

## AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRADAS VICINAIS COM AUXÍLIO DE IMAGENS LANDSAT

L. F. R. Horta Rodrigues e C. L. Wright

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - GEIPOT

SAN, Quadra 03, Bloco A - 70040  
Brasília - DF - Brasil

### I INTRODUÇÃO

Num dos trabalhos realizados no Departamento de Apoio Técnico-DATE, do GEIPOT, "A Pesquisa Sobre Impactos de Rodovias Vicinais", (PIRV), utilizou, como um dos métodos de avaliação econômica de investimentos em vicinais, o emprego das imagens LANDSAT. Essa alternativa propunha-se a medir a incorporação de terras em áreas de difícil acesso e foi fundamentada no conceito de que, nessas regiões, como em grande parte da Amazônia Legal, a abertura ou o melhoramento de estradas acelera a incorporação de terras virgens ou parcamente exploradas a atividades agropecuárias. Esse processo de incorporação de terras apóia-se nas seguintes premissas:

Que terras virgens não produzem benefícios econômicos e as parcamente exploradas produzem algum benefício para aqueles que, de maneira extrativista ou pouco intensa, as utilizam; que os benefícios econômicos são equivalentes à renda líquida da terra incorporada ao processo produtivo, definida como o aluguel que alguém estaria disposto a pagar para utilizar essa terra. Em condições de mercado competitivo, esse aluguel seria igual ao valor da produção proveniente do uso da terra deduzidos os custos de produção.

Portanto, para estimar os benefícios econômicos dos investimentos em vicinais através desse método, seria necessário estimar a renda líquida gerada pelas terras incorporadas, juntamente com taxas de incorporação dessas terras, ano a ano, seja por meio de pesquisa dos aluguéis pagos, segundo o tipo de terra, ou mediante estimativas do valor líquido da produção.

Com relação à renda líquida da terra, podem-se fazer as seguintes hipóteses preliminares:

O valor líquido da produção deverá ser no mínimo igual ao ICM, ou seja, a 15% do valor da produção agrope-

cuária comercializada, uma vez que esse imposto pode ser considerado o "aluguel mínimo" da terra que os produtores rurais estariam pagando ao governo para utilizar capital e trabalho na produção agrícola.

Com respeito à incorporação de terras a um processo produtivo mais intenso, várias considerações podem ser levantadas: (1) Essas taxas variam em função da fertilidade do solo, da topografia, do regime de chuvas, das distâncias ao centros urbanos e da qualidade das estradas; (2) seria bastante problemática a utilização de dados censitários para qualificá-las e estabelecer padrões válidos para determinadas situações: censos se realizarão de 5 em 5 anos e os resultados, divulgados cerca de cinco anos após; o seu nível de agregação não permite o acompanhamento da incorporação de terras ao longo das rodovias; (3) que outros métodos para o estabelecimento desses padrões, como questionários e fotografias aéreas, seriam muito dispendiosos; (4) as imagens do sistema LANDSAT parecem ser, pelas suas características, adequadas a esse tipo de trabalho.

A partir dessas considerações, a Pesquisa IRV firmou um Convênio com o Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, órgão do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, com os seguintes objetivos:

o Executar um teste-piloto de utilização de imagens LANDSAT na avaliação e no acompanhamento de mudanças do uso do solo rural devido à influência de rodovias vicinais;

o Desenvolver e difundir a tecnologia de utilização de imagens do LANDSAT no planejamento econômico de rodovias vicinais.

Para obter conhecimentos sobre as potencialidades e limitações do sensoriamento remoto no estudo de impactos de melhoramentos rodoviários, foi escolhida, como área-teste, a zona de influência da estrada Unaí-Garapuava, Estado de Minas Gerais. A escolha baseou-se em cinco condições, impostas pelo projeto e que essa estrada e sua área de influência preenchiam:

- fazer parte do rol de estradas da PIRV;
- estar totalmente contida numa imagem de satélite;
- apresentar diversos tipos de uso do solo;
- permitir fácil acesso por via

terrestre, a partir de Brasília;

- Situar-se numa região que conta com apoio logístico necessário à aeronave do INPE.

A imagem do LANDSAT selecionada para essa área foi a da órbita 178 ponto 23, em preto e branco, de setembro de 1977 e escala 1:250.000. A zona de influência da estrada foi demarcada por um retângulo na imagem correspondente a uma área de cerca de 20Km por 50Km de extensão.

Feita essa caracterização, uma equipe do Instituto de Pesquisas Espaciais fotografou a área, na escala de 1:20.000, com filme infra-vermelho colorido, que foi o escolhido por ser mais sensível às variações do terreno do que o convencional preto e branco ou o colorido normal.

Na metodologia atualmente<sup>2</sup> usada para trabalhos com imagem de satélite, a análise de fotografias aéreas e o subsequente trabalho de campo são etapas obrigatórias, já que proporcionam elementos que auxiliam na interpretação automática das imagens.

Entretanto, o alto custo das fotografias aéreas impossibilitaria o emprego das imagens como técnica economicamente viável na avaliação dos impactos vicinais. Consequentemente, a PIRV investigou uma inovação tecnológica, apresentada a seguir, que avaliasse a validade da interpretação visual das imagens do LANDSAT obtidas dos impactos de rodovias vicinais. As fotografias aéreas se fizeram necessárias neste teste, pois, possibilitou a elaboração de um mapa de uso da terra que, após testado em trabalho de campo, serviu como verdade terrestre na avaliação dos resultados deste novo método.

O teste da nova metodologia é composto pelas seguintes etapas:

- A - Execução do trabalho preliminar de campo;
- B - Elaboração de três mapas de uso da terra na área-teste, a partir de:
  - 1- interpretação das fotografias aéreas;
  - 2- interpretação visual das imagens do LANDSAT utilizando somente tons de cinza, sistemática estabelecida por Novo;
  - 3- interpretação visual das imagens do LANDSAT, uti-

lizando associação de tons de cinza e formas peculiares que indiquem atividade agropecuária.

- C - Execução de trabalho de campo;
- D - Confronto entre os três mapas com vistas a definir qual o método de interpretação visual da imagem do LANDSAT mais aconselhável para o estudo.

Como resultado final da interpretação da imagem do LANDSAT na área de influência da estrada UNAI-Garapuava, foi constatado que as características peculiares de suas duas subáreas constituíram fatores decisivos nos resultados da identificação das áreas agrícolas (cultura e pastagem plantada) através da interpretação visual da imagem LANDSAT.

Devido as suas características, a área-teste foi, para este estudo, dividida em duas subáreas.

Assim o resultado insatisfatório constatado na Subárea 1 deveu-se a:

- Relevo acidentado;
- Cobertura vegetal heterogênea;
- Áreas agrícolas pequenas e de formatos irregulares;
- Grandes áreas com pouco ou nenhuma vegetação.

O percentual superior de identificação constatado na Subárea 2 deveu-se a:

- Relevo suave;
- Cobertura vegetal homogênea, com baixo índice de reflectância;
- Grandes áreas agrícolas, identificáveis na escala da imagem (1:250.000).

## OBJETIVO

Realizar a avaliação econômica de algumas rodovias vicinais situadas em áreas de nova fronteira agrícola na Amazônia Legal, com a utilização de imagens do LANDSAT.

## II MÉTODO

### 1 Área de Estudo:

Para a realização desse trabalho foram selecionadas as 16 estradas vicinais no estado de Goiás, relacionadas a seguir, localizadas nas microrregiões do Extremo Norte Goiano, Baixo Araguaia Goiano e Médio Tocantins-Araguaia, que compõem o programa da PIRV no estado de Goiás;

Guaraí - Pedro Afonso  
 Colinas - Colônia  
 Arapoema - Pau D'Arco  
 Araguaína - Babaçulândia  
 Araguaína - Filadélfia  
 Araguaína - Pontão  
 Araguaína - Araguaã  
 Xambioá - Vanderlândia  
 Itaguatins - Tocantinópolis  
 Itaguatins - Sítio Novo  
 Sítio Novo - Bela Vista  
 Garimpinho - Campo Alegre  
 Axixá de Goiás - São Sebastião do Tocantins  
 Axixá de Goiás - Transamazônica  
 Araguatins - São Sebastião do Tocantins  
 Nazaré - Ananás.

A área em que se localizam essas estradas situa-se entre os paralelos de 5º e 9º S e os meridianos 47º25' e 49º30' W, limitada à esquerda pelo Rio Araguaia e à direita pelo Rio Tocantins. Esta área pode ser dividida em duas regiões:

Região A - Com cerca de 3.133.000 ha de superfície, faz parte da bacia hidrográfica do Rio Araguaia, e representa 59% da área em estudo. É constituída por solos cuja aptidão varia de regular a restrita para culturas de ciclo longo e curto, a nível de manejo rudimentar. É recoberta em sua maior extensão por florestas dos tipos submontana acidentada, submontana aplainada e aberta mista, estando também presentes, na porção restante, o cerrado e o cerrado misto.

Nos últimos anos, vem sendo implantado grande número de projetos agropecuários, localizados nas áreas de influência das vias de penetração. O plantio do arroz é prática comum na região após o desmatamento e queima da vegetação, pelo menos durante o primeiro ano, visando, com isso, a pagar o custo da implantação da pastagem.

Subárea B - Com cerca de 2.566.00 ha de superfície, pertence à bacia hidrográfica do Rio Tocantins e corresponde a 41% da área em estudo. É constituída por solos are-

nosos, fracos, com aptidão para pastoreio extensivo. Esta região está recoberta por cerrado, campo cerrado e parque.

## 2 Materiais:

Foram utilizados no presente trabalho os seguintes materiais: imagens do LANDSAT, em preto e branco na escala de 1:250.000:

Órbita	Ponto	Data
220	16,17 e 18	03/08/73
220	16,17 e 18	23/06/74
220	16,17 e 18	02/08/75
220	16,17 e 18	12/06/76
220	16,17 e 18	22/06/77
220	16,17 e 18	19/06/78

## Dados censitários da FIBGE:

- a - Censo Agrícola - Goiás-1960
- b - Censo Agropecuário - Goiás-1970
- c - Censo Agropecuário - Goiás-1975
- d - Anuário Estatístico do Brasil 1976

## Mapas do PROJETO RADAM

- a - Mapa do uso potencial de solos-Tocantins-Araguaia 1974
- b - Mapa Fitoecológico-Tocantins-Araguaia 1974

## 3 Etapas de Execução do Trabalho:

- 1ª Etapa - Incorporação de Terras e Delimitação da Área

Foram, inicialmente, delimitadas nas imagens as áreas de influência de cada uma das estradas em estudo. Isto foi feito com a utilização de imagens LANDSAT que possibilitaram a identificação das estradas secundárias e caminhos que ligam as áreas agrícolas à estrada em estudo, bem como dos limites naturais existentes. Como segundo passo, foi verificada a participação de cada município em cada uma das áreas de influência.

### o Acréscimo de Terra à Agropecuária

Nesta etapa, os impactos foram identificados através da interpretação visual das imagens LANDSAT, complementadas por observações extraídas de relatórios de viagens já realizados, sem execução de trabalho específico de campo.

### 2ª Etapa - Mensuração do Ritmo de Abertura de Áreas com Melhoramentos

Após a identificação de cada uma

das áreas utilizadas com agropecuária, estas foram delimitadas em plásticos transparentes, imagem por imagem, e medidas com papel milimetrado transparente. Isto permitiu avaliar o seu crescimento ano a ano, pois na região em estudo o desmatamento de áreas destina-se sempre a atividades agropecuárias. A queimada das árvores derrubadas é a etapa imediatamente subsequente à derrubada.

### 3ª Etapa - Estimativa do Valor da Produção

Para cada uma das áreas de influência e município em estudo, os valores das produções das culturas temporárias e permanentes e da agropecuária foram calculados com o emprego das relações hectares de cultura/valor da produção, obtidos através dos censos agropecuários do IBGE de 1975.

As áreas utilizadas como culturas permanentes foram obtidas através da fórmula (1):

$$(1) \text{ACAI}_{im} = \frac{\text{AI}_{im}}{\text{ATM}_m} \cdot \text{ACM}_m$$

onde:

- $\text{ACAI}_{im}$  = hectare de culturas permanentes na área de influência da estrada *i* no município *m*;
- $\text{AI}_{im}$  = área de influência da estrada *i* situada no município *m* (ha);
- $\text{ATM}_m$  = área total do município *m* (ha);
- $\text{ACM}_m$  = área total de culturas permanentes no município *m* (ha).

As áreas utilizadas com culturas temporárias e pastagem plantada foram calculadas, com o emprego da mesma fórmula e as devidas substituições.

O valor da produção de culturas permanentes foi então estimado pela fórmula (2):

$$(2) \text{VCP}_{im} = \frac{\text{VTCPM}_m}{\text{ATCPM}_m} \cdot \text{ACPT}_{im}$$

onde:

- $\text{VCP}_{im}$  = valor das culturas permanentes na área de influência da estrada *i* no município (Cr\$1.000);
- $\text{VTCPM}_m$  = valor total de culturas permanentes no município *m* (Cr\$ 1.000);
- $\text{ATCPM}_m$  = área total de culturas

permanentes no município *m* (ha);

$\text{ACPT}_{im}$  = área de culturas permanentes na área de influência da estrada *i* no município *m*, em hectares, obtida da fórmula (1).

Os valores para culturas temporárias foram obtidos através de substituições na fórmula (2).

O valor da produção animal foi obtido da fórmula (3):

$$(3) \text{VPAI}_{im} = \frac{\text{VTPAM}_m}{\text{ATPPM}_m} \cdot \text{APPI}_{im}$$

onde:

- $\text{VPAI}_{im}$  = valor da produção animal de grande porte na área de influência da estrada *i* no município *m* (Cr\$ 1.000);
- $\text{VTPAM}_m$  = valor total da produção animal no município *m*;
- $\text{ATPPM}_m$  = área total de pastagem plantada no município *m*;
- $\text{APPI}_{im}$  = área de pastagens plantada na área de influência da estrada *i* no município *m*.

Nas fórmulas de (1) a (3) o cálculo dos valores da produção agropecuária, para cada um dos municípios, resultou da soma dos valores de culturas temporárias e permanentes e de animais de grande porte, para os anos de 1960, 1975, sendo utilizados os dados dos respectivos censos.

### 4ª Etapa - Cálculo do Valor Presente dos Benefícios

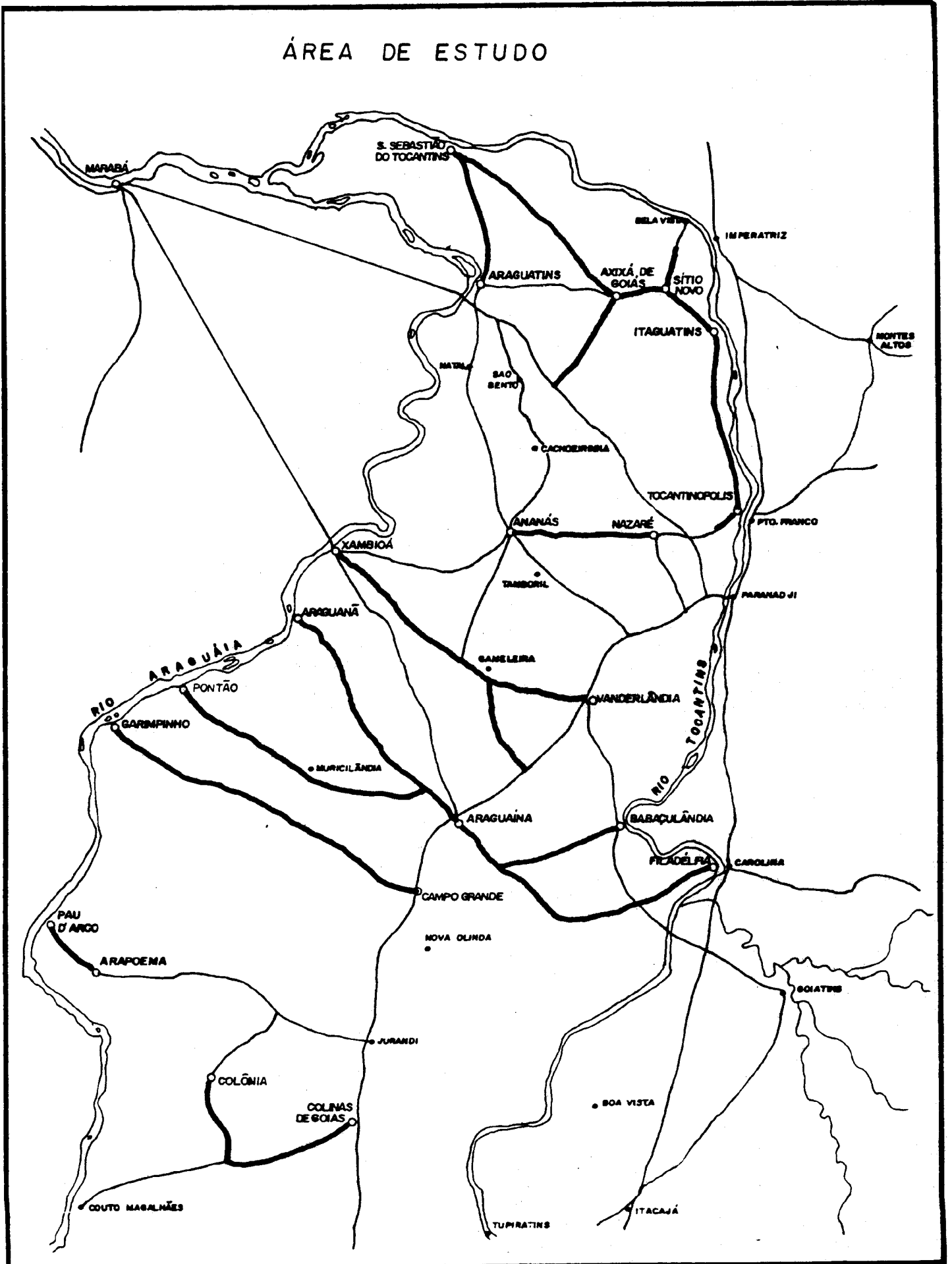
o Cálculo da Área Agrícola incorporada Anualmente

Neste cálculo, foram consideradas as áreas acrescidas ao processo produtivo desde o início da construção ou da melhoria da estrada (ano zero) até 1978.

o Cálculo dos Benefícios e dos Custos

Conforme citado anteriormente, tendo em vista as características peculiares de áreas de nova fronteira, foi estimado (como mínimo) que cerca de 30% do total de cada área de influência seriam utilizados agricolamente no decorrer dos anos. Foi calculado o número de anos que seria necessário para atingir esse percentual, mantida constante a razão área de pastagem plantada/área de culturas temporárias/área

# ÁREA DE ESTUDO



de culturas permanentes. Portanto, relacionada a área total que seria utilizada agricolamente à área média incorporada ao processo produtivo, por ano agrícola e por Km de estrada, foi obtido o número médio de 10 anos.

Estimaram-se, então, os benefícios líquidos da produção e os custos com a abertura e conservação de cada uma das estradas. O valor presente (também denominado valor atual e valor descontado) dos benefícios e dos custos foi baseado na taxa de 10% a.a., comumente aplicada na avaliação dos projetos de transporte no Brasil.

Lembra-se que o cálculo dos valores presentes se alicerça em diversos pressupostos:

- Os benefícios não monetários sejam excluídos (avaliados em zero);
- Manutenção das proporções atuais de áreas em culturas temporárias, culturas permanentes e pastagem plantada, nas quais predomina a pecuária extensiva, de baixíssimo valor de produção por hectare;
- 30% de cada área de influência venham a ser incorporados ao processo produtivo, embora a legislação vigente permita até 50% de desmatamento;
- O valor da produção seja o dos preços mínimos;
- Somente a produção comercializada gere valor líquido.

### III RESULTADOS

#### 1 - Incorporação de Terras

O acréscimo da área agrícola ao processo produtivo, observado em cada uma das áreas agrícolas de 1973 a 1978, serve de base na avaliação dos impactos provocados por essas estradas (tabela 1). Como a região em estudo é de ocupação agrícola recente, esses acréscimos destinam-se especificamente ou a culturas permanentes e temporárias ou a pastagem plantada. Ademais, esse acréscimo de área agrícola é processado na época seca, entre a colheita e o início da estação das chuvas, sendo essa a época em que se obtêm imagens do LANDSAT praticamente sem nuvens.

Tendo em vista a potencialidade dos solos da área em exame, o seu recobrimento vegetal, e a escala das imagens, ficou evidenciado que os impactos que se buscavam identificar somente poderiam ser avaliados no caso de rodovias cujas áreas de influência es-

tivessem localizadas total ou parcialmente na Região A, anteriormente descrita. O fato de maior importância neste resultado é o recobrimento vegetal, o qual proporciona baixo índice de reflectância, evidenciando, com bastante clareza, as grandes áreas que estão sendo ou vão ser utilizadas para a agropecuária. Não foi possível avaliar os impactos, através da interpretação visual das imagens do LANDSAT, sobre áreas de influência total ou parcialmente localizadas na Região B: suas terras apresentam alto índice de reflectância, idêntico ao das áreas preparadas para o plantio, sendo, as áreas utilizadas para a agropecuária, de pequena dimensão.

Conforme citado anteriormente, a avaliação dos impactos provocados pelas rodovias vicinais, mediante a interpretação visual das imagens do LANDSAT, foi efetivada com base no acréscimo de área agrícola ao processo produtivo. Essa incorporação, que é efetivada através da erradicação da vegetação existente, visa, especificamente, ao seu aproveitamento através da implantação de culturas permanentes, culturas temporárias e pastagem plantada.

#### 2 - Mensuração do Ritmo de Abertura de Áreas com Melhoramentos

As imagens do LANDSAT serviram para quantificar, para cada área de influência, as áreas incorporadas ao processo produtivo nos anos agrícolas 73/74, 74/75, 75/76, 76/77, 77/78, para seis estradas do total de oito. Não foi possível obter, para o ano de 1974, imagens do LANDSAT sem nuvens correspondentes à órbita 220 ponto 16 para as estradas ARAGUATINS - SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS E SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS AXIXÁ DE GOIÁS, limitando a análise das suas áreas de influência ao período de 1975 em diante. (Tabela 1)

A validade desse pressuposto foi testada pela comparação das áreas utilizadas em 1976 em agricultura e pastagem plantada, calculadas a partir de dados da FIBGE, com as obtidas de medições efetuadas diretamente nas imagens do LANDSAT. Os resultados estão apresentados a seguir: (Tabela 2)

**TABELA 1**  
**ÁREAS ACRESCIDAS AO PROCESSO PRODUTIVO NAS ÁREAS**  
**DE INFLUÊNCIA DAS RODOVIAS VICINAIS**

ESTRADA	(ha)									
	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	TOTAL				
						1973/78	1975/8			
ESTRADA ARAGUATINS-SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS	*	*	1.975	3.825	3.199	-	8.999			
ESTRADA SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS-AXIXÁ DE GOIÁS	*	*	575	1.943	1.568	-	4.086			
ESTRADA XAMBODÁ-VANDERLÂNDIA	1.575	4.043	1.676	4.925	2.105	16.524	10.906			
ESTRADA ARAGUANÁ-ARAGUAÍNA	3.243	3.962	3.718	3.037	2.673	16.643	9.430			
ESTRADA ARAGUAÍNA-PONTÃO	2.268	5.981	4.718	12.625	7.583	33.175	24.926			
ESTRADA GARIMPINHO-CAMPO ALEGRE	2.462	4.156	2.768	8.093	6.741	25.020	18.402			
ESTRADA ARAPOEMA-PAU D'ARCO	937	2.531	1.675	4.062	2.947	12.152	8.684			
ESTRADA COLINAS -COLÔNIA	868	3.150	2.287	4.716	4.393	15.414	11.396			

FONTE: - Imagens do LANDSAT

\*Não pôde ser obtida no ano de 1974 imagem do LANDSAT que representasse integralmente as áreas de influência das rodovias SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS-AXIXÁ DE GOIÁS, SÃO SEBASTIÃO DO TOCANTINS-ARAGUAÍNS, em virtude de constante presença de nuvens naquelas regiões. Este fato impediu que pudessem ser avaliados os impactos provocados por aquelas rodovias nos anos agrícolas 1973/1974 e 1974/1975.

TABELA 2

ÁREAS AGRÍCOLAS ESTIMADAS SEGUNDO FIBGE E IMAGENS DO LANDSAT

RODOVIA	ÁREA AGRÍCOLA TOTAL (ha)		2/1 %
	FIBGE (1)	LANDSAT (2)	
Araguatins - São Sebastião do Tocantins	19.261	15.325	79,6
São Sebastião do Tocantins - Axixá de Goiás	15.769	11.625	74,4
Xambioá - Vanderlândia	44.385	40.081	90,3
Araguanã - Araguaína	49.494	42.475	85,8
Araguaína - Pontão	73.384	57.751	73,7
Garimpinho - Campo Alegre	62.704	53.438	85,2
Arapoema - Pau D'Arco	24.122	18.705	77,5
Colinas - Colônia	30.637	26.817	85,5
TOTAL	319.620	266.037	83,2

FONTES: FIBGE - Anuário Estatístico do Brasil - 1976.  
Imagens do LANDSAT - 1976.

A área total estimada com base nas imagens é sempre inferior à constante do Censo, o que indica que as diferenças observadas na Tabela 2 não se devem somente ao pressuposto de distribuição uniforme dos diversos tipos de uso das terras dos municípios. Entre outras causas que podem ter contribuído, isoladamente ou em conjunto, estão:

- áreas de influência localizadas parcialmente em Regiões D, onde, conforme citado anteriormente, não podem ser avaliados os impactos através da interpretação visual das imagens;
- dimensões de certas glebas de masiadamente pequenas, cuja identificação se torna impossível através da interpretação visual das imagens;
- erro de avaliação na imagem.

Assim, o valor da produção para 1975, fundamentado nos dados da FIBGE e do fator para o cálculo das taxas anuais de crescimento relativas ao período 1973/1978, foi recalculado para cada uma das áreas de influência das estradas a partir da relação: área agrícola calculada com dados da FIBGE/

/área medida diretamente nas imagens.

Nas leituras dos relatórios das viagens de campo já realizadas, ficou constatado que quase todas as estradas ora analisadas existiam anteriormente como caminhos ou picadas de penetração, em condições precárias, e nas quais alguns casos, só é permitida a passagem na época de estiagem. O que significa que, antes de qualquer melhoramento executado nas vias de acesso, já existia pequena exploração agropecuária na região, sendo que a expansão se processava de forma muito lenta. A melhoria das condições de tráfego, ocasionada pela implantação das vicinais, deu novo impulso ao ritmo de incorporação de terras ao processo produtivo, estimulando a abertura de outras picadas e caminhos, o comércio entre as áreas ribeirinhas e a Belém-Brasília, e a ocupação agropecuária além do Rio Araguaia.

### III - Estimativa do Valor de Produção

Conforme citado anteriormente, a avaliação dos impactos provocados pelas rodovias vicinais, mediante a interpretação visual das imagens do LANDSAT, foi efetivada como base no acréscimo da área agrícola ao processo produti-



vo. Essa incorporação, que ocorre com a erradicação da vegetação existente, visa, especificamente, ao seu aproveitamento através da implantação de culturas permanentes, culturas temporárias e pastagem plantada. Para cada área, a relação valor da produção/área plantada é fundamental para estimativa do valor da produção agropecuária. O valor da produção, por sua vez, é composto pelos valores da produção de culturas permanentes, de culturas temporárias e de animais de grande porte.

No cálculo das áreas acrescidas ao processo produtivo, não foram considerados os valores correspondentes à pastagem natural, tendo em vista as incoerências nos dados (algumas vezes a área de pastagem natural, em determinados municípios, foi segundo dados da FIBGE, muito maior em 1970 de que em 1975).

Assim, e partindo-se da premissa de que, para uma mesma região, a capacidade de suporte de pastagem plantada, ou seja, o número de cabeças por hectares, pode ser considerada como constante, o valor da produção de animais de grande porte foi estimado com base na relação valor da produção/área de pastagens plantada, para cada um dos municípios em estudo, multiplicada pela área de pastagem plantada existente nas áreas de influências das rodovias vicinais.

Não tendo constado no censo de 1960 os valores da produção, o pressuposto baseou-se na constância dos preços unitários por área de cultura entre 1960 e 1970, sendo usados os valores unitários de 1970.

Para obter o valor de produção para o ano de 1960, e utilizadas as fórmulas de (1) a (3), foi necessário calcular áreas de estabelecimento para alguns municípios criados posteriormente a 1960. A estimativa dessas áreas foi efetuada como exemplificação, a seguir, para os municípios de São Sebastião, Sítio Novo e Axixá, todos desmembrados de Itaguatins após 1960.

Em 1960, a área total do município de Itaguatins (86.246 ha) foi distribuída, em termos percentuais, entre os quatro municípios existentes em 1970, a saber: São Sebastião 37,22%; Itaguatins, 47,35%; Sítio Novo, 6,68%; Axixá, 8,75%.

Em 1960, a área de estabelecimentos agropecuários de Itaguatins era de 57.871 ha, segundo o Censo Agrícola. Aplicados os percentuais citados,

obtiveram-se as seguintes estimativas de áreas em estabelecimentos: São Sebastião, 21.540 ha; Itaguatins, 27.402 ha; Sítio Novo 3.86 ha; e Axixá 5.063 ha. Na tabela estão evidenciados os valores considerados como áreas totais dos estabelecimentos, referentes ao ano de 1960, de municípios ainda não criados até essa data, tendo sido utilizado critério idêntico ao adotado para Itaguatins.

A interpretação visual das imagens do LANDSAT proporcionou também um confronto entre a época de melhoramento das condições das estradas e a taxa de crescimento anual das áreas agrícolas, nas respectivas áreas de influência. Houve quatro épocas de abertura que são discriminadas na tabela, conjuntamente com os aumentos médios anuais de valores da produção agropecuária.

- 1 - Estradas terminadas no ano de 1973  
ARAGUAÍNA - ARAGUANÃ  
- O valor médio acrescido por ano à produção é menor nos últimos três anos do que nos dois primeiros.
- 2 - Estrada terminada entre agosto-73 a agosto-74 - XAMBIOÁ-VANDERLÂNDIA  
- Houve aumento no valor anual acrescido à produção, após 1975.
- 3 - Estrada terminada entre agosto-74 a agosto-75. ARAPUEMA-PAU D'ARCO  
- Houve aumento no valor médio anual acrescido à produção, após 1975.
- 4 - Estradas ainda não concluídas até junho-78 - GARIMPINHO-CAMPO GRANDE COLINAS-COLÔNIA E ARAGUAÍNA-PONTÃO  
- Houve um aumento acentuado no valor acrescido anualmente à produção, após 1975.

Nota-se que, no Extremo Norte de Goiás, o aumento no valor da produção agropecuária foi sempre maior durante a fase da construção ou com a melhoria da estrada.

Infelizmente, não foi possível analisar os impactos anteriores a 1973, posto que o programa do LANDSAT foi somente implantado nesse ano.

Quando são analisados os impactos constatados nas áreas de influências das estradas vicinais, tendo como base somente dados de Censo Agrícola de 1960 e dos Censos Agropecuários do Estado de Goiás, de 1970 e de 1975, verifica-se que o crescimento do valor da produção é tipicamente elevado. Como exemplo,

TABELA 3  
 ESTRADAS VICINAIS  
 KM CONSTRUÍDOS POR ANO AGRÍCOLA

ESTRADAS	ANOS AGRÍCOLAS							
	ATÉ 1973	1973/1974	1974/1975	1975/1976	1976/1977	1977/1978		
ARAGUATINS - S. SEBASTIÃO Km construído	-	-	-	-	11,5	20,0		
SÃO SEBASTIÃO - AXIXÁ Km construído	-	-	52,5	12,0	-	-		
XAMBIOÁ-VANDERLÂNDIA Km construído	80,5	9,0	-	-	-	-		
ARAGUANÁ - ARAGUAÍNA Km construído	96,5	-	-	-	-	-		
ARAGUAÍNA - PONTÃO Km construído	-	24,5	25,0	32	24	19		
GARIMPINHO - CAMPO ALEGRE Km construído	-	3,2	41,25	30,0	10,0	23,2		
ARAPOEMA-PAUD'ARCO Km construído	-	20,0	17,7	-	-	-		
COLINAS-COLONIA Km construído	-	-	5,0	4,5	15,5	18,70		

a estrada ARAGUAINA-FILADELFIA apresentou para o período 1960/1970 e 1970/1975 os respectivos aumentos relativos de 8,9 e 4,1 vezes. Estes e os demais incrementos nas áreas de influência das estradas estão apresentados na Tabela 3.

A influência da construção e do asfaltamento da estrada Belém-Brasília, concluídos entre 1960 a 1975, foi o fator diretamente responsável por essa alta taxa percentual de crescimento.

Observa-se que, no período 1960/1970, quando ainda não existiam as vicinais em questão, o impacto provocado pela abertura da estrada Belém-Brasília em toda a região foi muito maior do que o impacto provocado por qualquer das vicinais em sua área de influência. Isto é coerente com o fato de a Belém-Brasília ter reduzido muito mais os gastos de comercialização dos produtos do que as vicinais posteriores.

#### IV Cálculo do Valor Presente dos Benefícios e Custos de Cada Estrada

O trabalho de campo indicou que se comercializam, aproximadamente, 85% dos produtos agrícolas oriundos de culturas temporárias, percentual que se eleva a quase 100% nos casos de pecuária e culturas permanentes.

O valor dos benefícios líquidos da produção é igual ao valor dos produtos agropecuários, a nível de propriedades, descontados os custos de produção. Para a área em estudo, não há dados que possibilitem quantificar o valor da produção com base nos preços mínimos e o valor líquido da produção igual ao valor dos pagamentos de transferências (ICM com e sem as contribuições obrigatórias do FUNRURAL), já que os pagamentos de transferências não são considerados custos econômicos (dependem de ser considerado o FUNRURAL um imposto ou um custo social associado à mão-de-obra, este encargo pode ser ou não considerado custo econômico. Ambas as suposições são examinadas abaixo).

Algumas das estradas em estudo ainda não se encontravam concluídas em junho de 1978, data da última imagem utilizada no estudo; outras tinham sido recentemente concluídas, e o restante delas possuía um tempo máximo de cinco anos de conclusão. Como se trata da área de nova fronteira, esti-

mou-se em 30% da área em estudo como destinados à agropecuária. Este percentual foi calculado como um mínimo, pois a legislação em vigor permite o desmatamento de até 50% da área de cada propriedade, sendo que desmembramento sucessivo pode levar ao desmatamento praticamente total da região.

O cálculo dos benefícios de custos de cada uma das estradas, teve a seguinte seqüência:

- 1 - Cálculo do valor da produção agropecuária comercializada em cada uma das áreas de influência;
- 2 - Cálculo do valor do benefício líquido por hectare utilizado sob três hipóteses alternativas:
  - . Benefício líquido igual ao ICM 15% da produção comercializada;
  - . Benefício líquido igual a 17,5% (ICM mais FUNRURAL);
  - . Benefício líquido igual a 33,3% da produção comercializada.
- 3 - Cálculo da área agrícola média anualmente incorporada ao processo produtivo, por Km de estrada construída;
- 4 - Cálculo dos benefícios e custos de cada uma das estradas.

#### 1 - Cálculo do Valor de Produção Comercializada

O valor da produção comercializada foi calculado conforme demonstrado na Tabela 1, com base nas áreas acrescidas ao processo produtivo em cada ano agrícola. Os valores totais da produção foram obtidos através do índice valor/área. O valor da produção comercializada foi considerado igual ao valor total, no caso da pecuária e das culturas permanentes e igual a 85% do valor total, no caso de culturas temporárias.

#### 2 - Cálculo do valor do Benefício-Líquido por Hectare Utilizado

O valor da produção foi avaliado com base nos preços mínimos, que são normalmente menores que os preços pagos aos produtores. O valor líquido da produção foi calculado em três percentuais que correspondem a diferentes hipóteses sobre o valor líquido da produção, ou seja sobre a diferença entre o valor bruto e custos de produção. A alternativa de 15% corresponde ao ICM, o qual pode ser classificado como um pagamento de transferência; a de 17,5% acrescenta ao encargo do FUNRURAL ao conceito de pagamento de transferências; a de 33,3% representa um "aluguel" equivalente a um terço do valor da pro-

dução, considerada hipótese otimista devido ao exposto anteriormente.

Os valores de produção utilizados neste cálculo foram extraídos do Censo Agropecuário de 1975, atualizados para 1978, utilizando-se Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna - Fundação Getúlio Vargas (Conjuntura Econômica - junho 1979).

3 - Cálculo da Área Agrícola Incorporada Anualmente

Neste cálculo, foram consideradas as áreas crescidas ao progresso produtivo desde o ano 0 (zero), correspondente ao início da construção ou melhoria da estrada, até 1978.

4 - Cálculo dos Benefícios e dos Custos

Conforme citado anteriormente, tendo em vista as características peculiares de área de nova fronteira, foi estimado (como mínimo) que 30%, aproximadamente, do total de cada área de influência seriam utilizados para fins agrícolas. Foi calculado o número de anos necessários para atingir esse percentual, mantida constante a razão de culturas temporárias/área de culturas anuais/pastagem plantada. Portanto, foi relacionada a área total que seria utilizada para fins agrícolas à área média incorporada ao processo produtivo, por ano agrícola e por Km de estrada, e obtido o número médio de 18 anos.

Estimaram-se, a seguir, os benefícios líquidos da produção e os custos com a abertura e conservação de cada uma das estradas. O valor presente (também chamado valor atual e valor descontado) dos benefícios e dos custos foi baseado na tese de 10% a.a., comumente aplicada na avaliação dos projetos de transporte no Brasil.

As estradas em questão localizam-se na Região A citada. A data do início de construção ou de melhoria de características é sempre posterior a julho de 1973, época de obtenção da primeira imagem do LANDSAT utilizada neste Estudo.

Cabe lembrar que o cálculo dos valores presentes se alicerça em diversos pressupostos:

- Os benefícios não monetários sejam excluídos (avaliados em zero);
- Manutenção das proporções atuais de áreas em culturas temporárias, culturas permanentes e pastagem plantada, nas quais predomina a pecuária

- ria extensiva de baixíssimo valor de produção por hectare;
- 30% de cada área de influência venham a ser incorporados ao processo produtivo, embora a legislação vigente permita até 50% de desmatamento;
- O valor da produção seja o dos preços mínimos;
- Somente a produção comercializada gera valor líquido.

Segue-se a avaliação econômica das estradas, divididas em três grupos (valores em cruzeiros de 1978 por quilômetro representativo de via:

1 - Estradas somente viabilizadas com o Percentual de 33,3%

a - Estrada São Sebastião-Axixá

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
294.243	324.918	652.176	533.738	18
		511.040	509.948	14

b - Estrada Garimpinho-Campo Alegre

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
398.224	464.596	881.894	533.738	18
		530.439	485.107	11

c - Estrada Araguaína-Pontão

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
422.826	490.338	934.489	533.738	18
		504.312	475.118	10

2 Estrada Viabilizada com os Percentuais de 17,5% e 33,3%

Estrada Colinas - Colônia

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
482.094	564.153	1.070.180	523.738	18
	535.397	-	528.612	17
		509.643	464.130	9

3 Estradas Viabilizadas com os Percentuais de 15,%, 17,5% e 33,3%

a - Estrada Arapoema-Pau D'Arco

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
581.920	677.518	1.292.507	533.738	18
552.258	-	-	528.612	17
	529.688	-	516.771	15
		452.936	438.748	7

b - Estrada Araguatins-São Sebastião

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
611.418	714.394	1.188.243	533.738	18
546.512	-	-	528.612	17
	517.703	-	509.948	14
		490.925	452.043	8

Conclui-se dos resultados apresentados que:

• Todas as seis estradas serão consideradas viáveis, se os benefícios líquidos da produção agropecuária fo-

rem considerados como 33,3% do valor da produção total por hectare;

• Três estradas serão consideradas viáveis, se os benefícios líquidos da produção agropecuária forem consideradas como 17,5% do valor da produção total por hectare;

• Duas estradas serão consideradas viáveis, se os benefícios líquidos da produção agropecuária forem considerados 15% do valor da produção total por hectare,

Análise de Sensibilidade da Solução

As cifras obtidas para os valores presentes dos benefícios e custos dependem das suposições adotadas no cálculo, sendo que, as que foram empregadas, tenderam a subestimar os benefícios financeiros das estradas. No caso de todas as estradas, por exemplo, pelos cálculos abaixo, a avaliação econômica é bem mais favorável, por estar baseada nas seguintes premissas:

1) As proporções atuais de distribuição percentual das áreas destinadas a culturas permanentes, culturas temporárias e pastagem plantada;

2) As áreas médias incorporadas ao processo produtivo por ano agrícola e por Km de estrada;

- As estradas de Garimpinho-Campo Alegre e Araguaína - Pontão levariam 29 anos para atingir a esse percentual;

- A estrada de São Sebastião-Axixá, tendo em vista a pequena dimensão com que se apresenta a área média que é agregada ao processo produtivo, levaria 45 anos para atingir 50% da área total.

Assim, as estradas anteriormente viáveis apenas com benefícios líquidos de 33,3% podem ser divididas em três grupos:

1 - Estrada Somente Viável ao Percentual de 33,3%

Estrada São Sebastião - Axixá

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
294.243	324.918	652.176	533.738	18
		511.040	509.948	11

2 Estrada Viável aos Percentuais de 17,5% e 33,3%

Estrada Garimpinho-Campo Alegre

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
398.224	464.596	881.894	533.738	18
	551.470	-	546.481	21

3 Estrada Viável aos Percentuais de 15%, 17,5% e 33,3%

Estrada Araguína - Pontão

VALOR PRESENTE DOS BENEFÍCIOS			VALOR PRESENTE DOS CUSTOS	Nº DE ANOS
15%	17,5%	33,3%		
422.826	490.338	934.489	533.738	18
561.471	-	-	560.971	26
	558.806	-	546.481	21
		504.312	475.118	10

Nota-se que o uso da hipótese de incorporação de 50% da área total deixa apenas a Estrada São Sebastião-Axixá em posição de duvidosa viabilidade econômica. A sua área de influência é caracterizada por solos muito pobres, do ponto de vista de atividades agropecuárias, sendo de considerável valor a produção extrativa (que é pouco afetada por melhoramentos viários).

Entre outros fatores que poderão agir positivamente na elevação dos benefícios, ressalta-se a prioridade que a SUDAM está dando na aprovação de projetos para culturas temporárias ou permanentes, ao invés do atual padrão pecuarista. Este fato poderá alterar, favoravelmente, o percentual referente àqueles tipos de utilização do solo. Tendo em vista que sua renda por hectare resulta bem superior ao proporcionado pela pastagem plantada, diminuir-se-á o período necessário para a viabilidade das estradas em estudo.

Por último, o uso de preços acima dos mínimos aumentaria sensivelmente os benefícios estimados da implantação destas estradas.

Conclui-se portanto, que cinco, das seis estradas estudadas, são economicamente viáveis, considerados somente os benefícios monetários, sendo apenas uma, em região de solos muito pobres, de duvidosa viabilidade.

#### IV CONCLUSÃO

A utilização das imagens do LANDSAT, neste trabalho, mostrou que é possível acompanhar o ritmo de incorporação de certos tipos de área a atividades agropecuárias. Ademais, constatou-se que os benefícios de estradas vicinais implantadas no Extremo Norte Goiano tendem a ser bem maiores que os custos. Possíveis impactos desfavoráveis, como desmatamento excessivo, podem também ser monitorados por meio dessas imagens.

O sistema LANDSAT também oferece possibilidade de servir de instrumento auxiliar, dentre outras aplicações, no estudo de possíveis rotas para novas estradas, demarcação de áreas de colonização, reversas indígenas e florestais e zoneamento agrícola, embora estes tópicos não tenham sido objeto específico do presente Relatório.

O bom resultado do emprego da interpretação visual das imagens LANDSAT na avaliação dos impactos provocados por rodovias vicinais depende essencialmente de três fatores:

- Escala das imagens;
- Época de obtenção das imagens;
- Cobertura vegetal homogênea da área em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup>N.F. Koffler et alli, Reconhecimento Preliminar da Região sob Influência da Estrada Unaí-Garapuava (Minas Gerais). São José dos Campos:INPE,1978.
- <sup>2</sup>E.M.L. M. Novo, Projeto UTVAP - Análise Comparativa entre Fotografias Aéreas Convencionais e Imagens do LANDSAT para fins de Levantamento do Uso da Terra. São José dos Campos: INPE, 1978.

