

# O processo de desmatamento na Amazônia

DIÓGENES S. ALVES

## A EVOLUÇÃO DO DESFLORESTAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL

A ocupação da Amazônia Legal<sup>1</sup>, nos últimos 50 anos, ocorreu no contexto de um projeto de integração nacional, que incluiu o estabelecimento dos chamados “eixos” e “pólos” de desenvolvimento, apropriação de terras para projetos agropecuários e reforma agrária, mineração (Becker 1997, Machado 1998), e, mais recentemente, produção e exportação de grãos. A partir da década de 70, o processo de ocupação acelerou-se e milhões de hectares de florestas foram derrubados para criação de pastos e projetos de colonização e reforma agrária.

O desflorestamento leva a alterações no funcionamento dos ecossistemas, gerando impactos sobre a estrutura e a fertilidade dos solos e sobre o ciclo hidrológico, e constitui importante fonte de gases do efeito estufa (Smith *et al.* 1995, Gash *et al.* 1996, <http://www.mct.gov.br/clima>, Houghton *et al.* 2000). Ao mesmo tempo, a rápida expansão do desflorestamento é acompanhada de condições de vida precárias devido aos conflitos sociais, à migração desordenada e ao crescimento desorganizado das cidades (Becker 1997, Godfrey e Browder 1996, Machado 1998).

## USO DE IMAGENS DE SATÉLITES

O mapeamento de áreas desflorestadas<sup>2</sup> é feito tradicionalmente através da análise de imagens dos satélites Landsat. A viabilidade dessa técnica foi inicialmente comprovada pelos estudos realizados por Tardin *et al.* (1980), que utilizaram imagens do instrumento Landsat/MSS para mapear as áreas desflorestadas em dois períodos da década de 70.

No final da década de 80, estimativas baseadas em dados de queimadas e na extrapolação exponencial de estudos localizados sugeriram taxas anuais de cerca de  $8 \times 10^6$  haano<sup>-1</sup> em 1987 e 60 milhões de hectares

---

<sup>1</sup> A Amazônia Legal compreende os atuais estados do Acre, do Amapá, do Amazonas, do Maranhão (a oeste de 44°), do Mato Grosso, do Pará, de Rondônia, de Roraima e do Tocantins.

<sup>2</sup> Desflorestamento é aqui definido como a derrubada de áreas de florestas pelo homem. O termo desmatamento será empregado como termo mais genérico, referindo-se à derrubada de áreas de floresta e outros tipos de vegetação, como cerrados e campos naturais.

desflorestados até 1988 (Fearnside 1990). Em seguida a essas estimativas, implementou-se uma série de mapeamentos baseados em imagens do instrumento Landsat/TM, que permitiram estimar que as áreas derrubadas até 1998 excediam 55 milhões de hectares, com taxas de desflorestamento variando entre  $1,1 \times 10^6$  haano<sup>-1</sup> e  $2,9 \times 10^6$  haano<sup>-1</sup> nos anos 90 (INPE 2000, Tabela 1). Esses mapeamentos utilizaram imagens em papel, na forma de composições coloridas dos canais 5 (infravermelho médio), 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho) do Landsat/TM na escala 1:250.000, que são comparadas em anos consecutivos para a detecção e o mapeamento de novas áreas desflorestadas. Algumas restrições desses estudos, relacionadas com aspectos metodológicos e com a não disponibilidade de dados para algumas regiões, podem ser registradas nesta análise:

a) Regiões que apresentam cobertura de nuvens muito freqüente, em particular, no norte do Maranhão, do Pará e no Amapá, não têm sido monitoradas adequadamente.

b) Os levantamentos são realizados com atrasos de dois ou mais anos, devido às dificuldades orçamentárias e organizacionais. O número de observações realizáveis em um ano é restringido pela ocorrência de nuvens e pela taxa de revisita do satélite.

c) Os levantamentos são restritos às áreas de florestas, excluindo-se as áreas de cerrado e campos naturais, que representam cerca de 20% da Amazônia Legal.

d) A metodologia utilizada prevê a detecção sistemática de derrubadas maiores que 6,25 ha (1 mm<sup>2</sup> em imagens na escala 1:250.000), admitindo-se a omissão de áreas menores, como as de agricultura itinerante e extração seletiva de madeira.

e) O trabalho não contempla avaliação de erros, tais como erros de delineamento, posicionamento e detecção das áreas desflorestadas, que acarretam imprecisões nas estimativas de desflorestamento e mapas de baixa qualidade.

f) O trabalho realizado pelo INPE não inclui a geração sistemática de mapas com qualidade e formato adequados para disseminação e publicação, seja em forma impressa ou digital. Alguns documentos críticos existem somente em papel.

Apesar dessas restrições, esses mapeamentos constituem a única fonte de dados sobre a evolução anual do desflorestamento para toda a Amazônia Legal, podendo ser usados para apreender algumas características importantes do processo de ocupação e desflorestamento.

**Tabela 1**

<b>EVOLUÇÃO DO DESFLORESTAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL (106 ha)</b>										
	1988	1989	1990	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998
Acre	0,890	0,980	1,030	1,070	1,110	1,206	1,331	1,374	1,470	1,471
Amazonas	1,970	2,170	2,220	2,320	2,400	2,474	2,663	2,743	2,814	2,887
Maranhão	9,080	9,230	9,340	9,410	9,524	9,598	9,776	9,934	9,979	10,059
Mato Grosso	7,150	7,960	8,360	8,650	9,117	10,361	11,215	11,914	12,502	13,181
Pará	13,150	13,930	14,420	14,800	15,179	16,036	16,901	17,614	18,123	18,837
Rondônia	3,000	3,180	3,350	3,460	3,687	4,206	4,615	4,865	5,053	5,328
Roraima	0,270	0,360	0,380	0,420	0,448	0,496	0,512	0,536	0,556	0,579
Tocantins	2,160	2,230	2,290	2,340	2,381	2,448	2,514	2,548	2,577	2,640
Amazônia Legal	37,8	40,1	41,5	42,6	44,0	47,0	49,7	51,7	53,3	55,2

Observação: Áreas coberta por nuvens analisadas parcialmente

<b>TAXAS DE DESFLORESTAMENTO MÉDIAS (106 haano-1)</b>									
	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998
Amazônia Legal	1,80	1,38	1,12	1,38	1,49	2,91	1,82	1,32	1,74

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) 2000

### A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DESFLORESTADAS

Análises derivadas dos mapas de desflorestamento elaborados pelo INPE (2000), para o período 1991-1997, e por Tardin *et al.* (1980), para a década de 70, permitiram investigar a distribuição espacial do desflorestamento e algumas configurações espaciais das regiões de ocupação mais intensa.

Uma estimativa das taxas médias anuais de desflorestamento no período 1991-1994, para os municípios da Amazônia Legal (Alves *et al.* 1998), mostrou uma grande concentração de taxas maiores nos municípios próximos à malha viária principal, nos flancos oriental, sul e sudoeste da Amazônia.

Uma análise do período 1991-1996 mostrou que 87% do desflorestamento ocorreu dentro de 25 km de áreas de ocupação pioneira (áreas

desflorestadas até 1978 mapeadas por Tardin *et al.* 1980), enquanto que cerca de 17% ocorreu dentro de 50 km do eixo Cuiabá-Porto Velho-Rio Branco, 33% dentro de 50km da malha viária ligando o Centro-Oeste ao Pará e ao Maranhão e 24% dentro de 50 km dos eixos ligando Cuiabá-Santarém e a Transamazônica (Alves 1999). Estes resultados mostraram que o desflorestamento espalhou-se a partir dos eixos de desenvolvimento definidos nos anos 70, concentrando-se fortemente em regiões próximas às áreas de ocupação pioneira.

A concentração do desflorestamento foi investigada para regiões de projetos de colonização em Ouro Preto do Oeste, Jarú, Machadinho do Oeste e municípios próximos em Rondônia, tendo sido observado que as áreas desflorestadas aumentaram de  $206 \times 10^3$  ha em 1977, para  $565 \times 10^3$  ha em 1985 e  $1.210 \times 10^3$  ha em 1995 (Alves *et al.* 1999). Ao mesmo tempo, observou-se que, para o ano de 1995, 81% do desflorestamento ocorreram dentro de 12,5 km das áreas desflorestadas até 1977, e que regiões dentro de 12,5 km da rodovia Cuiabá-Porto Velho (BR364) apresentavam apenas 20% de remanescentes florestais, aí incluídas as áreas de reserva legal.

A taxa de desflorestamento por municípios foi estimada para o período 1991-1995 (Alves 2000). Esse período constitui interesse especial de estudo por incluir, ao mesmo tempo, as maiores e menores taxas da década passada, e apresentar cobertura de nuvens relativamente moderada. Os resultados desse trabalho são resumidos na Tabela 2 e Figura 1 e mostram, também, a concentração do desflorestamento ao longo dos eixos de desenvolvimento, com vários núcleos de taxas elevadas em regiões de pólos de desenvolvimento (Figura 1).

Numa análise mais detalhada, a taxa de desflorestamento foi estimada para os períodos 1991-1994, 1994-1997 e 1991-1997 mostrando que 90% das taxas ocorreram dentro de 100 km dos principais eixos de desenvolvimento, região correspondente ao polígono de terra devolutas destinadas aos projetos de colonização e aos pólos de desenvolvimento concedidos nos anos 70 e 80 (Alves, 2001). O mesmo trabalho observou que as maiores taxas de desflorestamento geralmente ocorrem em regiões onde derrubadas maiores são predominantes, e que as áreas desflorestadas tendem a agrupar-se ao longo do tempo, formando clareiras cada vez maiores. O trabalho estimou que áreas maiores que 50 ha e 200 ha corresponderam, respectivamente, a 74% e 50% da área total desflorestada em 1991-1997.

De uma forma geral, esses trabalhos mostram uma concentração importante do desflorestamento em áreas próximas aos eixos e pólos de desflorestamento, e às áreas desflorestadas ainda nos anos 70. Assim, o processo de desflorestamento mais intenso parece ocorrer com maior probabilidade na vizinhança de regiões já abertas, alargando as áreas derrubadas, levando à redução contínua e, em alguns casos, ao esgotamento das reservas legais.

Dentre os eixos de desenvolvimento, aqueles que oferecem acesso fácil ao Sul e ao Centro-Oeste têm concentrado a maior parte do desflorestamento. Note-se, que menos de 11% das taxas de desflorestamento no período 1991-1997 corresponderam a regiões da Transamazônica a oeste de Marabá, enquanto que mais de 85% das taxas foram observados ao redor dos grandes corredores ligando Belém ao sul do Pará, ao Mato Grosso e ao Centro-Oeste, Cuiabá ao “Nortão” mato-grossense e a Santarém, e Cuiabá a Porto Velho e Rio Branco.

Conclui-se, assim, que o desflorestamento teve incentivo inicial importante com a implantação dos eixos e pólos de desenvolvimento e permaneceu elevado nas regiões que estabeleceram sistemas produtivos encadeados ao Centro-Oeste, ao Sul, e ao Nordeste, como é o caso dos flancos oriental, sul e sul-sudeste da Amazônia.

#### CAPACIDADES E COMPETÊNCIAS

De uma forma geral, o levantamento de áreas desflorestadas é baseado em metodologias consolidadas, relativamente bem disseminadas no Brasil e no exterior. A gravação sistemática de imagens pelo MCT/INPE tem permitido mapear a quase totalidade da Amazônia Legal e oferece meio único de monitorar a região a custos aceitáveis. Ao mesmo tempo, o barateamento das tecnologias de processamento digital de imagens e de sistemas de cartografia por computador contribuiu ainda mais para a capacitação e o estabelecimento de equipes em várias partes do país.

Levantamentos similares aos do INPE são realizados em diversas instituições, como o IBAMA (Ministério do Meio Ambiente), a SEDAM/RO (Governo do Estado de Rondônia), a FEMA/MT (Governo do Estado de Mato Grosso) e o IBGE (Ministério do Meio Ambiente), utilizando diversas escalas e algumas variações metodológicas. O Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) deverá incluir ferramentas para estudos similares. Diversas universidades, centros de pesquisas e organizações não governamentais têm realizado estudos semelhantes, ainda que em áreas geográficas limitadas.

Em conclusão, pode-se esperar que análises do desflorestamento possa ser realizado por várias equipes em diferentes regiões da Amazônia, gerando dados básicos para aprofundar o conhecimento do processo de ocupação.

#### **ENTENDENDO O PROCESSO DE OCUPAÇÃO E SEUS IMPACTOS**

Os processos de desflorestamento e ocupação desordenada e seus impactos ainda são mal compreendidos e por isso têm sido objeto de diversas iniciativas científicas. A organização desses estudos procura considerar a complexidade dos processos envolvidos, buscando articular es-

forços de diversas disciplinas, como nos casos do experimento multinacional LBA (<http://lba.cptec.inpe.br/lba/index.html>). Direciona para o estudo do funcionamento dos ecossistemas amazônicos e dos impactos do desflorestamento sobre esses sistemas, e da elaboração da metodologia para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), baseada na análise integrada de diagnósticos de vulnerabilidade e de potencialidades sociais.

Apesar dessas iniciativas, pode-se argumentar que algumas questões têm recebido pouca atenção de estudos integrados e multidisciplinares. Em particular, pouco tem sido feito para reconhecer as especificidades dos diferentes grupos sociais existentes nas várias regiões da Amazônia e, igualmente, dos sistemas de produção em que esses grupos sociais se inserem. Considerando que a formulação de políticas públicas procura, em muitos casos, atingir grupos sociais e sistemas de produção reconhecendo suas particularidades regionais, pode-se reivindicar, aqui, um maior papel da ciência. Dessa forma, questões importantes, que afligem os grupos sociais existentes na Amazônia de hoje, como as da viabilidade dos sistemas de produção instalados em diferentes regiões, dos efeitos dos processos de migração e instalação desordenadas das populações, e muitos outros, poderiam ser tratadas com mais profundidade, gerando-se subsídios para maior adequação das políticas públicas.

Tendo em vista a formulação de agenda em Ciência e Tecnologia, sugere-se que uma primeira iniciativa seja a organização de análises integradas, combinando competências individuais existentes em diversos campos. Uma parte considerável desse esforço deve concentrar-se na coleta e organização de dados de diversas fontes, para reduzir os problemas de escassez e dispersão de dados. Atenção especial deve ser dedicada à constituição e atualização de séries históricas de dados, permitindo investigar as rápidas transformações por que passa a Amazônia.

Um primeiro objetivo a ser alcançado por tais estudos integrados poderia ser o de reconhecer diferentes regiões, levando em conta as particularidades dos sistemas de produção e dos grupos sociais nelas instalados. Para caracterizar essas regiões, pode-se identificar os diferentes padrões de desflorestamento e de uso da terra e investigar as relações entre esses padrões e processos econômicos, agrário-fundiários e sociais. Essa abordagem poderia ser baseada em metodologias de trabalho combinando diferentes fontes de informações como imagens de satélites, dados censitários, levantamentos de campo, análises demográficas e sócio-econômicas, que buscassem apreender as especificidades de cada região dentro de análises abrangentes. O desenvolvimento de tal metodologia requer esforços conceituais dirigidos, considerando as dimensões e a diversidade da Amazônia, e a inexistência de estudos integrados, além de casos de estudo isolados como descritos, por exemplo, em Liverman *et al.* 1998 e Hall 2000. Como paradigma geral de trabalho, poder-se-ia contrapor as regiões umas às outras, investigando-se, ao mesmo tempo, as relações continuamente estabelecidas entre elas.

Num primeiro momento, o reconhecimento das especificidades dos sistemas de produção e grupos sociais instalados nas diferentes regiões poderia gerar subsídios para refinar políticas públicas já delineadas. Assim, poderiam ser criados subsídios para a reformulação do Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/65 e alterações como as Medidas Provisórias 1.511-17/97 e 1.605-24/98, que obrigam a manutenção de até 80% das propriedades para fins de reserva legal na região Norte e na parte norte da região Centro-Oeste) ou a concepção dos corredores do programa Brasil em Ação (<http://www.brazil-in-action.gov.br>). Espera-se, igualmente, subsídios para o ordenamento territorial no âmbito do ZEE, para o financiamento das atividades produtivas, para recuperação de áreas degradadas e outros projetos.

Num contexto mais amplo, outras análises dos impactos da ocupação podem ser enriquecidas considerando-se os grupos sociais e os sistemas de produção instalados na Amazônia, sempre que esses possam ser incorporados na formulação e parametrização de modelos mais detalhados, melhor representativos de contextos locais, contribuindo para a formulação de cenários mais refinados que possam enriquecer a formulação de políticas públicas. A caracterização dos padrões de ocupação pode também servir para caracterizar regiões críticas para a formulação de políticas sob diversos pontos de vista, seja pela fragmentação ou destruição importante das áreas de reserva legal, seja pela possibilidade de detectar diferentes tipos de degradação e de perda de produtividade, seja por sugerir transformações importantes na estrutura fundiária ou social.







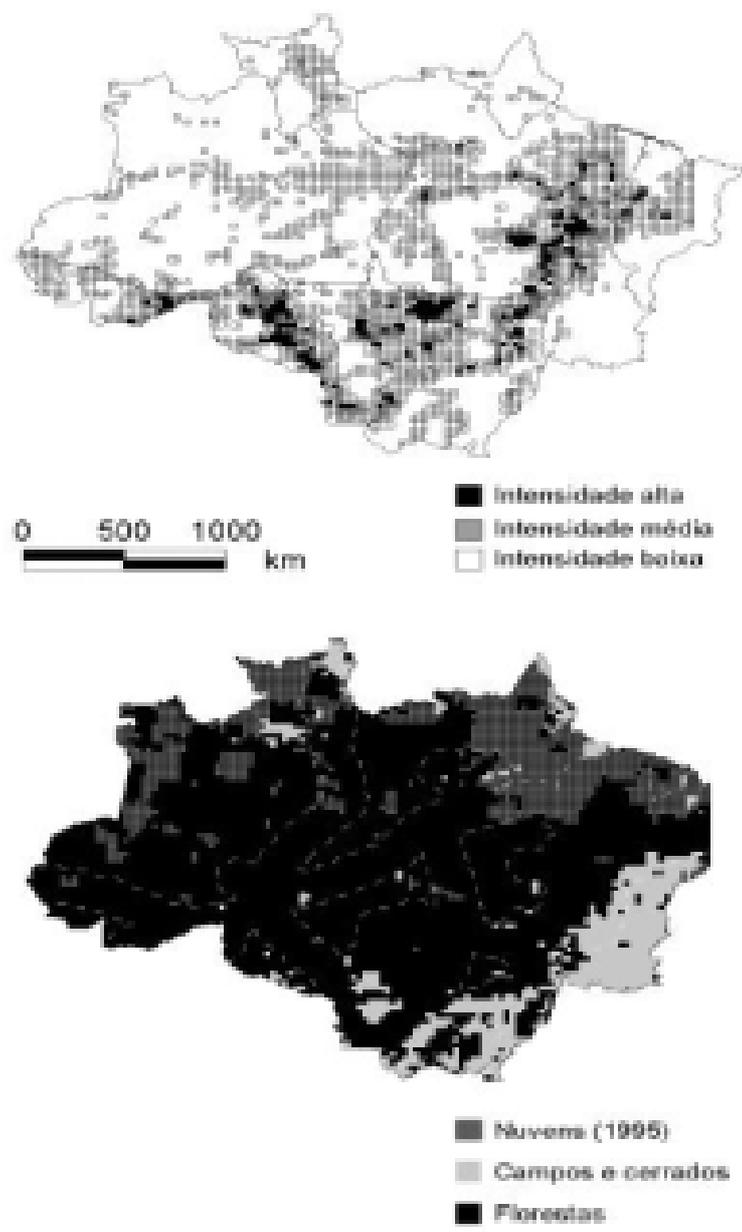








**Figura 1**



Mapas da Amazônia Legal mostrando células de 1/4° segundo a intensidade do desflorestamento no período 1991-1995 (figura superior) e áreas de florestas, campos naturais, cerrados e nuvens em 1995 (figura inferior). A intensidade do desflorestamento é caracterizada por três classes (alta, média e baixa), cada uma representando 33% do desflorestamento observado nas áreas de floresta no período 1991-1995 (células que apresentaram desflorestamento muito baixo, que reuniram, em seu conjunto, menos de 1% do total, não são mostradas). A linha pontilhada na figura inferior corresponde ao envelope de 100 km ao redor dos principais eixos de desenvolvimento onde ocorre a maior parte do desflorestamento. Adaptado de Alves 2000.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES D.S., *et al.*, 1998. Análise da distribuição espacial das taxas de desflorestamento dos municípios da Amazônia Legal no período 1991-1994. INPE-AMZ-R04/98, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brazil.
- ALVES, D.S., 1999. An analysis of the geographical patterns of deforestation in Brazilian Amazonia in the 1991-1996 period. In: *Land Use and Deforestation in the Amazon*. Edited by Charles H. Wood and Roberto Porro (Gainesville, University Press of Florida, in press)
- ALVES, D.S., PEREIRA, J.L.G., SOUZA, C.L., SOARES, J.V., YAMAGUCHI, F., 1999. Characterizing landscape changes in Central Rondônia using TM imagery. *Int. J. Remote Sensing*, 14, 2877-2882.
- ALVES, D.S., 2000, Distribuição Espacial do Desflorestamento na Amazônia Legal: Análise dos dados do projeto PRODES do período 1991-1995, relatório preparado para a Secretária de Coordenação da Amazônia do Ministério do Meio Ambiente, São José dos Campos, Junho de 2000, não publicado.
- ALVES, D.S., 2001. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. Subm. ao *Int. J. Remote Sensing*.
- BECKER, B.K., 1997. *Amazônia* (Ática, São Paulo)
- FEARNSIDE, P.M., 1990. The rate and extent of deforestation in Brazilian Amazonia. *Environmental Conservation*, 17, 213-226.
- GASH, J.H.C., NOBRE, C.A., ROBERTS, J.M., VICTORIA, R.L. (EDTS), 1996. *Amazonian Deforestation and Climate*. (John Wiley and Sons, New York)
- GODFREY, B.J., BROWDER, J.O., 1996. Disarticulated urbanization in Brazilian Amazon. *The Geographical Review* 85, 441-445.
- HALL, A. (EDT.), 2000. *Amazonia at the Crossroads* (London, Institute of Latin American Studies).
- HOUGHTON, R.A. *et al.*, 2000. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature* 403, 301-304.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2000, Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite 1998-1999, *Separata*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brazil.
- LIVERMAN, D., MORAN, E.F., RINDFUSS, R.R., STERN, P.C. (EDTS), 1998. *People and Pixels – Linking remote sensing and social science* (National Academy Press, Washington D.C.).
- MACHADO, L., 1998. A fronteira agrícola na Amazônia. In: *Geografia e Meio Ambiente no Brasil*. Organizadores Becker, B.K. *et al.* (Hucitec, São Paulo).
- SMITH, N.J.H., SERRÃO, E.A.S., ALVIM, P.T., FALES, I.C., 1995. *Amazonia: Resiliency and dynamism of the land and its people* (Tokyo: United Nations University Press).
- TARDIN, A.T. *et al.* 1980, Subprojeto desmatamento: convênio IBDF/CNPq - INPE. *Relatório Técnico INPE-1649-RPE/103*, Instituto de Pesquisas Espaciais, Brazil.

## Resumo

O desflorestamento na Amazônia tem sido monitorado através de imagens dos satélites Landsat, que mostraram taxas de desflorestamento variando entre  $1,1 \times 10^6$  e  $2,9 \times 10^6$  haano<sup>-1</sup> nos anos 90 e mais de  $55 \times 10^6$  ha desflorestados até 1998. Cerca de 90% do desflorestamento tem-se concentrado nos limites de 100 km da malha rodoviária

principal, ao redor dos eixos e pólos de desenvolvimento dos anos 70 e 80. A concentração e a rapidez do desflorestamento intensifica os impactos negativos da ocupação, afetando sistemas de produção e populações. Este trabalho reivindica que esforços de pesquisa sejam direcionados para reconhecer a diversidade de regiões e de problemas que coexistem na Amazônia atual, com ênfase nos impactos que o desflorestamento pode causar sobre sistemas de produção e grupos sociais. Para tanto, as iniciativas de monitoramento existentes devem ser integradas a estudos dos processos sócio-econômicos nas diferentes regiões, produzindo-se diagnósticos e cenários que contribuam para políticas públicas melhor adaptadas às particularidades de cada região.

### **Abstract**

Monitoring of Brazilian Amazônia based on satellite imagery has shown deforestation rates varying from  $1.1 \times 10^6$  to  $2.9 \times 10^6$  ha year<sup>-1</sup> in the 1990's and more than  $55 \times 10^6$  ha deforested by 1998. Nearly 90% of the deforestation has been concentrated within 100 km from main road networks, around development *corridors* and *projects* from the 1970's and 1980's. Fast, concentrated deforestation intensifies negative impacts of human occupation. This work demands that researching efforts should be directed to study regional diversities, focusing on deforestation impacts on production systems and social groups. To that effect, monitoring initiatives should be combined with socio-economic studies, to generate diagnostics and scenarios that might help to formulate policies better adapted to local and regional conditions.

### **O Autor**

DIÓGENES S. ALVES. É pesquisador titular da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), onde participa de estudos sobre o desflorestamento na Amazônia desde 1990. Seus trabalhos têm sido dedicados às configurações espaciais criadas pelo processo de desflorestamento, à formação da vegetação secundária nas áreas desflorestadas e a estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> devidas ao desflorestamento.