois apresentaram elevadas comunalidades e altos percentuais de variância explicada pelos fatores individualmente e em conjunto.

Tabela 9: Cargas fatoriais obtidas após a rotação pelo método Varimax e comunalidade das variáveis utilizadas na análise fatorial

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidade
Valor da Produção Vegetal	0,87	0,29	0,19	0,88
Área com lavouras	0,86	-0,26	0,29	0,89
Valor da Produção Animal	-0,87	-0,29	-0,19	0,88
Área com pastagens	-0,86	0,26	-0,29	0,89
Mão-de-obra familiar	0,01	0,96	0,00	0,92
Mão-de-obra contratada	-0,07	-0,94	0,16	0,91
Altitude	0,24	0,04	0,91	0,89
Temperatura	-0,32	0,07	-0,89	0,90
Pluviosidade	0,20	-0,51	0,73	0,83

Fonte: Dados da Pesquisa.

Foi possível identificar três fatores bem definidos que possuem cargas fatoriais superiores a 0,8. O primeiro fator representa o tipo de atividade produtiva que é desenvolvida na microrregião. Está positivamente correlacionado com o percentual do valor da produção vegetal e com o percentual da área utilizada em lavouras, e negativamente correlacionado com o percentual do valor da produção animal e o percentual da área utilizada em pastagens. Desta forma, as microrregiões mais dedicadas à produção vegetal possuem maiores escores fatoriais para este fator, e as microrregiões mais dedicadas à produção animal possuem menores escores fatoriais.

No segundo fator predomina o tipo de mão-de-obra empregada no processo produtivo. Está positivamente correlacionado com o valor percentual de mão-de-obra familiar e negativamente correlacionado com o valor percentual de mão-de-obra contratada que é utilizada pela microrregião. As microrregiões de maior participação da mão-de-obra familiar possuem maior escore fatorial para este fator, sendo menor caso haja maior participação da mão-de-obra contratada.

O terceiro fator representa as características do clima e relevo da microrregião, pois está positivamente correlacionado com a altitude e

pluviosidade anual média, e negativamente correlacionado com a temperatura anual média. Nas microrregiões mais altas em relação ao mar, onde há maior pluviosidade e menor temperatura média, são observados os maiores escores fatoriais. É relevante considerar as características de clima e relevo, pois delas depende o tipo de atividade que é desenvolvida na região.

De posse dos escores fatoriais para cada uma das microrregiões, com relação a cada fator, realizou-se a análise de *cluster*. As distâncias foram obtidas pelo quadrado das distâncias euclidianas, pois desta maneira foram potencializadas as diferenças entre as microrregiões. Dentre os métodos de agrupamento existentes, utilizou-se o método de ligação simples. Este método de agrupamento permitiu a agregação de 37 microrregiões no primeiro grupo, 21 microrregiões no segundo grupo, 3 microrregiões no terceiro grupo e 5 microrregiões no quarto grupo. As microrregiões pertencentes a cada grupo estão na Tabela 10.

Tabela 10: Microrregiões pertencentes a cada grupo

Grupos	Microrregiões
Primeiro	Barbacena, Lavras, São João Del Rei, Bom Despacho, Curvelo, Três Marias, Belo Horizonte, Conceição do Mato Dentro, Conselheiro Lafaiete, Itabira, Itaguara, Ouro Preto, Pará de Minas, Sete Lagoas, Paracatu, Campo Belo, Divinópolis, Formiga, Oliveira, Piuí, Andrelândia, Itajubá, Passos, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí, São Lourenço, Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberlândia, Guanhães, Peçanha, Juiz de Fora e Viçosa.
Segundo	Almenara, Araçuaí, Pedra Azul, Unaí, Bocaiúva, Janaúba, Janaúria, Montes Claros, Pirapora, Salinas, Nanuque, Teófilo Otoni, Aimorés, Caratinga, Governador Valadares, Ipatinga, Mantena, Cataguases, Muriaé, Ponte Nova e Ubá.
Terceiro	Capelinha, Diamantina e Grão Mogol.
Quarto	Alfenas, Varginha, Uberaba, Manhuaçu e São Sebastião do Paraíso.

Fonte: Dados da pesquisa.

Fazem parte do primeiro grupo todas as microrregiões pertencentes às Mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste de Minas, Central Mineira e Campo das Vertentes, compreendendo 19 microrregiões. Dentre as 7 microrregiões do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba e das 10 microrregiões do Sul / Sudoeste de Minas, foram destacadas 6 e 7, representando 86% e 70% destas mesorregiões, respectivamente. Pode-se dizer que este grupo é composto principalmente por estas mesorregiões, pois elas contribuem com a maioria de suas microrregiões e são responsáveis por 32 das 37 microrregiões do grupo, ou seja, 86,5% do total. Dentre as 7 microrregiões do Vale do Rio Doce e das 7 microrregiões da Zona da Mata, foram destacadas 2 em ambas, o que representa apenas 29% destas mesorregiões. Portanto, são menos importantes para compor o primeiro grupo.

Fazem parte do segundo grupo as duas microrregiões do Vale do Mucuri, e a maioria das microrregiões pertencentes ao Norte de Minas, Vale do Rio Doce, Jequitinhonha e Zona da Mata. Pode-se dizer que este grupo é composto principalmente por estas mesorregiões, pois cedem a maioria das suas microrregiões, totalizando 20, o que representa 95,24% do grupo.

O terceiro grupo é formado por duas microrregiões do Jequitinhonha e uma microrregião do Norte de Minas. O quarto grupo é formado por três microrregiões do Sul / Sudoeste de Minas, uma microrregião do Triângulo Mineiro / Alto paranaíba e uma microrregião da Zona da Mata. Há indícios de que o terceiro grupo possui características similares ao segundo grupo, pois é formado por parte das mesorregiões que constituem este último, exceto uma microrregião da Zona da Mata. O raciocínio é semelhante para o quarto grupo, pois este é formado por parte das mesorregiões que constituem o primeiro grupo.

Por serem compostos por apenas três e cinco microrregiões respectivamente, não foram calculados os índices para mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores do terceiro e quarto grupos. Para ser possível realizar este cálculo, é necessário que o número de unidades produtoras seja no mínimo igual a duas vezes o número de insumos e produtos. Estes grupos foram retirados das análises subsequentes.

3.2 Obtenção das fronteiras de produção e cálculo dos índices de mudança na produtividade total dos fatores, mudança na eficiência técnica e mudança tecnológica

Após agrupar as microrregiões, foram calculadas as fronteiras de produção para os anos de 1985 e 1995. Para isto utilizou-se a análise envoltória de dados admitindo-se retornos constantes de escala. Obtidas as fronteiras, foi calculado o índice de produtividade total dos fatores, sendo decomposto em índice de mudança de eficiência técnica e índice de mudança tecnológica.

As microrregiões pertencentes ao primeiro grupo e os valores calculados para as distâncias que compõem o índice de Malmquist, obtidos por meio da equação (9), estão descritas na Tabela 11. As microrregiões pertencentes ao primeiro grupo e os índices calculados para a mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores estão descritos na Tabela 12. Estas microrregiões foram ordenadas segundo a medida do índice de mudança na produtividade total dos fatores.

Para exemplificar a interpretação dos resultados obtidos, foram analisados os índices da microrregião de Uberlândia, onde se verificou maior ganho de produtividade total dos fatores. Este índice pode ser decomposto em índice de mudança na eficiência técnica e índice de mudança tecnológica.

Portanto, o índice de mudança na produtividade total dos fatores é obtido pela multiplicação dos índices de mudança na eficiência técnica e mudança tecnológica. Como é demonstrado na equação (16), estas relações foram verificadas na microrregião de Uberlândia:

$$\Delta\text{PTF} = (\Delta\text{Ef.Técnica}) \times (\Delta\text{Tecnológica}) = 1,127 \times 2,894 = 3,262 \quad (16)$$

Nota-se que os ganhos de produtividade total dos fatores em Uberlândia foram devidos tanto ao ganho tecnológico quanto a melhoras na eficiência técnica. Entretanto, a mudança tecnológica teve maior participação.

Tabela 11: Distâncias calculadas por programação linear, para as microrregiões do primeiro grupo, no período de 1985 a 1995

Microrregião	$d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})$	$d_0^t(x_t, y_t)$	$d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})$	$d_0^{t+1}(x_t, y_t)$
Barbacena	1,577	0,653	0,622	0,699
Lavras	0,901	0,785	0,894	0,799
São João Del Rei	1,647	0,603	0,735	1,215
Bom Despacho	3,115	0,782	0,649	0,480
Curvelo	3,300	0,399	0,356	0,894
Três Marias	2,070	0,879	0,653	0,505
Belo Horizonte	0,962	1,000	0,919	0,461
Conceição do Mato Dentro	1,304	0,688	0,666	1,362
Conselheiro Lafaiete	1,151	0,871	0,447	1,188
Itabira	0,905	0,955	0,578	0,938
Itaguara	0,895	1,000	0,745	1,147
Ouro Preto	1,152	0,829	0,686	1,188
Pará de Minas	1,074	1,000	1,000	0,249
Sete Lagoas	2,551	0,446	0,455	0,742
Paracatu	4,292	0,722	0,651	0,492
Campo Belo	1,585	0,844	0,397	1,092
Divinópolis	1,435	0,777	0,784	0,482
Formiga	2,865	0,462	0,417	0,862
Oliveira	1,235	0,792	0,568	1,059
Piuí	3,106	0,704	0,372	0,940
Andrelândia	2,488	0,457	0,479	0,923
Itajubá	1,105	0,809	0,509	1,271
Passos	1,475	0,999	0,514	0,686
Poços de Caldas	0,707	1,000	0,902	0,815
Pouso Alegre	1,949	0,541	0,809	0,582
Santa Rita do Sapucaí	0,712	1,000	0,867	0,974
São Lourenço	0,856	1,000	0,829	0,864
Araxá	2,874	0,999	0,809	0,433
Frutal	1,550	1,000	0,661	0,520
Ituiutaba	0,698	1,000	0,723	0,466
Patos de Minas	2,058	0,646	0,580	0,617
Patrocínio	2,604	0,936	0,957	0,397
Uberlândia	4,132	0,709	0,799	0,438
Guanhães	0,907	1,000	0,558	1,642
Peçanha	0,701	1,000	0,873	1,100
Juiz de Fora	1,227	0,790	0,615	1,159
Viçosa	0,357	1,000	1,000	1,067

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 12: Índices calculados para mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores, para o primeiro grupo de Microrregiões, no período de 1985 a 1995

Microrregião	Índice de mudança na eficiência técnica	Índice de mudança tecnológica	Índice de mudança na PTF
Uberlândia	1,127	2,894	3,262
Paracatu	0,901	3,112	2,805
Patrocínio	1,023	2,532	2,591
Araxá	0,810	2,863	2,319
Bom Despacho	0,829	2,796	2,318
Pouso Alegre	1,497	1,497	2,240
Pará de Minas	1,000	2,077	2,077
Sete Lagoas	1,021	1,835	1,873
Curvelo	0,892	2,036	1,815
Três Marias	0,743	2,348	1,744
Patos de Minas	0,899	1,927	1,733
Divinópolis	1,010	1,717	1,733
Formiga	0,901	1,920	1,730
Andrelândia	1,050	1,603	1,683
Barbacena	0,952	1,539	1,466
Frutal	0,661	2,124	1,404
Belo Horizonte	0,919	1,507	1,385
Piui	0,529	2,500	1,323
São João Del Rei	1,218	1,055	1,285
Lavras	1,138	0,995	1,133
Passos	0,514	2,044	1,051
Ituiutaba	0,723	1,439	1,040
Conceição do Mato Dentro	0,969	0,994	0,963
Oliveira	0,717	1,275	0,914
Juiz de Fora	0,778	1,167	0,908
São Lourenço	0,829	1,094	0,906
Ouro Preto	0,827	1,083	0,896
Poços De Caldas	0,902	0,981	0,884
Campo Belo	0,470	1,758	0,826
Santa Rita Do Sapucaí	0,867	0,919	0,797
Itabira	0,605	1,262	0,764
Itaguara	0,745	1,023	0,763
Peçanha	0,873	0,854	0,746
Itajubá	0,628	1,176	0,739
Conselheiro Lafaiete	0,514	1,374	0,706
Viçosa	1,000	0,579	0,579
Guanhães	0,558	0,995	0,555
Média	0,828	1,521	1,259

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para que uma microrregião seja responsável pelo deslocamento da função de produção, é necessário que se satisfaçam as condições expressas nas equações (10), (11) e (12).

Para satisfazer as condições expressas nas equações (11) e (12), é necessário que a distância localizada na quarta coluna da Tabela 10 seja igual à unidade e à distância expressa na segunda coluna desta Tabela seja maior que a unidade.

Isto significa que, se há deslocamento da fronteira de produção, a unidade de produção deve estar situada sobre ela, e que o produto da unidade de produção no período $t+1$ deve ser superior ao máximo produto potencial que poderia ser obtido no período t , utilizando-se os fatores de produção do período $t+1$. Para satisfazer a condição expressa na equação (11), é necessário que haja mudança tecnológica, ou seja, que o índice expresso na terceira coluna da Tabela 11 seja maior que a unidade. No primeiro grupo, somente Pará de Minas satisfaz a estas condições, sendo a microrregião responsável pelo deslocamento da fronteira de produção.

As microrregiões pertencentes ao segundo grupo e os valores calculados para as distâncias que compõem o índice de Malmquist estão descritas na Tabela 13. As microrregiões deste grupo e seus respectivos índices de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores estão descritos na Tabela 14. Estas microrregiões foram ordenadas segundo a medida do índice de mudança na produtividade total dos fatores.

Para exemplificar a interpretação dos resultados obtidos, foram analisados os índices da microrregião de Unaí, onde se verificou o maior mudança na produtividade total dos fatores. Este índice pode ser decomposto em índice de mudança na eficiência técnica e índice de mudança tecnológica. Nota-se que os ganhos de produtividade total dos fatores em Unaí foram devidos tanto ao ganho tecnológico quanto a melhoras na eficiência técnica. Entretanto, a mudança na eficiência técnica teve maior participação.

Tabela 13: Distâncias calculadas por programação linear, para as microrregiões do segundo grupo, no período de 1985 a 1995

Microrregião	$d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})$	$d_0^t(x_t, y_t)$	$d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})$	$d_0^{t+1}(x_t, y_t)$
Almenara	0,774	0,480	0,862	1,658
Araçuaí	1,992	0,258	0,563	3,717
Pedra Azul	1,730	0,182	0,674	3,067
Unaí	1,650	0,641	1,000	0,501
Bocaiúva	1,634	0,356	0,825	1,686
Janaúba	1,008	1,000	0,691	2,347
Januária	1,227	0,851	0,672	1,255
Montes Claros	1,585	0,461	1,000	1,012
Pirapora	1,996	0,521	0,675	1,656
Salinas	2,119	0,157	0,706	4,016
Nanuque	0,620	0,990	1,000	0,783
Teófilo Otóni	1,832	0,295	0,645	2,347
Aimorés	0,655	0,686	0,748	1,905
Caratinga	1,531	0,355	1,000	1,757
Governador Valadares	1,119	0,292	0,895	1,742
Ipatinga	0,289	1,000	1,000	1,553
Mantena	1,024	0,516	1,000	0,891
Cataguases	0,989	0,513	1,000	1,475
Muriae	0,474	1,000	1,000	0,985
Ponte Nova	1,149	0,471	1,000	1,285
Ubá	0,321	1,000	1,000	1,550

Fonte: Dados da Pesquisa.

Quanto aos deslocadores da fronteira tecnológica, o raciocínio é o mesmo para o segundo grupo. Portanto, para satisfazer as condições expressas nas equações (11) e (12), é necessário que: a) caso haja deslocamento da fronteira de produção, a unidade de produção esteja situada sobre ela; b) o produto da microrregião no período $t+1$ seja superior ao máximo produto potencial que poderia ser obtido no período t , utilizando-se os fatores de produção do período $t+1$; e c) ocorra mudança tecnológica. Somente Unaí satisfaz a todas as condições, sendo responsável pelo deslocamento da função de produção neste grupo.

Tabela 14: Índices calculados para mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores, para o segundo grupo de Microrregiões, no período de 1985 a 1995

Microrregião	Índice de mudança na eficiência técnica	Índice de mudança tecnológica	Índice de mudança na PTF
Unaí	1,559	1,455	2,264
Montes Claros	2,168	0,850	1,843
Caratinga	2,814	0,557	1,567
Salinas	4,503	0,342	1,542
Bocaiúva	2,319	0,646	1,499
Mantena	1,937	0,770	1,492
Pedra Azul	3,708	0,390	1,447
Governador Valadares	3,062	0,458	1,403
Ponte Nova	2,124	0,649	1,378
Teófilo Otoni	2,184	0,597	1,304
Pirapora	1,296	0,964	1,250
Cataguases	1,950	0,586	1,143
Araçuaí	2,186	0,495	1,082
Almenara	1,795	0,510	0,915
Nanuque	1,010	0,886	0,894
Januária	0,790	1,113	0,879
Muriaé	1,000	0,694	0,694
Aimorés	1,090	0,562	0,612
Janaúba	0,691	0,788	0,544
Ubá	1,000	0,455	0,455
Ipatinga	1,000	0,431	0,431
Média	1,689	0,634	1,070

Fonte: Dados da Pesquisa.

Note que somente uma microrregião determina o deslocamento da fronteira de produção em cada grupo. Pará de Minas no primeiro grupo e Unaí no segundo grupo satisfazem todas as condições necessárias para que sejam responsáveis pelo deslocamento da fronteira de produção.

As taxas percentuais de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores entre 1985 e 1995, nas microrregiões pertencentes ao primeiro e segundo grupos, estão na Tabela 15. Obtêm-se estas taxas a partir dos índices calculados, sendo subtraídos de 1 (um) e multiplicados por 100 (cem).

Tabela 15: Taxas percentuais de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança na produtividade total dos fatores dos grupos de microrregiões no período de 1985 e 1995

Grupos	Taxa de mudança na eficiência técnica	Taxa de mudança tecnológica	Taxa de mudança na produtividade total dos fatores
Primeiro	-17,2	52,1	25,9
Segundo	68,9	-36,6	7,0

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em ambos os grupos, há aumento da produtividade total dos fatores, porém o ganho é significativamente maior no primeiro grupo. Considerando que este é um indicativo de desenvolvimento, os resultados indicam que este grupo desenvolveu-se mais que o segundo grupo durante o período analisado.

Outro diferencial dos grupos é que a taxa de mudança tecnológica do primeiro grupo é o principal determinante do aumento da produtividade total dos fatores, e no segundo grupo a taxa de mudança na eficiência técnica é o principal determinante.

Como trata-se de índices que refletem medidas relativas, quando há grandes deslocamentos na fronteira de produção, nas microrregiões que não conseguem acompanhar esta mudança na mesma intensidade há a tendência de diminuição de sua eficiência técnica. Isto ocorre porque, mesmo que consigam melhorar sua eficiência técnica considerando-se sua própria fronteira de produção, não o conseguem em relação à fronteira de produção que serve de referência para o grupo. Como mencionado anteriormente, somente Pará de Minas e Unaí estão sendo responsáveis pelo deslocando da fronteira de produção em seus grupos.

Portanto, como a mudança tecnológica foi mais intensa no primeiro grupo, na média houve um retrocesso na eficiência técnica deste grupo, ou seja, várias microrregiões não conseguiram acompanhar o ritmo da mudança tecnológica. Isto significa que, apesar de existir ganho tecnológico em algumas microrregiões, como estes ganhos foram menores que o deslocamento da

fronteira, as microrregiões se distanciaram mais desta fronteira, cujo reflexo foi a piora da sua eficiência técnica. O oposto é verificado no segundo grupo, onde houve um deslocamento relativamente menor da fronteira de produção, o que contribuiu para se atingir maiores índices de mudança na eficiência técnica.

A comparação destes diferentes índices também pode indicar que o maior desenvolvimento da produção agrícola de uma determinada microrregião está associado principalmente com a melhora da tecnologia utilizada nesta microrregião. Neste caso, mesmo que não se melhore significativamente a forma de combinar os fatores de produção, o resultado final é o aumento da produtividade total destes fatores.

Resumindo, a maior importância do desenvolvimento tecnológico no grupo de microrregiões onde houve maior crescimento da produtividade total dos fatores, aqui tratado como indicativo de desenvolvimento, reforça a importância de buscar entender como são empregados os fatores de produção em regiões de maior e menor mudança tecnológica. Em outras palavras, identificar a intensidade de uso de cada fator de produção e como esta intensidade condiciona a mudança tecnológica nas regiões mais e menos desenvolvidas.

3.3 Caracterização dos grupos de microrregiões

Foram destacadas e analisadas algumas variáveis com o objetivo de caracterizar as principais diferenças entre os grupos de microrregiões. As variáveis mão-de-obra empregada, números de tratores e área cultivada serão consideradas como estimativas do uso dos fatores de produção terra, capital e trabalho. A Tabela 16 fornece a área cultivada média dos estabelecimentos, área cultivada por trabalhador, número de trabalhadores por trator e os valores percentuais de mão-de-obra familiar e contratada em relação a mão-de-obra total dos grupos.

Comparando-se os grupos de microrregiões, destaca-se a maior área cultivada por trabalhador, maior número de trabalhadores por trator e maior percentual de participação da mão-de-obra familiar no segundo grupo, o que

pode indicar o maior desenvolvimento relativo do primeiro grupo. Neste caso, o desenvolvimento está associado à maior relação terra/trabalho, maior relação capital/trabalho e maior participação da mão-de-obra contratada.

Tabela 16: Área cultivada média dos estabelecimentos, área cultivada por trabalhador, número de trabalhadores por trator e percentuais de mão-de-obra familiar e contratada nos grupos de microrregiões, em 1995

Grupo	Área cultivada (ha)	Relação terra/trabalho	Relação trabalho/capital	Trabalho familiar	Trabalho contratado
Primeiro	67,1	16,2	40,2	57,7	37,7
Segundo	72,8	15,0	121,1	64,7	26,4
Total	67,3	15,2	72,1	60,4	33,5

Fonte: Dados da Pesquisa.

Esta idéia de desenvolvimento significa que no primeiro grupo a produtividade da mão-de-obra tende a ser maior, pois há maior disponibilidade relativa de tratores, possibilitando que cada trabalhador possa cultivar maior porção da área útil. A maior participação da mão-de-obra contratada significa tratar-se de agricultura comercial, pois a mão-de-obra familiar pode ser associada à produção de subsistência. A área cultivada média é a única exceção, pois é cerca de cinco hectares maior no segundo grupo, podendo indicar que as regiões mais desenvolvidas de Minas Gerais sejam caracterizadas por propriedades relativamente menores.

Não só a relação entre os fatores de produção, como o percentual de variação destes fatores no período analisado pode caracterizar os grupos. Com este objetivo, a Tabela 17 destaca a variação percentual do número de tratores, área cultivada, pessoal ocupado, valor da produção e valor da produção por hectare cultivado nos grupos de microrregiões entre 1985 e 1995. Estes dados refletem a variação do uso de capital, terra e trabalho, bem como a variação das relações entre terra e trabalho, e entre capital e trabalho.

Tabela 17: Variação percentual do número de tratores, da área cultivada, do pessoal ocupado, da relação entre a área cultivada e o pessoal ocupado, e da relação entre o número de tratores e o pessoal ocupado nos grupos de microrregiões entre 1985 e 1995

Grupo	Tratores	Área cultivada	Pessoal ocupado	Relação Terra/trabalho	Relação capital/trabalho
Primeiro	75,8	-12,1	-21,5	13,8	129,7
Segundo	31,0	-15,3	-26,2	16,4	80,7
Total	56,3	-14,2	-23,0	14,8	111,7

Fonte: Dados da Pesquisa.

A variação do número de tratores e a variação do número de tratores em relação a mão-de-obra empregada fornecem mais indícios de que o primeiro grupo é relativamente mais desenvolvido. São estimativas do aumento da utilização de capital tanto em termos absolutos, como em relação ao uso de trabalho, sendo maiores para este grupo.

Quanto à variação do pessoal ocupado, nota-se que a redução é maior no segundo grupo. Considerando-se que o primeiro grupo é mais desenvolvido que o segundo grupo, estes resultados sugerem a tendência de arrefecimento da redução do uso de mão-de-obra, ou o que poderia ser chamado de convergência ao nível de utilização de mão-de-obra de equilíbrio à medida que as microrregiões se desenvolvessem. Do contrário, se as microrregiões mais desenvolvidas tendessem a reduzir proporcionalmente mais o uso de mão-de-obra, o desenvolvimento sinalizaria uma trajetória explosiva, onde se tenderia a níveis ínfimos de utilização de mão-de-obra no campo.

Estas análises de tendência também são válidas quanto ao uso de terra e a relação entre terra e trabalho. Nota-se que a área cultivada total reduziu relativamente mais no segundo grupo, e a área cultivada por trabalhador aumentou relativamente mais neste grupo. Estes resultados podem indicar a diminuição nas tendências de redução da área cultivada e aumento da área cultivada por trabalhador, à medida que as microrregiões se desenvolvessem.

Após caracterizado o uso de fatores de produção nos grupos, pode-se introduzir a análise do valor da produção das microrregiões destes grupos para se obter estimativas de volume de produção e de produtividade parcial. Com este objetivo, na Tabela 18 são apresentadas as médias do valor da produção total, do valor da produção por hectare cultivado e do valor da produção por pessoal ocupado.

Tabela 18: Médias do valor da produção total, valor da produção por hectare cultivado e do valor da produção por pessoal ocupado em 1995 nas microrregiões pertencentes aos grupos

Grupo	Valor da produção	Valor da produção por hectare	Valor da produção por pessoal ocupado
Primeiro	R\$106.765.827,35	R\$251,25	R\$4.342,77
Segundo	R\$63.581.357,95	R\$119,49	R\$1.881,20
Total	R\$97.107.363,58	R\$272,93	R\$3.537,18

Fonte: Dados da Pesquisa.

O valor da produção por pessoal ocupado e por hectare cultivado são medidas de produtividade parcial dos fatores. O valor da produção por pessoal ocupado também pode ser uma aproximação da renda *percapita*, obviamente valorizada, pois a população ativa é menor que a população total. O valor total da produção é uma medida de volume de produção, podendo ser associada à intensidade de exploração da microrregião. Estes dados confirmam as conclusões quanto ao maior nível de desenvolvimento do primeiro grupo, pois todos os valores são superiores ao segundo grupo.

Tal qual o observado na análise do uso de fatores de produção, não só o valor da produção em um ponto no tempo, como o percentual de variação destes valores durante o período analisado pode caracterizar os grupos. A estas considerações podem ser adicionadas as informações presentes na Tabela 19, onde são apresentadas a variação percentual do valor da produção total, variação percentual do valor da produção por pessoal ocupado e a variação percentual do valor da produção por hectare cultivado nos grupos entre 1985 e 1995.

Tabela 19: Variação percentual do valor da produção, do valor da produção por pessoal ocupado e do valor da produção por hectare cultivado nos grupos de microrregiões entre 1985 e 1995

Grupo	Variação do valor da produção	Variação do valor da produção por pessoal ocupado	Variação do valor da produção por hectare
Primeiro	68,8	119,2	95,8
Segundo	29,6	76,2	51,9
Total	57,4	103,5	87,2

Fonte: Dados da Pesquisa

Novamente o primeiro grupo se destaca, pois apresenta taxas de variação significativamente maiores, demonstrando que tanto a intensidade de exploração como as produtividades parciais crescem em maior intensidade neste grupo.

Em resumo, foi destacado o maior desenvolvimento do primeiro grupo em comparação com o segundo grupo ao se analisar o ganho de produtividade total dos fatores, e que este ganho diferenciado esteve associado principalmente com a mudança tecnológica ocorrida no período. A caracterização dos grupos quanto ao uso de fatores de produção e quanto ao valor da produção também confirmou o maior desenvolvimento do primeiro grupo.

Também é importante identificar se a produção tende a concentrar-se nas microrregiões onde houve maior ganho de produtividade total dos fatores. Para responder a esta questão, na Tabela 20 é apresentado o valor percentual da produção agropecuária de cada grupo, que é obtido pelas microrregiões onde houve maior ganho na produtividade total dos fatores. Em cada grupo, foram ordenadas as microrregiões de acordo com o índice de produtividade total dos fatores em ordem decrescente, e selecionadas as que apresentaram maior ganho. Foi selecionado aproximadamente um terço do número de microrregiões de cada grupo.

Tabela 20: Valor percentual da produção nas microrregiões de maior ganho na produtividade total dos fatores

Grupo	Número de microrregiões selecionadas	Valor percentual de microrregiões selecionadas	Valor percentual da produção nas microrregiões selecionadas
Primeiro	12	32,4%	51,6%
Segundo	7	33,3%	43,3%
Total	19	32,8%	50,5%

Fonte: Dados da Pesquisa

No primeiro grupo, foram selecionadas 12 microrregiões, o que representa 32,4% do grupo, pois este é formado por 37 microrregiões. No segundo grupo, foram selecionadas 7 microrregiões, o que representa 33,3% do grupo, pois este é formado por 21 microrregiões.

A quarta coluna destaca o valor percentual da produção das microrregiões selecionadas em relação ao valor total da produção do grupo. Portanto, 32,4% das microrregiões do primeiro grupo são responsáveis por 51,6% do valor da produção agropecuária do grupo, e 33,3% das microrregiões do segundo grupo são responsáveis por 43,3% da sua produção.

Os resultados confirmam que a produção tende a se concentrar nestas microrregiões, e a comparação entre os grupos pode também indicar esta tendência de concentração, pois o grupo mais desenvolvido tem sua produção mais concentrada. No entanto, são valores percentuais relativamente próximos, ou seja, revela-se ainda grande potencial de concentração da produção.

3.4 Fatores determinantes da mudança tecnológica

Este procedimento é dividido em duas etapas e tem como objetivo explicar qual a relação entre o uso de fatores de produção e a mudança tecnológica que ocorreu em cada grupo de microrregiões.

Especificamente, foi utilizada a análise fatorial para reduzir o número de variáveis que expressam o uso de fatores de produção nas microrregiões. Foram

extraídos dois fatores utilizando-se o método dos componentes principais, cujos autovalores e os percentuais de variância explicada estão descritos na Tabela 21:

Tabela 21: Autovalores e variância explicada pelos fatores

Fator	Autovalor	% da variância	% acumulado
1	3.476	57.934	57.934
2	1.740	29.005	86.939

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os dois Fatores explicam 86,94% da variância total das variáveis originais, sendo importantes individualmente, pois seus autovalores são superiores a unidade.

As cargas fatoriais obtidas após a rotação pelo método varimax e as comunalidades estão na Tabela 23. As cargas fatoriais podem representar o grau de associação entre as variáveis originais e os Fatores obtidos pelo método, e a comunalidade mede a contribuição dos fatores para explicar a variância total de cada variável, sendo igual à soma dos quadrados das cargas fatoriais.

Os Fatores explicam grande parcela da variância do valor percentual de estabelecimentos que utilizam assistência técnica e da relação entre o número de tratores e empregados (relação capital/trabalho), possuindo valores para a comunalidade próximos de 0,8. Mesmo diante dos baixos valores de comunalidade para as duas variáveis restantes, o que pode ser atribuído a ausência e não ajustamento de variáveis importantes, os Fatores são capazes de explicar grande parcela da variância associada às quatro primeiras variáveis e, em sua quase totalidade, às duas últimas.

Foram realizados os testes de Bartlett e Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese da matriz de correlações populacionais simples entre as variáveis ser igual a matriz identidade. Rejeitou-se esta hipótese, pois é necessário existir correlações entre grupos de variáveis para que façam parte do mesmo fator. De acordo com o teste de Bartlett, a matriz de correlações populacionais é diferente da matriz identidade a 1% de significância.

O teste de KMO é uma medida de adequabilidade da análise fatorial. Considera a razão entre os coeficientes de correlação simples e a soma dos coeficientes parciais e simples, tendo o objetivo de indicar a necessidade de eliminação de variáveis. Foi encontrado o valor de 0,707 sendo que, quanto mais próximo de 1, melhor a adequabilidade da análise.

Tabela 22: Cargas fatoriais obtidas após a rotação pelo método Varimax e comunalidades das variáveis utilizadas na segunda análise fatorial

Variável	Fator 1	Fator 2	Comunalidade
Estab. que possuem energia elétrica	0,885	-0,081	0,64
Estab. que utilizam práticas de cons. do solo	0,863	-0,027	0,56
Estab. que utilizam assistência técnica	0,841	0,417	0,83
Relação entre capital e trabalho	0,760	0,529	0,79
Relação terra e trabalho	0,138	0,980	0,96
Área útil média dos estabelecimentos	0,047	0,981	0,96

Fonte: Dados da Pesquisa.

As cargas fatoriais representam a correlação entre o Fator e cada uma das variáveis, determinando a importância de cada Fator na explicação da variável. A composição do primeiro Fator ocorreu devido ao relacionamento existente entre o uso de insumos e máquinas, e a necessidade de assistência técnica e energia elétrica para seu aproveitamento. Pode-se denominar esse Fator de “uso de máquinas e insumos modernos”, sendo responsável pela explicação de 57,93% da variância total.

O segundo Fator explica 29% da variância, sendo composto por variáveis que representam o uso absoluto e relativo de terra, podendo ser denominado de “intensidade de uso da terra”.

A construção destes dois Fatores permitiu a distinção entre duas formas de crescimento da produção. O primeiro Fator representa o crescimento intensivo da produção, mediante incrementos de capital e aplicação de técnicas que visam o aumento da produtividade. O segundo Fator representa o tamanho da área

utilizada no processo produtivo e a relação entre terra e trabalho, ou seja, variações da produção de forma extensiva, mediante incorporação do fator de produção terra, e o aumento do seu uso em relação ao trabalho.

Ambos os Fatores podem ser associados à adoção de tecnologias de produção que tendem a aumentar a produtividade do trabalho, onde a diferença é que o primeiro Fator representa aumentos na utilização de capital e o segundo Fator representa aumentos na utilização de terra. Parte-se da hipótese que é correta esta forma indireta de captar o uso de trabalho nas microrregiões porque tanto o referencial teórico quanto a literatura consultada evidenciam que as mudanças tecnológicas ocorridas na agricultura aumentam a produtividade do trabalho, ou seja, reduzem a participação relativa deste fator de produção. Note que as cargas fatoriais mostram que a relação capital/trabalho correlaciona-se com os dois Fatores, confirmando os ganhos da produtividade do trabalho e a presença da mecanização em ambos.

Apesar de haver grande coerência na composição dos Fatores, variáveis que representam o uso dos fatores de produção e que participam do processo de mudança tecnológica não apresentaram bom ajustamento, como é o caso do uso de irrigação, defensivos e controle de pragas, ou não foi possível utilizá-las, como é o caso da escolaridade da população rural e o uso de insumos como adubos e corretivos. A ausência e o não ajustamento destas variáveis penalizou principalmente o primeiro fator, o que permite dizer que ele representa um número incompleto de variáveis, mas ainda é capaz de representar o uso de máquinas e insumos modernos, mediante assistência técnica.

Para identificar como a intensidade de uso dos fatores de produção condiciona a mudança tecnológica das microrregiões, foi realizada uma regressão linear¹⁴. O índice de mudança tecnológica foi utilizado como variável dependente e, como variáveis explicativas, os escores fatoriais dos fatores “intensidade de uso da terra” e “uso de máquinas e insumos modernos” para as microrregiões pertencentes aos grupos de microrregiões.

¹⁴ Optou-se pela forma funcional que apresentou o melhor ajustamento.

Para verificar se há diferença entre os dois grupos, ou seja, se os fatores têm influência distinta sobre a mudança tecnológica de cada um deles, foi utilizada uma variável *dummy*. Esta variável tem o valor 1 (um) para o primeiro grupo e 0 (zero) para o segundo. Os resultados da equação estimada estão descritos na Tabela 24.

Tabela 23: Resultado da equação estimada por mínimos quadrados ordinários

Variável	Coefficiente	Erro padrão	“t”	Significância
Constante	1,424556	0,073204	19,45996	0,0000
F ₁	0,730165	0,129494	5,638582	0,0000
F ₂	0,332028	0,104739	3,170063	0,0025
D*F ₁	-0,476647	0,176163	-2,705706	0,0091
D*F ₂	0,131427	0,131399	1,000213	0,3218

R²: 0,628

F: 22,376 (significância de 0,00000)

Fonte: Dados da Pesquisa.

O coeficiente de ajustamento de 63% poderia ser mais elevado caso os fatores fossem formados por outras variáveis que também refletem o uso de fatores de produção e também estão presentes no processo de mudança tecnológica na agricultura. Porém, estas variáveis não estavam disponíveis ou não se ajustaram, como citado anteriormente.

A equação estimada mostra que os dois fatores são significativos, demonstrando que o “uso de máquinas e insumos modernos” e a “intensidade do uso de terra” são importantes para determinar as mudanças tecnológicas ocorridas em ambos os grupos de microrregiões.

Os coeficientes estimados não refletem uma unidade de medida, pois estão associados a escores fatoriais. Entretanto, a comparação entre eles fornece uma estimativa de importância relativa. Considerando-se todas as microrregiões, independente de a qual grupo pertencem, os resultados demonstram que o uso de

máquinas e insumos modernos tem mais do dobro de influência que a intensidade de uso da terra. Portanto, pode-se afirmar que o uso de máquinas e insumos modernos tem maior importância na explicação da mudança tecnológica do que a intensidade de uso da terra, ou seja, a intensidade de uso do capital é mais importante que o tamanho da propriedade, embora ambos condicionem a mudança tecnológica.

O Fator 1 está mais relacionado à mudança tecnológica do segundo grupo, enquanto o Fator 2 está igualmente relacionado à mudança tecnológica de ambos os grupos. Esta constatação decorre da magnitude e significância dos coeficientes estimados para as variáveis com *dummy*. Para o primeiro grupo, o coeficiente estimado para o Fator 1 é igual a 0,253518 (0,730165-0,476647). Já o coeficiente do Fator 2 não difere entre os grupos, uma vez que o coeficiente da variável *dummy* não foi estatisticamente diferente de zero.

Isto significa que a mudança tecnológica ocorrida no primeiro grupo é mais explicada pela intensidade de uso de terra, e no segundo grupo está mais associada ao uso de máquinas e insumos modernos. Este resultado pode estar associado a elevados volume de produção e intensidade de exploração do primeiro grupo, onde já existe o que pode ser chamado de conteúdo tecnológico mais denso devido a qualidade e quantidade de capital empregado.

Resumindo, em ambos os grupos, a mudança tecnológica ocorre juntamente com o aumento da produtividade da mão-de-obra mediante maior utilização de terra e capital. Independente do grupo a que pertencem as microrregiões, a mudança tecnológica ocorre em microrregiões de maior uso de máquinas e insumos modernos e em maiores propriedades onde cultiva-se maior proporção da terra por trabalhador. O uso de máquinas e insumos modernos tem o dobro da importância que a intensidade de uso da terra para explicar a ocorrência de mudanças tecnológicas.

Considerando cada grupo separadamente, a maior área cultivada por estabelecimento e por trabalhador, que refletem a intensidade de uso da terra, é o mais importante para determinar a mudança tecnológica no primeiro grupo. O

oposto se verifica para o segundo grupo, ou seja, o aumento do uso de máquina e insumos modernos é o mais importante para determinar a mudança tecnológica.

4 – RESUMO E CONCLUSÕES

A modernização do setor agropecuário brasileiro foi iniciada após a metade da década de 60 e caracterizada por instrumentos estatais de incentivo, onde a produção cresceu principalmente devido ao crescimento da área cultivada. Porém, o contexto econômico brasileiro da transição das décadas de 80 e 90 é caracterizado pela crise fiscal determinando a perda da capacidade de financiamentos e investimentos estatais, e pelo aprofundamento da abertura econômica determinando o aumento da competição imposta aos produtores. Estas transformações estruturais intensificaram o processo de modernização tecnológica, e os progressos técnicos estiveram associados ao aumento da mecanização e ao maior uso de insumos modernos.

O crescimento da produção ao longo das décadas de 80 e 90 se deveu ao aumento da produtividade, onde os índices de produtividades parciais destacaram que a produtividade do trabalho cresceu em maior intensidade que a produtividade da terra. Este processo de modernização da agricultura foi responsável pela redução do número de produtores e do emprego neste setor, penalizando principalmente a pequena produção.

Estas características da modernização da agricultura também estiveram presentes em Minas Gerais. Durante o período compreendido entre 1985 e 1995, verificou-se o aumento do uso de tratores e da proporção de estabelecimentos

que utilizavam insumos modernos. Em contrapartida, verificou-se a redução do número de estabelecimentos, do pessoal ocupado e do pessoal ocupado por hectare, onde a redução do pessoal ocupado e do pessoal ocupado por hectare foi mais intensa nos maiores estratos de terra.

Portanto, as mudanças tecnológicas ocorridas na agricultura de Minas Gerais estiveram associadas à redução do emprego de mão-de-obra e aumento do uso de máquinas e insumos modernos, permitindo ao trabalhador cultivar maior proporção da área e obter maior quantidade produzida por hectare. Porém, dentre as 66 microrregiões do estado de Minas Gerais, há dois grupos que apresentaram algumas diferenças quanto à mudança tecnológica e ao uso de fatores de produção.

Inicialmente, foram criados quatro grupos de acordo com três características. A primeira característica é o tipo de atividade produtiva que é desenvolvida na microrregião, ou seja, se é mais dedicada à produção vegetal ou à produção animal. A segunda característica representa o tipo de mão-de-obra empregada no processo produtivo, ou seja, se predomina a mão-de-obra familiar ou a mão-de-obra contratada. A terceira característica está associada ao clima e relevo da microrregião. Foram considerados os dois maiores grupos para as análises seguintes, sendo compostos por 37 e 21 microrregiões.

Os grupos também se distinguiram quanto aos índices calculados. Em ambos há aumento da produtividade total dos fatores, porém o ganho é significativamente maior no primeiro grupo, indicando maior desenvolvimento deste grupo. Outro diferencial é que a taxa de mudança tecnológica é o principal determinante do aumento da produtividade total dos fatores neste grupo, e no segundo grupo a taxa de mudança na eficiência técnica é o principal determinante. Em ambos os grupos somente uma microrregião é responsável pelo deslocamento da fronteira de produção, sendo Pará de Minas no primeiro grupo e Unaí no segundo.

Além da diferença entre os índices, o primeiro grupo pode ser considerado como mais desenvolvido, pois apresenta maior relação terra/trabalho, maior relação capital/trabalho e maior participação de mão-de-

obra contratada. Neste grupo a produtividade da mão-de-obra tende a ser maior, pois há maior disponibilidade relativa de tratores, possibilitando que cada trabalhador possa cultivar maior porção da área útil. Possui proporcionalmente mais mão-de-obra contratada, o que significa tratar-se de agricultura comercial, e não à produção de subsistência.

A variação do número de tratores e a variação do número de tratores por trabalhador também fornecem mais indícios de que o primeiro grupo é mais desenvolvido. São estimativas do aumento da utilização de capital tanto em termos absolutos, como em relação ao uso de trabalho, sendo maiores neste grupo. Quanto à variação do pessoal ocupado, da terra e da relação entre terra e trabalho, nota-se que as reduções são maiores no segundo grupo, o que pode indicar convergência ao nível de utilização de equilíbrio à medida que as microrregiões se desenvolvessem.

No primeiro grupo também se observou melhores resultados quanto ao valor da produção agropecuária das microrregiões. Foram maiores as produtividades parciais e o volume de produção ou intensidade de exploração. Também foram maiores as taxas de variação, demonstrando que tanto a intensidade de exploração como as produtividades parciais crescem em maior intensidade.

Em resumo, os índices de produtividade total dos fatores e a caracterização dos grupos quanto ao uso de fatores de produção e quanto ao valor da produção indicaram o maior desenvolvimento do primeiro grupo. O maior ganho de produtividade total dos fatores deste grupo esteve associado principalmente à mudança tecnológica ocorrida no período, indicando que o desenvolvimento de uma região pode estar mais associado ao desenvolvimento tecnológico do que às melhoras de eficiência técnica. Percebe-se também que a maior proporção do valor da produção concentra-se nas microrregiões de maior ganho de produtividade total dos fatores dentro dos grupos, indicando que a produção tende a se concentrar nestas microrregiões. A comparação entre os grupos confirma esta tendência de concentração, pois o grupo mais desenvolvido tem sua produção mais concentrada.

No intuito de explicar a mudança tecnológica, foram criadas duas variáveis representativas do uso de fatores de produção. A composição da primeira variável ocorreu devido ao relacionamento existente entre o uso de insumos e máquinas e a necessidade de assistência técnica e energia elétrica para seu aproveitamento, sendo denominada de “uso de máquinas e insumos modernos”. A segunda variável foi composta pelo uso absoluto e relativo de terra, pois representa o tamanho da área utilizada no processo produtivo e a relação entre terra e trabalho, sendo denominado de “intensidade de uso da terra”. Estas duas variáveis permitiram a distinção entre duas formas de crescimento da produção, ou seja, o crescimento intensivo, mediante incrementos de capital e aplicação de técnicas que visam o aumento da produtividade, e o crescimento extensivo, mediante incorporação do fator de produção terra, e o aumento do seu uso em relação ao trabalho.

As duas formas de crescimento da produção representadas pelas variáveis podem ser associadas à adoção de tecnologias de produção que tendem a aumentar a produtividade do trabalho, ou seja, em ambos os casos é captada a redução da participação relativa deste fator de produção. A diferença é que o crescimento intensivo está associado a aumentos na utilização de capital e o crescimento extensivo está associado a aumentos na utilização de terra.

Estas duas formas de crescimento da produção foram capazes de determinar a influência do uso de fatores de produção sobre a mudança tecnológica das microrregiões, demonstrando a importância do “uso de máquinas e insumos modernos” e da “intensidade do uso de terra” para que ocorram estas mudanças. Considerando-se todas as microrregiões, independente de a qual grupo pertencem, o "uso de máquinas e insumos modernos" tem mais do dobro de influência que a "intensidade de uso da terra". Porém, considerando-se cada grupo separadamente, a mudança tecnológica ocorrida no primeiro grupo é mais explicada pela "intensidade de uso de terra", sendo que no segundo grupo está mais associada ao "uso de máquinas e insumos modernos". Este resultado pode estar associado ao elevado volume de produção e intensidade de exploração do

primeiro grupo, onde já existe o que pode ser chamado de conteúdo tecnológico mais denso devido a qualidade e quantidade de capital empregado.

Resumindo, foi possível separar as microrregiões de Minas Gerais em quatro grupos, sendo considerados os dois maiores para as análises subsequentes. Os índices de produtividade total dos fatores foram maiores para o maior grupo, onde a análise do uso de fatores de produção e do valor da produção neste grupo também demonstrou seu maior desenvolvimento. Juntamente com o melhor desempenho da produtividade total dos fatores, neste grupo houve maior mudança tecnológica, o que pode indicar que a adoção de novas tecnologias seja mais importante do que a melhora da eficiência técnica para que uma microrregião se desenvolva.

Para determinar a ocorrência de mudança tecnológica, foram distinguidas duas formas de crescimento da produção. A forma intensiva, mediante o uso de máquinas e insumos modernos, e a forma extensiva, mediante o aumento da área cultivada por estabelecimento e da área cultivada por trabalhador. As principais conclusões foram:

- As mudanças tecnológicas ocorridas nas microrregiões de Minas Gerais estiveram associadas ao uso de máquinas e insumos modernos em maiores propriedades, onde existe maior volume de terra cultivada por trabalhador;

- Em todas as microrregiões, independente do grupo a que pertencem, as mudanças tecnológicas ocorrem principalmente onde há maior uso de máquinas e insumos modernos; e

- Nas microrregiões mais desenvolvidas, onde já existe inicialmente maior uso de máquinas e insumos modernos, verifica-se que a mudança tecnológica ocorre principalmente em maiores propriedades onde cultiva-se maior proporção da terra por trabalhador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M.C.C., NICOL, R. **Economia agrícola – o setor primário e a evolução da economia brasileira**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987. 335 p.
- ALVES, E. A produtividade da agricultura brasileira. In: GASQUES, J.G.; CONCEIÇÃO, J.C.P.R. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira**. Brasília: IPEA. Texto para discussão n.502, julho de 1997, 26p.
- ALVES, E. Organização da produção de leite. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa - Gado de Leite, 1996. p. 90-94.
- ALVES, E. **Transformações da agricultura brasileira**. Brasília: Codevasf, 1989. 47 p.
- ALVES, E. Migração rural-urbana. **Revista de Política Agrícola**. v.4, n.4,p.15-29, out/dez. 1995.
- ALVES, E. Novas evidências sobre a migração rural-urbana. In: GOMES, M.M., COSTA, F.A. (Eds.) **(Des)Equilíbrio Econômico & Agronegócio**. Viçosa: DER/UFV, 1999. P. 239-247.
- ARAÚJO, P.F.C. SCHUH, G.E. **Desenvolvimento da agricultura: natureza do processo e modelos dualistas**. São Paulo, Pioneira, 1975. 192 p.
- BAER, W. **A economia brasileira**. São Paulo: Nobel, 1996. 416 p.

- BONELLI, R.; FONSECA, R. **Ganhos de Produtividade e de Eficiência: Novos Resultados para a Economia Brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, abr. 1998(Texto para discussão n.557, 43p.)
- CARDOSO, A. **O novo rural brasileiro: a abordagem à partir de uma economia regional, o triângulo mineiro**. Uberlândia, MG: UFU, 1998. 137 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) Universidade Federal de Uberlândia, 1998.
- CHRISTENSEN, L.R. Concepts and measurement of agricultural productivity. In: GASQUES, J.G.; CONCEIÇÃO, J.C.P.R. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira**. Brasília: IPEA. Texto para discussão n.502, julho de 1997, 26p.
- COELHO, C.N. O princípio do desenvolvimento sustentado na agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v.7, n.2, p.7-20, 1998.
- DE JANVRY, A. Inducement of technological and institutional innovations: na interpretative framework. In: ARNDT, T.M., DALRYMPLE, P.G., RUTTAN, V.W. (Ed.) **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research**. Minnesota: University of Minnesota, 1977. P. 551-563.
- FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, part III, p. 253-290, 1957.
- FERREIRA FILHO, J.B.S Os desafios da estabilização econômica para a agricultura brasileira. In: GOMES, M.F.M.; COSTA, F.A. **(Des)equilíbrio econômico e agronegócio**. Viçosa: UFV, 1999. p.41-49.
- GALJART, B. Difusão cultural, modernização e subdesenvolvimento. In: SZMEREZANYI, T., QUEDA, O. **Vida Rural e mudança social**. São Paulo: Nacional, 1973. p. 70-79.
- GASQUES, J.G.; CONCEIÇÃO, J.C.P.R. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, jul. 1997(Texto para discussão n.502, 26p.)
- GOMES, A. P., DIAS, R. S. Condicionantes de mudança tecnológica na agropecuária brasileira: 1975 – 1995. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 40, 2002, Passo Fundo. **Anais...** Brasília: SOBER, 2002. 18p. (CD-ROM.)
- GOMES, A. P., DIAS, R. S. Medidas de produtividade na agropecuária brasileira: 1985-1995. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 39, 2001, Recife. **Anais...** Brasília: SOBER, 2001. 10 p. (CD-ROM).

- GRAZIANO DA SILVA, J., BALSADI, O.V., GROSSI, M.E. O emprego rural e a mercantilização do espaço agrário. **São Paulo em perspectiva**. V.11, n.2, 1997.
- GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. São Paulo: Makron books, 2000. 846 p.
- HAYAMI Y., RUTTAN, V.W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: Embrapa, 1988. 583 p.
- HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v.30, n.4, p.271-290, out./dez.1992.
- HOMEM DE MELLO, F. Um diagnóstico sobre produção e abastecimento alimentar no Brasil. In: AGUIAR, M.N.(org.) **Questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil: um diagnóstico macro com cortes regionais**. Brasília: IPEA/PNUD/ABC, 1988.
- KRÜGER, J., CANTNER, U., HANUSCH, H. **Explaining international productivity differences**. University of Augsburg, 1998. 21 p.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods**. 2ed. New York, Chapman & Hall, 1994. 215p.
- MARINHO, E.L.L., BARRETO, F.A.F.D. **Análise da produtividade e progresso tecnológico dos estados do Nordeste**. Fortaleza: CENER, 2000. 30 p.
- MENEZES NETO, A.J. **Educação, sindicalismo e novas tecnologias nos processos agrários**. Brasília, Boletim técnico do SENAC, 1999. 11p.
- MESQUITA, T. C. Estudos de economia agrícola. Sobral, CE: Edições UVA, 1998, 168 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Balanço hídrico**. [15 de julho de 2002]. (<http://masrv54.agricultura.gov.br/rna/climatologia/dados/balançohidrico/mg/município.html>)
- PAIVA, R.M. Modernização tecnológica da agricultura nos países em desenvolvimento. In: **Setor agrícola do Brasil. Comportamento econômico, problemas e possibilidades**. 2^a ed. Rio de Janeiro, Forense-Universitária / São Paulo, EDUSP, 1976. P. 17-27.
- PEREIRA, M.F. **Mensuramento da eficiência multidimensional utilizando a análise de envelopamento de dados: revisão da teoria e**

aplicações. Florianópolis: UFSC, 1995. 85 p. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação.** São Paulo: Abril Cultural, 1992. 268p.(Os economistas)

SILVA, J.G.; GROSSI, M.E.D. **O novo rural brasileiro: uma atualização para 1992-1998.**[16 de maio de 2002]. (<http://www.eco.unicamp.br/projetos/rurbano/textos/downlo/textos.html>)

SOUZA, P.M. **Modernização e mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1970 a 1995.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 287 p. Tese (Doutorado em Economia Rural)-Universidade Federal de Viçosa, 2000.

SOUZA, R.F.; KHAN, A.S. Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural.** Brasília, v.39, n.1, p.75-98, jan./mar. 2001.