

ALGUNS ASPECTOS SAZONAIS DA FLORESTA AMAZÔNICA, NO  
INTERFLÚVIO COARI - TEFÉ, MONITORADOS POR IMAGENS  
LANDSAT TM.

Oscar P. G. Braun  
PETROBRAS-DEPEX-SEBINT  
Av. Chile, 65 - Centro - 20.035, Rio de Janeiro, RJ.  
Guy Gomes Siegl  
PETROBRAS-DENOC-AREMA

RESUMO

Com o objetivo de obter subsídios para minimizar as agressões ao meio ambiente e restaurar as condições naturais nas áreas de exploração de petróleo da Bacia do Solimões, a Petrobrás vem procedendo ao monitoramento do meio ambiente através de tratamento digital, em um SITIM, de imagens LANSAT e SPOT, obtidas anualmente, a partir de 1986. No interflúvio dos rios Coari e Tefé vem-se constatando a possibilidade de se reconhecer as áreas da floresta pelo seu grau de sensibilidade à degradação, assim como de estudar os efeitos das grandes variações sazonais de umidade e a origem das manchas, aparentemente naturais, de degradação.

ABSTRACT

In order to support the effort to reduce the environmental impact and to restore the natural conditions in areas of petroleum exploration in Solimões Basin, Petrobrás is collecting annual data through digital processing of Landsat and Spot images on a SITIM (INPE/ENGESPAÇO) workstation. As result of these studies it has been evident the possibility to evaluate the degree of vegetation sensibility to degradation as well as to study the seasonal variation on humidity and the origin of forest degradation spots in Coari and Tefé rivers watershed.

INTRODUÇÃO

Além do relevo, cujas maiores variações podem causar algumas diversificações notáveis na organização florística, a floresta amazônica tem como principal condicionante de sua exuberância a disponibilidade de água. Assim é que a parte sudeste da Hiléia, onde o clima é mais sazonal, com período seco melhor definido, nota-se uma crescente presença de espécies caducifólias e de ocorrências de manchas de floresta rarefeita, de menor porte, ou até mesmo de cerrado sobre terras elevadas e de menor retenção d'água. Afóra essa grande variação regional, notam-se algumas zonas no interior da floresta amazônica, onde ocorrem frequentes manchas de rarefação da cobertura florestal. A desidratação ocasionada pelos constantes ventos nas áreas mais planas, durante períodos ciclicamente mais secos, pode ser uma das razões dessas ocorrências. É nessas zonas de menor disponibilidade hídrica ocasional que a floresta mostra-se mais sensível à degradação. As grandes

devastações nessas áreas propiciam a implantação irreversível, por processo expontâneo, de vegetação de savana.

MATERIAL UTILIZADO E METODOLOGIA

Com a finalidade de monitorar as transformações do meio ambiente nas áreas de exploração de petróleo na bacia sedimentar do Solimões, a Petrobrás vem utilizando imagens Landsat TM obtidas anualmente, sempre no período mais seco, preferencialmente no mês de agosto.

Para uma análise mais ampla, em primeira aproximação, dos aspectos fisiográficos regionais, foram inicialmente adquiridas as cenas 1/63, 1/64, 232/63, 232/64, 233/63 e 233/64, em papel fotográfico e obtidas em 1987. Das poucas imagens Spot sem núvens disponíveis até 1987, foram adquiridas composições coloridas falsa-cor 3-2-1, na escala 1:500.000, das cenas 668/358-362 e 669/361-362 de 1986. Posteriormente os estudos concentraram-

## MAPA DE LOCALIZAÇÃO

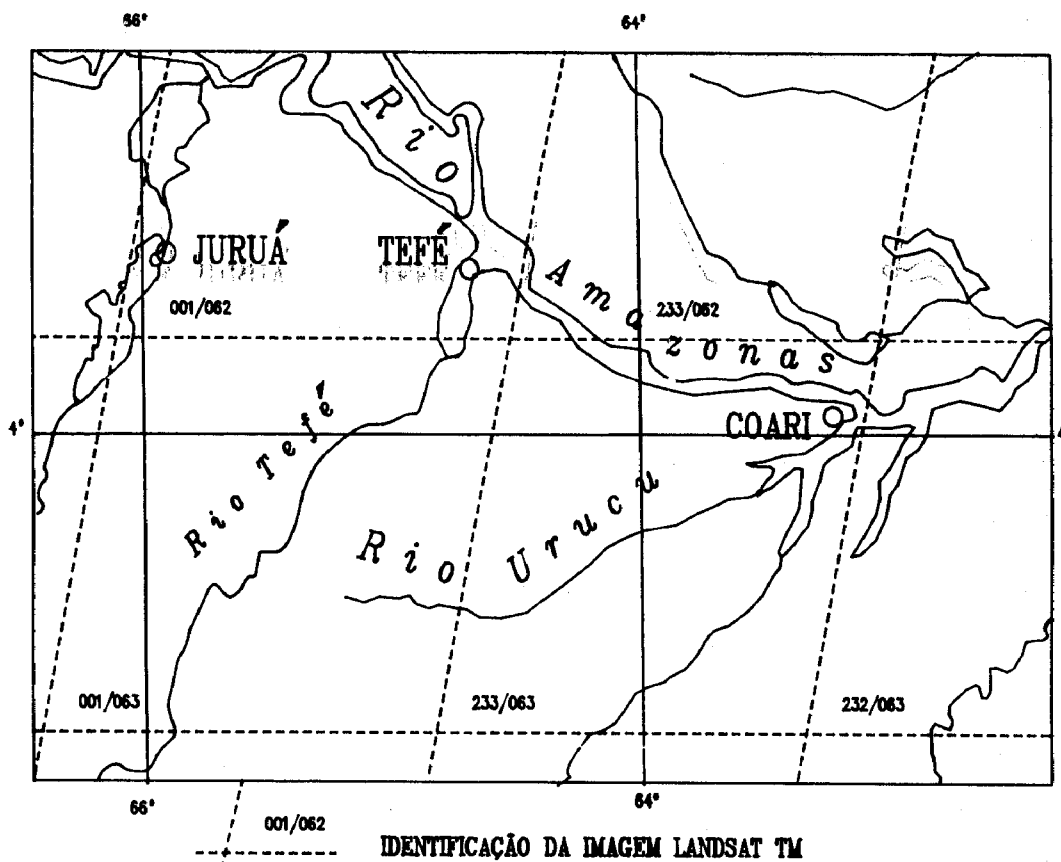


Figura 1 - Mapa de Localização.

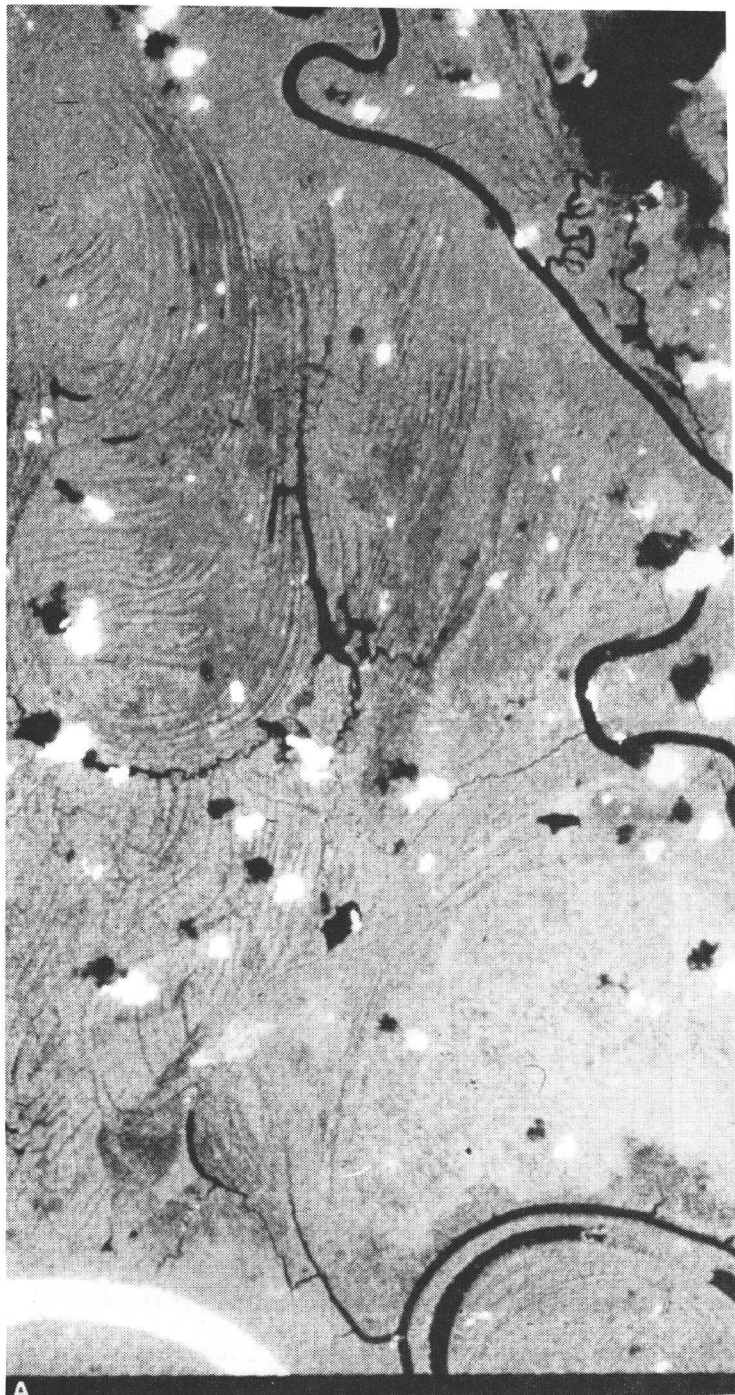
se na área compreendida pelos quadrantes B e D da cena 1/63 (fig. 1). Destes quadrantes foi adquirida uma fita CCT por ano, no intervalo de 1984 a 1989, das bandas 2, 4 e 5. Como a resposta da banda 2 é extremamente pobre nessa área, não acrescentando nenhuma informação de interesse ao objetivo do estudo, utilizou-se apenas as demais bandas.

A estação de tratamento de imagens utilizada foi um SITIM 150 da Engespaço (INPE), com as versões mais novas dos "softwares" de tratamento de imagens e de sistema de informações geográficas (SGI) desenvolvidos por essas instituições.

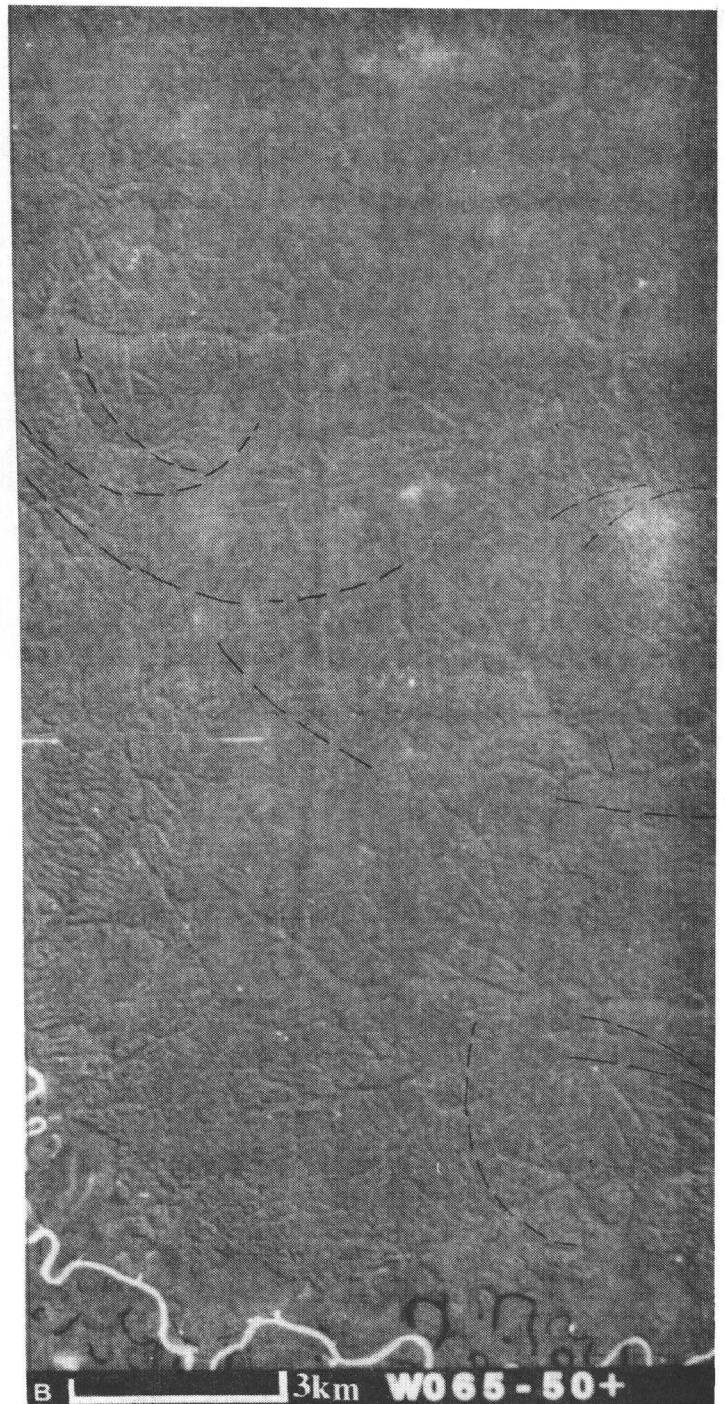
O tratamento resumiu-se na manipulação dos histogramas até obter-se o contraste mais adequado, compondo-se as bandas 5 e 4 respectivamente nos canais vermelho e verde. Em áreas específicas, onde foi necessário transferir informações de mapas temáticos, procedeu-se ao registro das imagens com as cartas básicas por meio do SGI. Através do registro de imagens de diferentes datas foi possível verificar a evolução das manchas de degradação da vegetação.

### ASPECTOS FISIográficos

A planície do Solimões acha-se em incipiente estágio de dissecação, apresentando grande densificação da drenagem de segunda ordem que se organiza em um padrão dendrítico sub-orientado. Os rios principais apresentam-se caprichosamente meandrantos, porém confinados a várzeas encaixadas e nitidamente controladas por grandes estruturas do substrato lítico, exceto em alguns trechos de leitos herdados por superimposição. É interessante notar que, nas proximidades dos grandes rios, como o Jurua, a incipiente drenagem juvenil da planície em dissecação condiciona-se à estrutura aluvial das linhas de migração das poças e meandros abandonados dos rios pretéritos (fig. 2). No baixo curso dos tributários do Solimões, nas proximidades de seu deságuas, as várzeas acham-se afogadas, formando longos lagos como o do rio Tefe visto na figura 3. Esta situação parece refletir uma momentânea interrupção no processo de dissecação devido, a uma episódica elevação do nível de base do rio Solimões.



A



B | 3km W065-50+

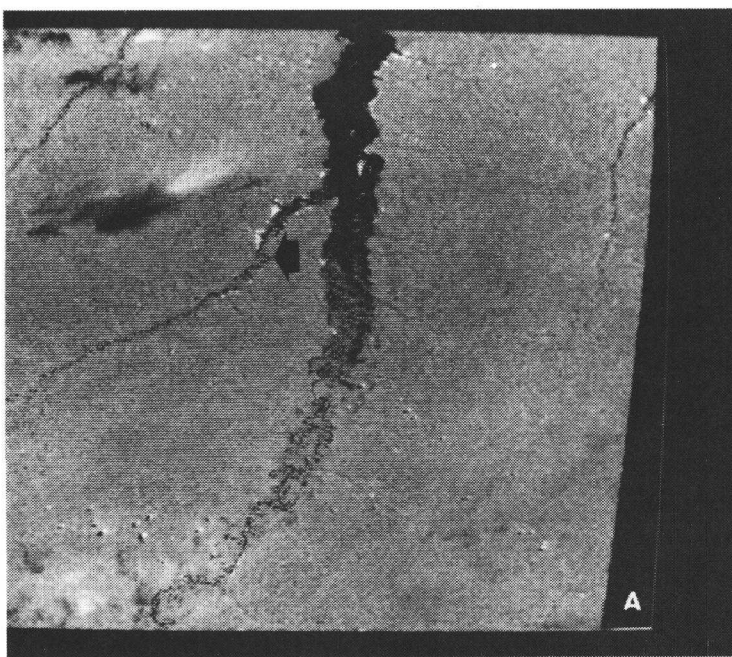
B

Figura 2 - Imagem Spot na escala original de 1:100.000. Foto A: Rio Purus, nas proximidades de Arimã. Foto B: Alto rio Coari. Na foto A vê-se o relevo e a vegetação condicionadas às estrias em arcos, resultantes da migração dos meandros do rio Purus. Na foto B, a superfície aluvial formada pelo pretérito curso do rio Purus acha-se já em estágio inicial de dissecação, condicionando a drenagem juvenil às mesmas estrias. Para um fotointérprete desavisado a orientação dessa drenagem poderia ser relacionada a estruturas tectônicas.

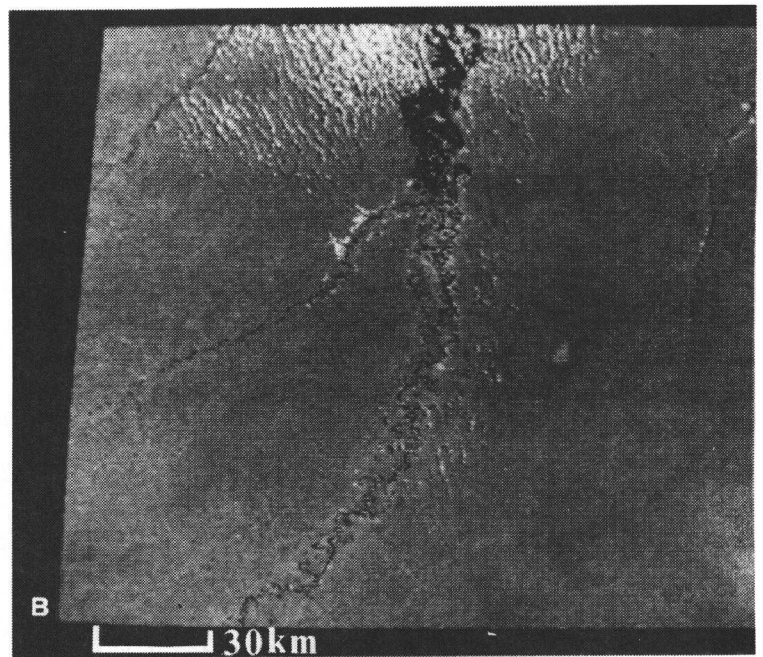
O clima da região é tropical úmido com uma estação seca curta e bem definida, entre os meses de junho e setembro ("Afi" na classificação de Köppen), alcançando o mínimo de nublação quase sempre no mês de agosto, pelo menos no período observado. As normais climatológicas das estações de Coari e Tefé mostram altas pluviosidade (média de 2400mm anuais) e umidade (média de 88%). Há, porém, anos de baixa

pluviosidade, como em 1966, 67, 68 e 69, quando a estação de Coari registrou respectivamente 1012,8mm, 761,5mm, 1152,2mm e 1388,9mm anuais.

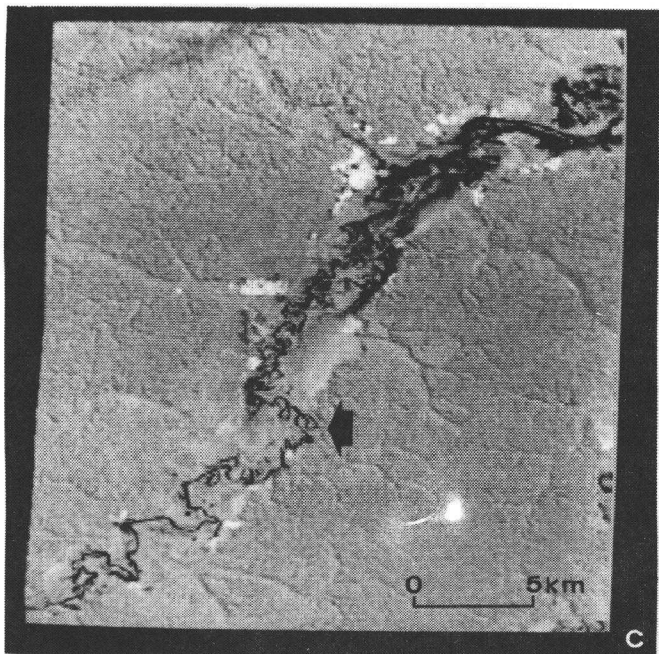
Quanto à cobertura vegetal, de acordo com a classificação adotada pelo INPA (Revilla et alii, 1986), ocorrem "floresta densa de terra firme sobre relevo plano" (vegetação mesófila na figura 7), "floresta densa de terra firme sobre relevo ondulado" e



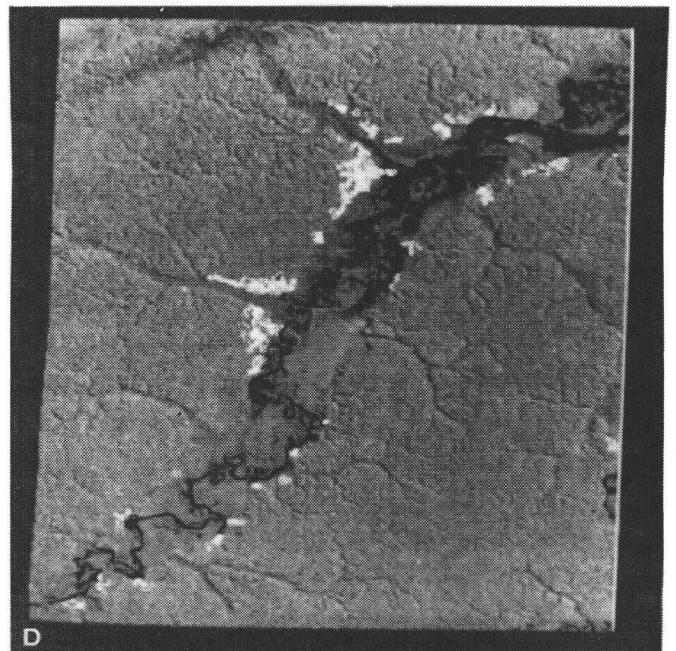
A



B



C



D

Figura 3 - Rio Tefé, cena 001/63, quadrante B. Imagens tomadas em 9 de agosto de 1984 (foto A) e 20 de agosto de 1988 (foto B). Pelos níveis d'água do rio Tefé, pode-se constatar a grande diferença de disponibilidade hídrica nos dois anos, no mesmo mês. Note-se maior variedade de tonalidades na foto B que denuncia a diversificação da flora. Note-se também o aumento da ocupação do solo nas margens dos rios pelo aumento das áreas desmatadas. As fotos C e D são ampliações da foto A nas bandas 4 e 5. A seta indica um ponto de referência. Note-se como a banda 5 dá melhor resposta das áreas desmatadas.

"floresta mista estacional inundável". Na primeira o estrato médio é quase ausente e o herbáceo é escasso sob um compacto dossel regularmente nivelado; na segunda, de dossel mais irregular, os estratos inferiores são mais desenvolvidos e com grande ocorrência de palmeiras; a morfologia da terceira é caracteristicamente heterogênea, onde sucedem-se igapós, bosques, palmeirais, etc. Estas três classes de cobertura vegetal são bem distinguíveis na banda 5 das imagens Landsat TM.

#### ALTERAÇÕES NA COBERTURA FLORESTAL

Como pode ser observado nas fotos A e B da figura 3, apenas a diminuição da disponibilidade hídrica sazonal é suficiente para alterar o nível de turgidez das folhas, assim como sua densidade no dossel da floresta, o que resulta em notáveis variações na refletância da radiação infra-vermelha. Portanto, deve-se levar em conta esse fator ao escolher e interpretar as imagens na Amazônia.

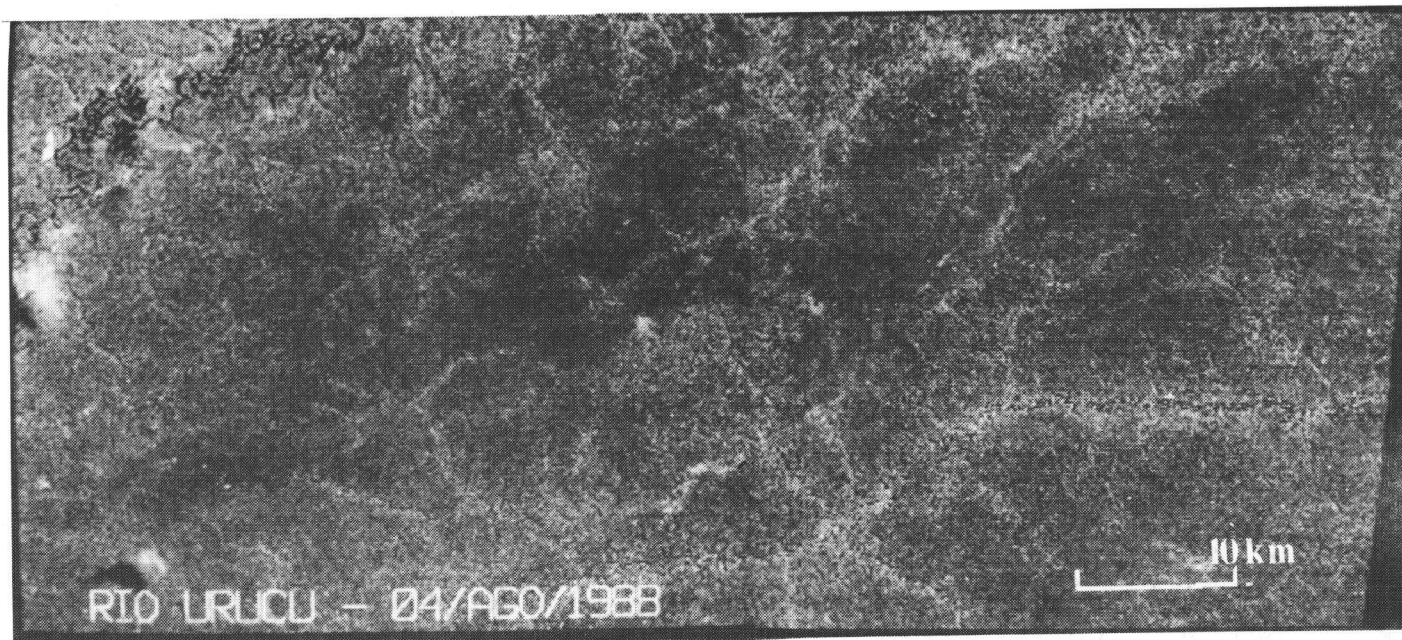


Figura 4 - Cena 001/63, quadrante D, banda 5, com aumento de contraste por alargamento do histograma no SITIM. Observa-se grande variação da tonalidade da vegetação, assim como as diversas manchas de degradação mapeadas na figura seguinte. As áreas mais escuras correspondem à mata mesófila, instalada em remanescentes da superfície aluvial pleistocênica que forma os platôs interfluviais ("floresta densa de terra firme sobre relevo plano"). A maior refletância nas zonas dissecadas deve-se ao aumento da turgidez das folhas.

Analisando as imagens em papel fotográfico tomadas em 1987, observaram-se manchas claras de rarefação da cobertura vegetal que, embora individualmente irregulares, distribuem-se em alinhamentos nordeste (figuras 4 e 5). O vale amazônico, assim como grandes trechos do rio Amazonas e de seus tributários da margem esquerda e ainda das elevações interfluviais, dispõem-se em alinhamentos nordeste por força de grandes estruturas do substrato lítico. Não é, portanto, de se estranhar que o relevo e a variação dos solos e da vegetação reflita esse condicionamento. Da mesma forma que ocorre no território de Roraima, os ventos no período seco têm com frequência essa mesma direção. Seria, desse modo, uma conjugação de diversos fatores a causa dessas manchas na vegetação.

Dyer em 1988, no seu estudo de rastros de tornados no sul do Brasil, mostra o efeito destrutivo do vento na cobertura florestal e a constante direção noroeste dos seus rastros.

Alguns daqueles rastros lembram vagamente a mancha na parte centro-sul das fotos A, B e C da figura 8. Mesmo que não tenha ocorrido fenômeno semelhante, o vento ainda pode ter contribuído para desidratação das copas nos períodos mais secos.

O mais intrigante, entretanto, foi a constatação de que algumas manchas apareceram a partir de 1985, pois não foram registradas nas imagens de 1984 como mostra a figura 6.

Nas figuras 4 e 5 pode-se notar que as manchas ocorrem preferencialmente nas áreas interfluviais ou nas suas proximidades, porém ocorrem indiferentemente nas duas primeiras classes de vegetação descritas acima. Outra constatação é que, pelo menos na restrita área da figura 5, elas parecem concentrar-se ao longo dos sistemas de fraturas denunciadas pelas anomalias de drenagem.

#### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

Infelizmente ao completar esta fase de observações ainda não houvera oportunidade de verificar essas manchas no campo, o que deverá ser feito no próximo período seco.

De qualquer forma, conclui-se que, se há degradação da floresta por processos naturais e se essas áreas degradadas aparentemente não conseguiram iniciar sua recuperação espontânea no período de cinco anos, esta parte da hiléia é extremamente sensível ao desmatamento tornando-se altamente arriscada a intensificação da ação antrópica nessas paragens.

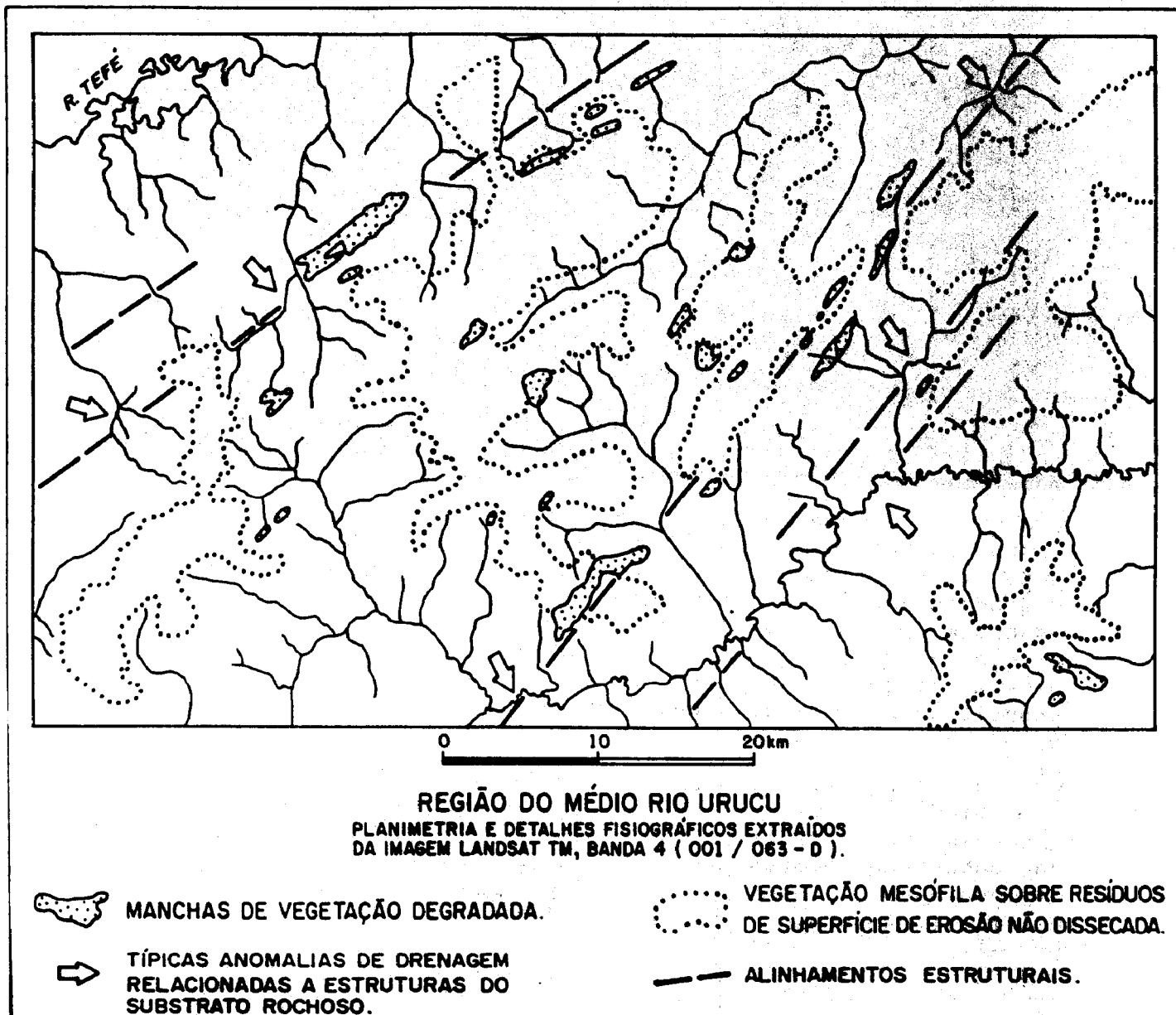


Figura 5 - Interpretação da imagem da figura 4.

Pesquisas palinológicas feitas em sedimentos de lagos da parte norte da Amazônia (Braun, 1973 e 1976) demonstram que a hielia é um episódio recente e que no período Quaternário alternaram-se savanas e florestas. Há fortes indícios de que os campos de São Marcos são resíduos das antigas savanas sobre os quais a floresta avança; enquanto os campos da parte sul da Amazônia, como os de Puciari e Humaitá, resultariam da degradação da floresta. Neste caso, torna-se importante um estudo da origem das manchas de rarefação da floresta para uma melhor avaliação dos impactos da ação antrópica no meio ambiente. Para esse estudo serão necessárias, além das análises rotineiras dos solos e das características do processo de desfolhamento e de debilitação da vegetação, uma avaliação da variação da umidade e da possível presença de elementos tóxicos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAUN, O. P. G. Projeto Roraima; 2ª Fase. Levantamento Geológico Integrado. DNPM/CPRM. 218 ps.-1973.
- & RANGRAB, G. E. Geologia da Área do Projeto Roraima; Relatório Integrado Final. Rio de Janeiro. DNPM/CPRM. 168 ps. 1976.
- DYER, R. C. Remote Sensing Identification of Tornado Tracks in Argentina, Brazil, and Paraguay. PE&RS, LIV(10):1429-1436, 1988.
- REVILLA, J., AMARAL, I., MATOS, F., LIMA, D., GOMES, O. Inventário Florístico da Futura UHE Cachoeira Porteira. CNPq/INPA - Relatório Convênio Enge-Rio. pp 120. 1986.

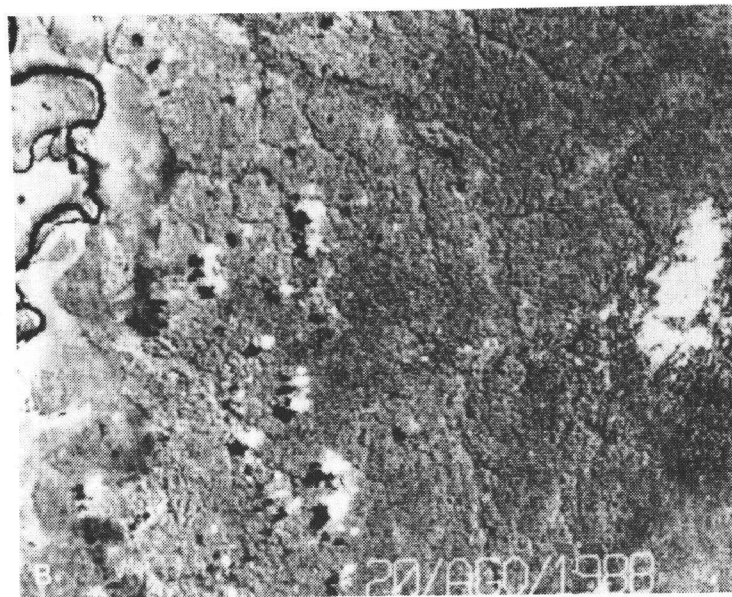
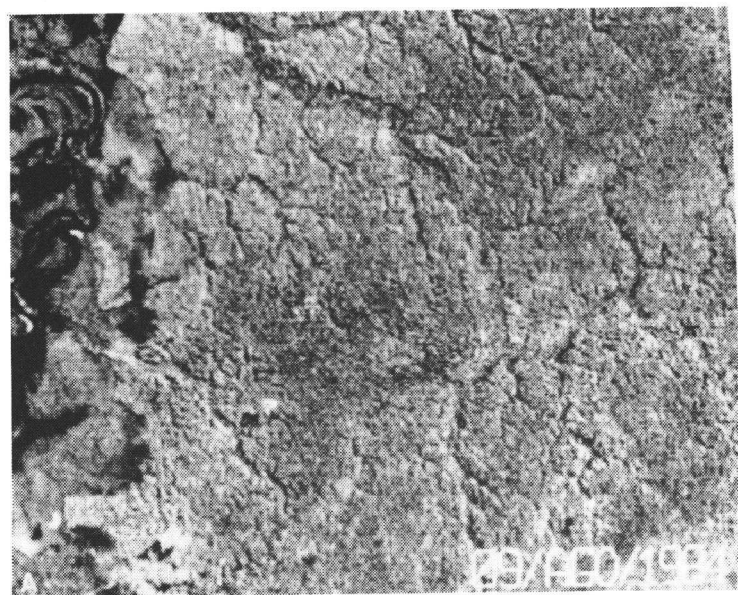


Figura 6 - Rio Tefé. Ampliação de trecho da imagem da figura 3 A, com ampliação de contraste, obtida do SITIM. Banda 5. Foto esquerda de 9 de agosto de 1984 e foto direita de 20 de agosto de 1988. Note-se o aparecimento da mancha de rarefação da vegetação na imagem de 1988. As áreas inundadas (em preto) na foto de 84 aparecem onxutas (altamente refletivas) na foto de 88. Note-se variações na vegetação e anomalias de drenagem orientadas na direção nordeste.

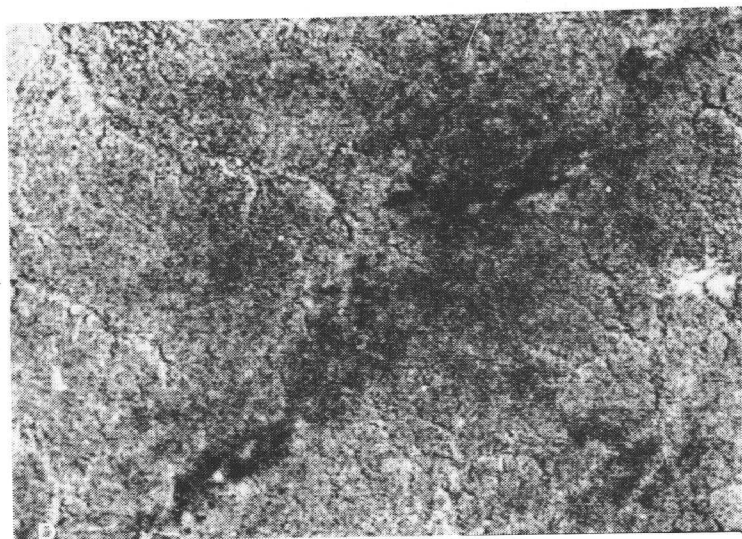
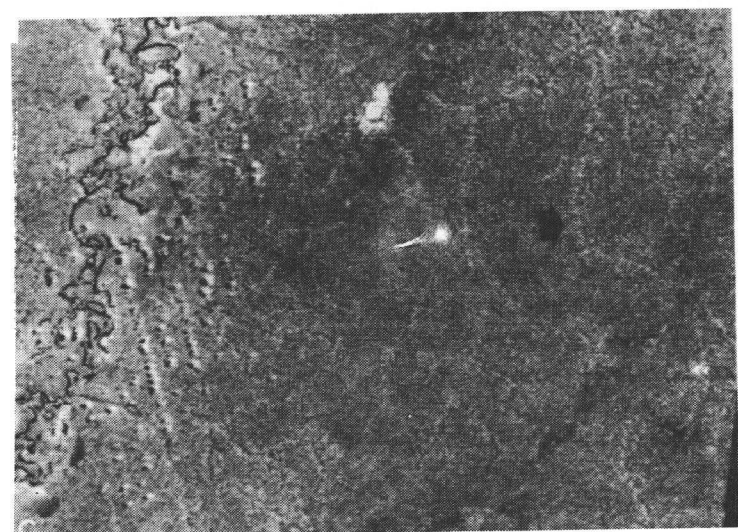


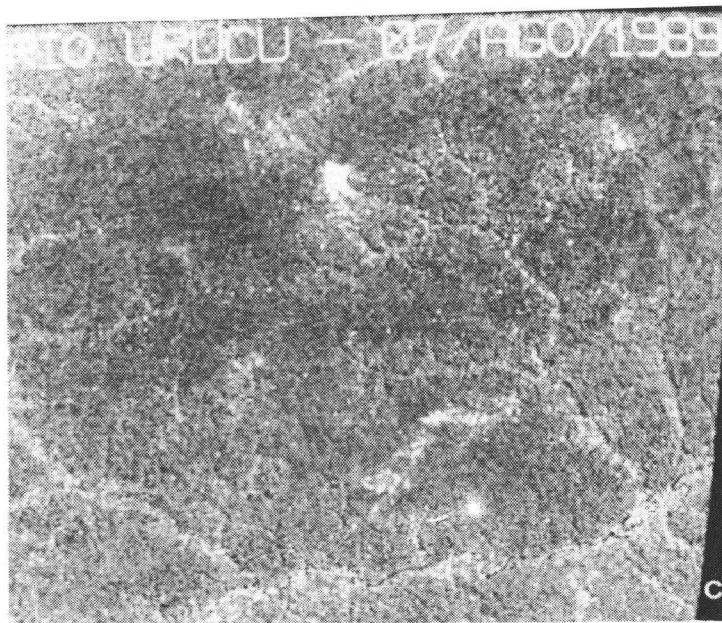
Figura 7 - Foto da esquerda: Mesma cena da foto direita da figura anterior, em escala menor. As setas assinalam dois vales paralelamente encurvados em "S" que podem denunciar encurvamentos de arrasto ao longo de estrutura de falha do substrato lítico. A mancha escura, alinhada NE, de baixa refletância da vegetação, no canto sudeste da foto esquerda (ampliada na foto da direita) situa-se num divisor d'águas e pode representar o traço fisiográfico de uma estrutura de falha.



A



B



C



D

Figura 8 - Cena 001/63 D, banda 5 (obtida no SITIM). Margem direita do alto rio Urucu. A maioria das manchas de rarefação da vegetação parecem ter surgido a partir de 1985, tornando-se mais acentuadas a cada ano. A foto D é uma ampliação da mancha que aparece na parte centro-superior das demais fotos. Os pontos brancos são pequenas clareiras abertas para operações de levantamentos sísmicos. É interessante notar que a mata secundária rapidamente cresce nessas clareiras.