1. Classificação *INPE-COM.4/RPE* *C.D.U.: 621.38 SR: 581.522.5*	2. Período	4. Distribuição interna ☐ externa X
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) *IMAGENS LANDSAT* *DESERTIFICAÇÃO* *SENSORIAMENTO REMOTO*		
5. Relatório nº *INPE-1540-RPE/065*	6. Data *Agosto, 1979*	7. Revisado por *Antonio Tebaldi Tardin*
8. Título e Sub-Título *ANÁLISE PRELIMINAR DAS POTENCIALIDADES DAS IMAGENS LANDSAT PARA ESTUDO DE DESERTIFICAÇÃO*		9. Autorizado por *Nelson de Jesus Parada* *Diretor*
10. Setor *DSR*	Código	11. Nº de cópias *17*
12. Autoria *Magda Adelaide Lombardo* *Vitor Celso de Carvalho* 13. Assinatura Responsável		14. Nº de páginas *39* 15. Preço

16. Sumário/Notas

Neste trabalho foi realizada uma análise preliminar com o objetivo de verificar até que ponto, no momento atual de desenvolvimento tecnológico, as imagens LANDSAT podem ser utilizadas para auxiliar na definição e na delimitação de áreas sujeitas ao processo de desertificação. Desta forma, foram analisadas as imagens obtidas em dois anos diferentes (1973 e 1976) e em duas épocas diferentes (seca e úmida) do mesmo ano (1976), permitindo a identificação dos aspectos de morfologia e cobertura vegetal. A partir da análise integrada destes elementos e de geologia e solos, foi possível a identificação de 11 unidades ecológicas. Estas unidades foram classificadas de acorco com o seu grau de risco à desertificação.

17. Observações: *Trabalho apresentado no Simpósio sobre Clima e Desmatamento - Alterações de Equilíbrios Naturais, realizado no Rio de Janeiro de 05 a 08 de junho de 1979.*

ÍNDICE

ABSTRACT ..... *iv*

LISTA DE FIGURAS ..... *v*

1. INTRODUÇÃO 1

2. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO 2

3. MATERIAIS E MÉTODOS 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 6

4.1 - Aspectos Gerais da Área de Estudos 6

4.1.1 - Localização da Área 6

4.1.2 - Aspectos Geológicos 8

4.1.3 - Esboço Morfológico 10

4.1.4 - Esboço dos Tipos de Solos 12

4.1.5 - Aspecto da Cobertura Vegetal 14

4.2 - Análise do Meio Ambiente 19

4.3 - Levantamento Bibliográfico sobre Biomassa e Albedo 25

4.3.1 - Biomassa 26

4.3.2 - Albedo 27

5. CONCLUSÃO 28

BIBLIOGRAFIA 31

APÊNDICE A - LEGENDA EXPLICATIVA DA FIGURA 11 ..... A.1

ABSTRACT

In this study, a preliminary analysis was carried out, to verify if LANDSAT images could be used to define and delimit areas under process of desertification. Imagery for two different years (1973 and 1976) and two different seasons (dry and raining seasons in 1976), were used to identify terrain morphology and vegetation cover. The integrated analysis of LANDSAT interpretation, combined with geological and soil information obtained from published literature, allowed the identification of eleven ecological units which were classified corresponding to the degree of desertification in the study area.

LISTA DE FIGURAS

1 - Mapa de localização da área de estudo 3

2 - Balanços hídricos segundo o método de Thornthwaite e Mather 1955" para localidades do Morro do Chapéu e Remanso (Estado da Bahia)..... 5

3 - Esboço Esquemático de parte do Baixo Médio São Francisco - Região do Xique-Xique 7

4 - Ampliação parcial do Mapa Geológico de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique, baseado em Santos et al.(1977), Apêndice A 9

5 - Esboço morfológico de parte do baixo médio São Francisco - Região de Xique-Xique 11

6 - Ampliação parcial do mapa de solos de parte do Baixo Médio São Francisco. Região de Xique-Xique baseado em EMBRAPA (1976) e EMBRAPA (1977), anexos 13

7 - Esboço da Cobertura vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco- Região de Xique-Xique (imagem de 27/julho/73) 15

8 - Esboço da Cobertura vegetal da parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique -Xique (imagem de 31/julho/76)..... 16

9 - Esboço da Cobertura vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (imagem de 29/julho/73)..... 17

10 - Mapa Temático da Cobertura Vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (imagem de 16/agosto/73). 20

11 - Esboço de área com diferentes graus de risco à desertificação de parte do baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique 21

12 - Esquema da legenda ecológica 22

1. INTRODUÇÃO

O processo de desertificação, que está ocorrendo em muitas áreas da superfície terrestre, vem preocupando os cientistas ligados aos problemas ecológicos. Com o intuito de discutir o assunto, a ONU organizou uma conferência, que foi realizada em Nairobi, no período de agosto a setembro de 1977.

Neste encontro foram apresentados os resultados de um estudo sobre processos de desertificação, juntamente com um mapa em escala mundial (1:25.000.000) mostrando a localização das áreas sujeitas a este processo, dentre as quais se inclui parte do Nordeste Brasileiro. Neste conferência, foi sugerida a realização de estudos mais aprofundados nas áreas problemáticas, de modo que os governos envolvidos se dispusessem de um documento para elaborar planos de ação visando a controlar e prevenir a degradação de seus territórios.

No caso do Brasil, existe hoje a preocupação de alguns órgãos governamentais em estudar este problema. Assim, com o intuito de colaborar com este esforço, foi proposto uma análise preliminar, com o objetivo de verificar até que ponto, no momento atual de desenvolvimento tecnológico, as imagens LANDSAT podem ser utilizadas para auxiliar na definição e na delimitação de áreas sujeitas ao processo de desertificação.

Este termo, desertificação, implica num processo que conduz a uma redução da produtividade biológica, consequentemente numa redução da biomassa vegetal, na capacidade de exploração da terra, no rendimento dos cultivos e no bem estar humano.

Considerando-se que a vulnerabilidade da terra aos processos de desertificação inerentes a cada ecossistema, de acordo com ONU (1977), é determinada por suas condições atuais de clima, relevo, solo e vegetação, procurar-se-á observar e caracterizar alguns destes

elementos nas imagens LANDSAT. Considerando-se, ainda, que a ação antrópica nas zonas áridas e semi-áridas é muito importante, dado à fragilidade deste meio, esta ação também será analisada.

2. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

Para um estudo piloto sobre problema de desertificação, através da utilização de imagens orbitais, foi necessário que se escolhesse uma área reconhecidamente sujeita a este processo, como é o caso de grande parte do Nordeste Brasileiro.

Para tanto, foi escolhida como área de estudo, o Baixo-médio São Francisco - Região de Xique-Xique, no interior do Estado da Bahia, com uma área de aproximadamente 1.300 quilômetros quadrados, cuja localização é apresentada na Figura 1. Esta área está compreendida entre as coordenadas de 10^{o} 47' a 11^{o} 23' de latitude sul e 43^{o} 12' a 43^{o} 8' de longitude oeste, compreendendo partes dos municípios de Xique-Xique, Gentio do Ouro e Barra que apresentam diversidades de aspectos ambientais sobre condições climáticas relativamente homogêneas.

De acordo com o mapa mundial de desertificação publicado pela ONU (1977), esta região semi-árida apresenta um grau moderado de risco a este processo, onde as superfícies aluviais ou residuais estão sujeitas ao arrazamento da terra vegetal e ao escoamento acelerado, provocando a erosão linear nas vertentes e/ou erosão laminar ou deposição nos terrenos planos, sem pressão humana ou animal.

Através do mapa de Regiões Bioclimáticas, segundo Gaussen, publicado pela SUDENE (1974), pode-se observar que a região se caracteriza por um clima 4a Th, denominado como Tropical Quente de seca acentuada, termoxeroquimênico, com seca de inverno (1 mês mais frio > 15^{o}C), com duração de 7 a 8 meses.

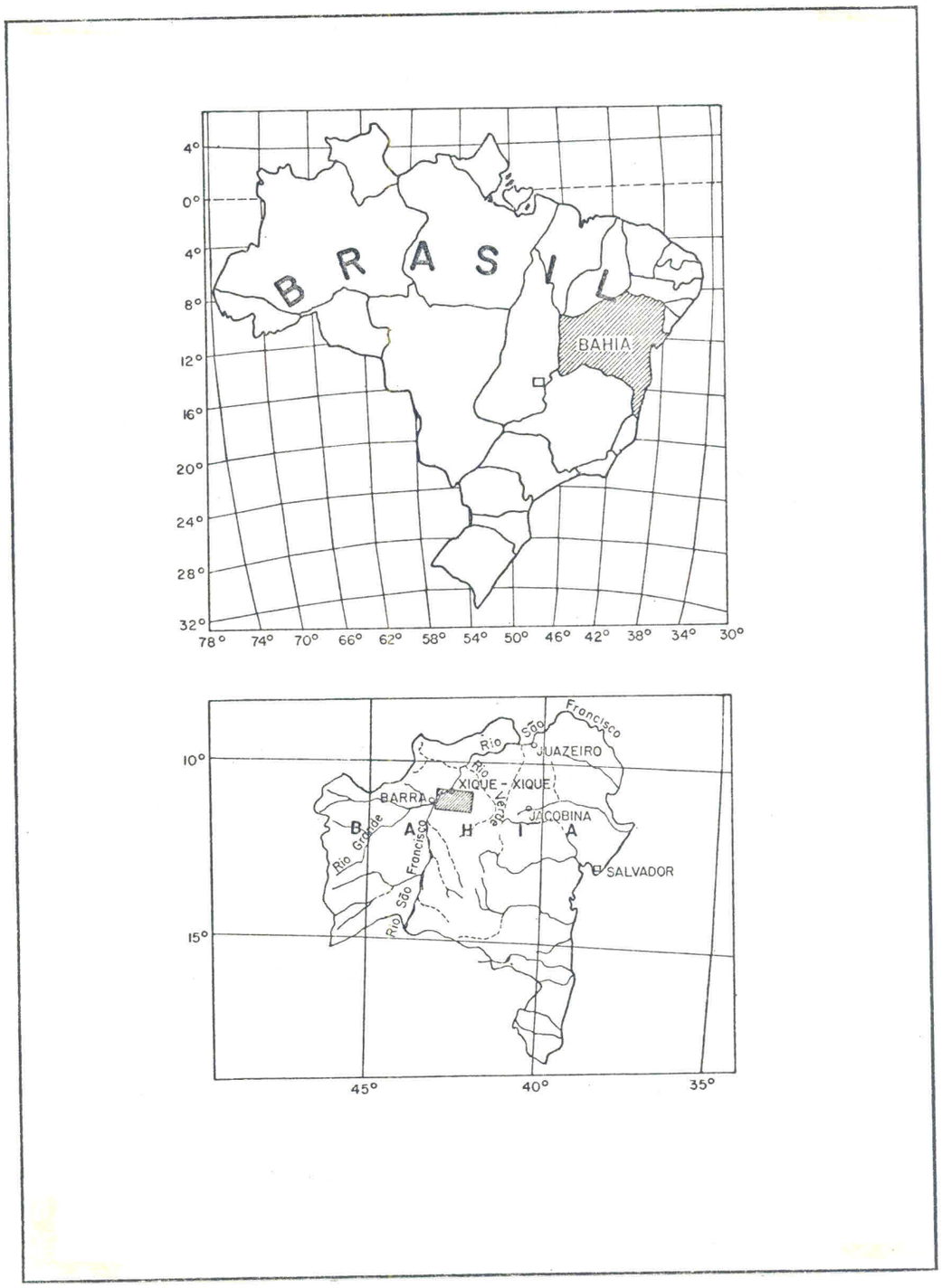


Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo

Na Figura 2 (BAHIA, 1976), são apresentados os balanços hídricos de duas localidades situadas nas proximidades da área de estudo, podendo-se notar o elevado grau de deficiência hídrica nos meses de abril a outubro. Pode-se também observar que a localidade do Morro do Chapéu, com altitude de 1090 m, sofre uma atenuação climática devido à influência da altitude.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as imagens dos quatro canais do Sensor MSS (4, 5, 6 e 7), correspondentes à órbita de 150, ponto 20, do satélite LANDSAT, apresentadas com baixo contraste (15 níveis de cinza), a partir de processamento simultâneo, em papel fotográfico preto e branco, na escala 1:500.000. Estas imagens foram obtidas nas datas de 29 de julho de 1973, 2 de fevereiro e 31 de julho de 1976. Foi, também, utilizado um conjunto de fitas compatíveis com computador (CCT) correspondente à data de 16 de agosto de 1973. Para a seleção deste material foram considerados os balanços hídricos das localidades de Morro do Chapéu e Remanso, apresentados na Figura 2.

Através da interpretação visual das imagens fotográficas, considerando-se os aspectos de tonalidade, textura, forma e relação de contexto, foram obtidos os mapas de localização da área, morfológico e de cobertura vegetal. Em complementação ao mapa de cobertura vegetal, foi realizada uma análise automática utilizando-se fita CCT, no sistema I-100, através de um processo supervisionado e interativo. Para o estabelecimento das áreas de treinamento selecionou-se, com base no esboço de vegetação obtido através da interpretação visual da imagem correspondente ao mesmo período e ano, locais representativos das classes a serem analisadas. Para este processo de classificação, foi utilizado o programa MAXVER (Velasco et al., 1978). Como resultados desta análise foi obtido um mapa temático da área.

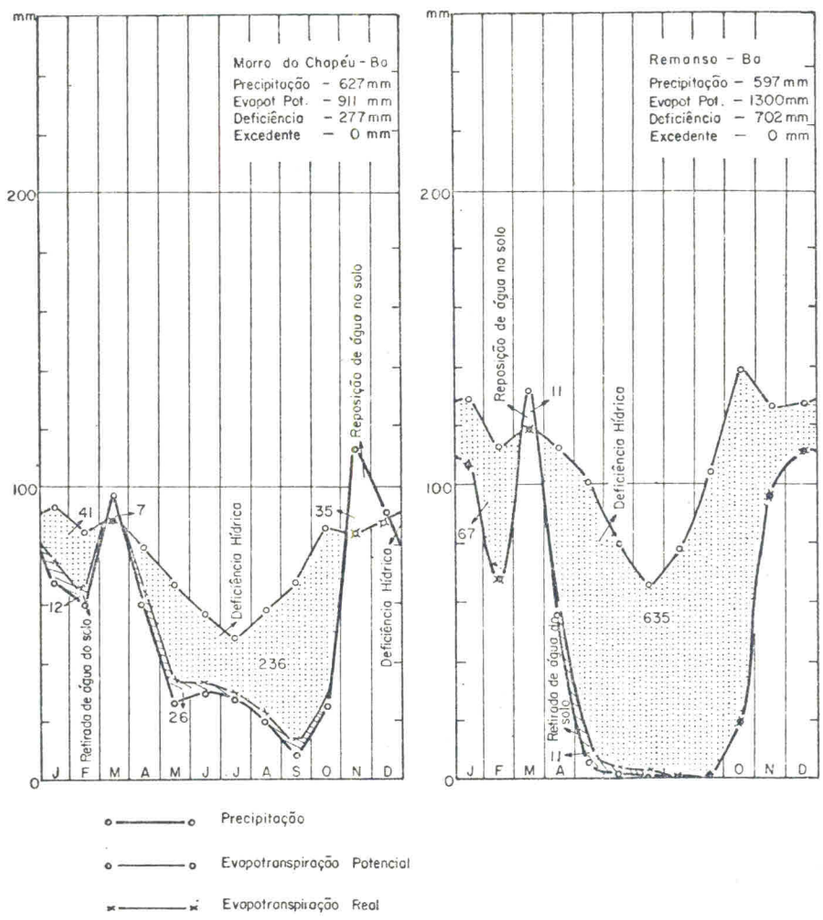


Fig. 2 - Balanços Hídricos segundo o método de "Thornthwaite e Mather - 1955" para localidades do Morro do Chapéu e Remanso (Estado da Bahia).

Fonte: BAHIA (1976), anexos figuras 13 e 18.

Para a identificação dos elementos geográficos apresentados no mapa esquemático, foi utilizada a carta topográfica do Rio São Francisco - SE (IBGE, 1954). Como complementação às informações necessárias para a definição das áreas sujeitas ao processo de desertificação, foram utilizadas as informações de solos publicadas pela EMBRAPA (1976) e EMBRAPA (1977), e geológicas publicadas por Santos et al. (1977). Como os mapas apresentados nestes trabalhos estavam na escala de 1:1.000.000, os mesmos foram ampliados para a escala de 1:500.000, de modo a compatibilizá-los à escala de trabalho.

Finalmente, o somatório de todas estas informações, de acordo com o método proposto por Poulton (1972), deu como resultado um mapa apresentando áreas com diferentes graus de aridez atual, para cuja definição foi utilizado o conceito de deserto, conforme ONU (1977).

Considerando-se que, para trabalhos deste tipo, informações sobre biomassa e albedo são de crucial importância e a impossibilidade de se obter estas informações no momento deste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica visando estabelecer metas para trabalhos futuros. A análise desta pesquisa será descrita durante a apresentação e discussão dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Na Figura 3 é apresentado o mapa esquemático da região, obtido através da interpretação visual das imagens LANDSAT. Neste mapa estão localizadas e identificadas as principais cidades e vilas, estradas de rodagem, cursos d'água permanentes e temporários, e lagoas.

A principal cidade encontrada nesta região é Xique - Xique, com 35.368 habitantes (IBGE, 1977). As outras cidades, vilas e

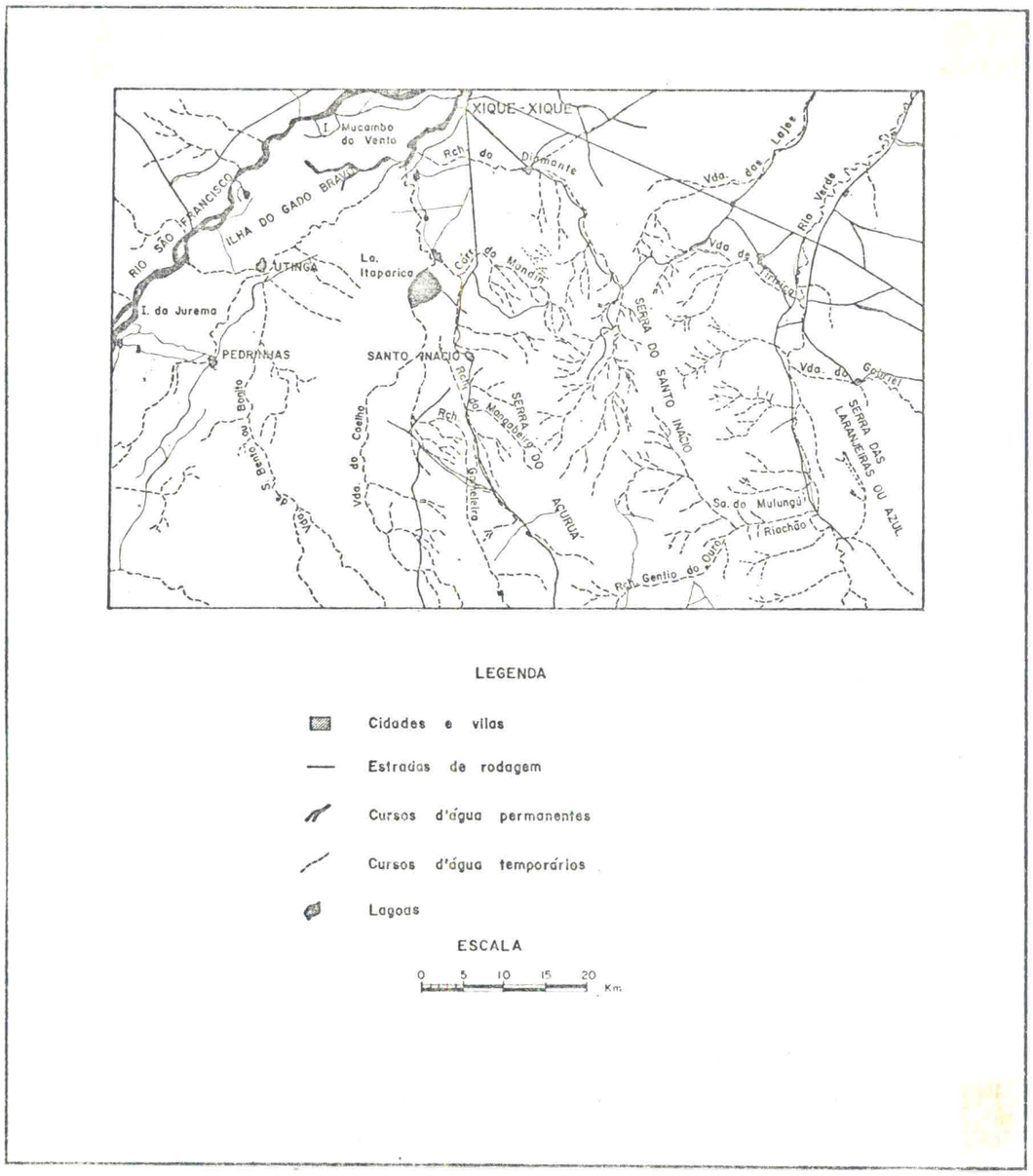


Fig. 3 - Esboço Esquemático de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique.

povoados encontram-se espalhados pela área, que é relativamente bem servida de estradas de rodagem.

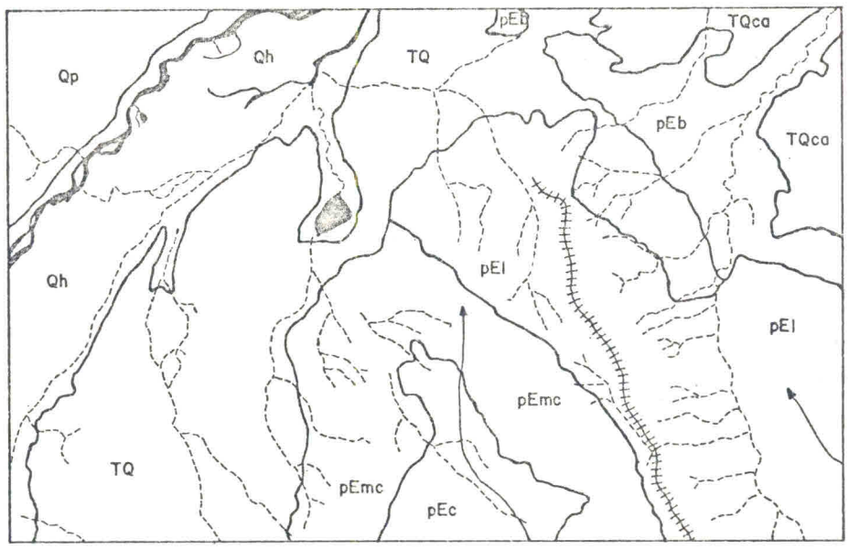
O rio São Francisco corta a parte noroeste da área, no sentido SO/NE, e apesar de ser o seu único rio permanente, demonstra um comportamento alterado em função da época e do ano, de acordo com a análise das imagens. Este aspecto de mudança temporal torna-se ainda mais evidente ao se analisar o comportamento da Lagoa de Itaparica que, de acordo com os resultados, parece estar sofrendo um acelerado processo de colmatação.

Os demais cursos d'água da região são intermitentes, podendo-se notar que a maioria deles, afluentes da margem direita do rio São Francisco, tem as suas nascentes nas partes mais altas do setor Centro-Leste da região, correspondente à Chapada Diamantina. Nesta área, a rede de drenagem apresenta maior densidade, tornando-se menor nas áreas mais planas.

4.1.2 - ASPECTOS GEOLÓGICOS

Como pode ser observado na Figura 4, que representa a ampliação parcial do mapa publicado por Santos et al. (1977), esta região é formada por terrenos recentes do quaternário, do terciário e do pré-cambriano, que serão descritos resumidamente, de acordo com estes autores.

Os terrenos recentes do quaternário pleistocênico predominam na margem esquerda do rio São Francisco. Estes terrenos são formados por depósitos eólicos e dunas. Na sua margem direita, aparecem terrenos do quaternário holocênico, constituídos por depósitos aluviais deste rio. Estes depósitos são formados por camadas horizontais localmente estratificadas de cascalho, areia e material argiloso, impregnados de matéria orgânica vegetal. Ao lado dos depósitos holocênicos são encontrados terrenos do terciário-quaternário formado por sedimentos areno-argilosos, estando a laterita ausente ou em quantidade



LEGENDA

Qp	Depósitos eólicos e dunas.
Qh	Depósitos aluvionares - areias, argilas e cascalhos.
TQ	Cobertura areno-argilosa e canga laterítica.
pEb	Grupo Bambuí indiviso - calcários, metassiltitos, ardósias, Formação Paraopeba- -calcários, ardósias, filitos, metassiltitos.
TQca	Formação caatinga - calcários claros, compactos, fossíferos.
pEmc	Grupo Chapada Diamantina - Formação Morro do Chapéu - quartzitos e con- -glomerados-
pEc	Grupo Chapada Diamantina - Formação Caboclo - quartzitos, filitos e metassiltitos
pEl	Grupo Chapada Diamantina - Formação Lençóis - quartzitos, metassiltitos e arenitos
	Eixo do Anticlinal
	Lineamentos estruturais
	Cursos d'água permanentes
	Cursos d'água temporários

ESCALA

0 5 10 15 20 Km

Fig. 4 - Ampliação parcial do Mapa Geológico de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique, baseado em Santos et al. (1977), Apêndice A.

subordinada. Junto à Chapada Diamantina esta unidade é constituída por depósitos coluviais e de conglomerado com pequenos fragmentos das litologias predominantes. No extremo nordeste da região, estes terrenos são formados por calcários claros e compactos, sem estratificação da Formação Caatinga.

O restante da área é formado por terrenos do pré-cambriano superior, pertencentes ao grupo Chapada Diamantina e ao Grupo Bambuí indiviso. O Grupo Chapada Diamantina inclui, nesta área, as formações Morro do Chapéu, Caboclo e Lençóis, cuja característica predominante é a presença de quartzito associado com outros minerais. O segundo é caracterizado por uma heteorogeneidade litológica, destacando-se, nesta região, os calcários cinza-escuros e ardósias de coloração avermelhada da Formação Paraopeba.

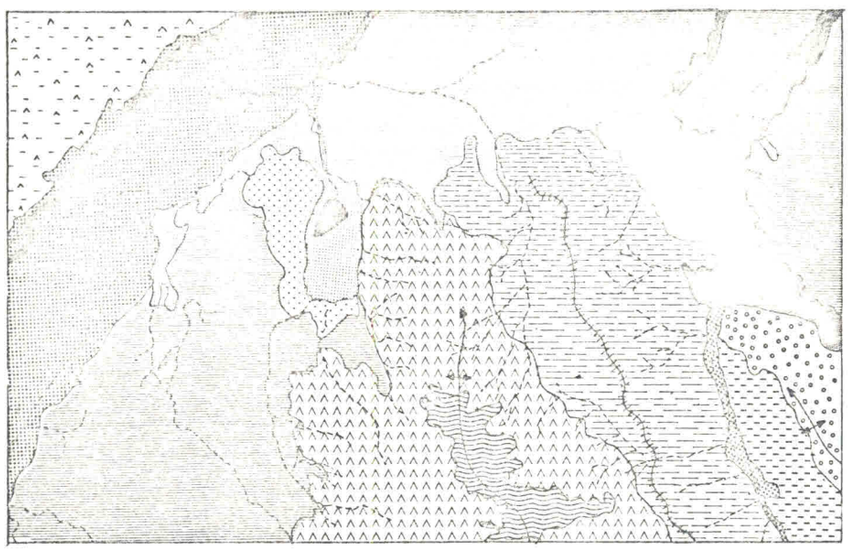
4.1.3 - ESBOÇO MORFOLÓGICO

Como resultado da interpretação das imagens LANDSAT, nos canais 5, 6 e 7, pôde ser verificado através da textura, forma e tonalidade, variações de superfícies apresentadas no esboço morfológico (Figura 5). O resultado da classificação foi analisado com o auxílio da descrição geomorfológica realizada por Moreira (1977).

Na margem esquerda do rio São Francisco predomina uma topografia aplainada, constituída por um grande número de dunas não consolidadas, como também dunas fósseis.

A várzea do rio São Francisco é formada por glacis de sedimentação, aos quais se associam os sedimentos das respectivas planícies de inundação e terraços aluviais.

A porção centro-leste da região é caracterizada por um conjunto de terras de forma predominantemente tabular, pertencentes a Chapada Diamantina. Este conjunto de terras elevadas resultou de uma tectônica Pós-Paleozóica de arqueamentos e basculamentos de grande raio



LEGENDA

C - 1. Aluviões e terraço recentes

C - 2. Depósitos de aluviões e coluviões arenosos do quaternário recente

C - 3. Superfícies aplainadas com sedimentos arenosos eólicos

B - 4. Superfícies aplainadas em terrenos terciários formadas por coluviões areno-argilosos da superfície Velhas

B - 4.1 Superfícies dissecadas em terrenos terciários formados por aluviões areno-argilosos da superfície Velhas

B - 5. Superfícies aplainadas em terrenos calcários

6. Superfícies montanhosas da Chapada Diamantina - Áreas de serras Quartzíticas

A - 6.1. Superfícies constituídas por cristas de quartzitos e conglomerados da Formação Morro do Chapéu, bastante rebaixadas, com pequenas planícies alveolares

A - 6.2 Áreas de cristas bem conservadas, constituídas de quartzitos e filitos da Formação Caboclo

A - 6.3 Superfícies aplainadas constituídas de quartzito, metassiltitos e arenitos da Formação Lençois, apresentando desnível altimétrico

C - 6.3a Superfícies aplainadas constituídas de quartzitos, metassiltitos e arenitos da Formação Lençois, apresentando alinhamento de serras quartzíticas residuais

B - 6.3b Superfícies dissecadas formadas por quartzitos, metassiltitos e arenitos da Formação Lençóis

Escarpamento Estrutural parcialmente escalonado

Eixo do Anticlinal com caimento

Cursos d'água permanentes

Cursos d'água temporários

RELEVO

A Serras - 700 a 1200 m

B Planaltos - 500 a 700 m

C Regiões deprimidas - menos de 500 m

ESCALA

0 5 10 15 20 Km

Fig. 5 - Esboço morfológico de parte do baixo médio São Francisco - Região de Xique-Xique.

de curvatura. As áreas de cristas bem conservadas correspondem às rochas constituídas de quartzitos e filitos. Os quartzitos com associação de arenitos apresentam-se com superfícies mais dissecadas e aplainadas. Estas superfícies são escavadas pela rede de drenagem, deixando aparecer os sinclinais de flancos suspensos.

Na parte noroeste da área de estudo ocorrem superfícies aplainadas. Aí, os rios entalharam lentamente seus vales, atingindo formações geológicas menos resistentes, compostas por calcários da formação Bambuí.

Entre a várzea do rio São Francisco, a oeste, e os terrenos cristalinos, a leste, ocorrem superfícies aplainadas em terrenos terciários formados por coluviões areno-argilosos da superfície Velhas.

4.1.4 - ESBOÇO DOS TIPOS DE SOLOS

Os solos da região em estudo, de acordo com os boletins técnicos, publicados pela EMBRAPA (1976) e EMBRAPA (1977), podem ser classificados em 8 (oito) classes. Considerando que a escala de trabalho foi de 1:500.000, os mapas de solos, publicados na escala de 1:1.000.000, foram ampliados parcialmente (somente a área em estudo) para esta escala, conforme apresentado na Figura 6.

Como pode ser observado, predomina nesta área, na sua porção centro-leste (Chapada Diamantina), os solos litólicos Distróficos de textura média cascalhenta. Dado a sua localização em terrenos acidentados e a sua pequena profundidade, são muito susceptíveis à erosão.

Em seguida, em ordem de dominância, encontram-se os solos areno-quartzosos profundos (não hidromórficos) de textura arenosa, situados nos terrenos planos e secos, contíguos à várzea do rio São Francisco. Estes solos são muito pobres, ácidos e excessivamente drenados.

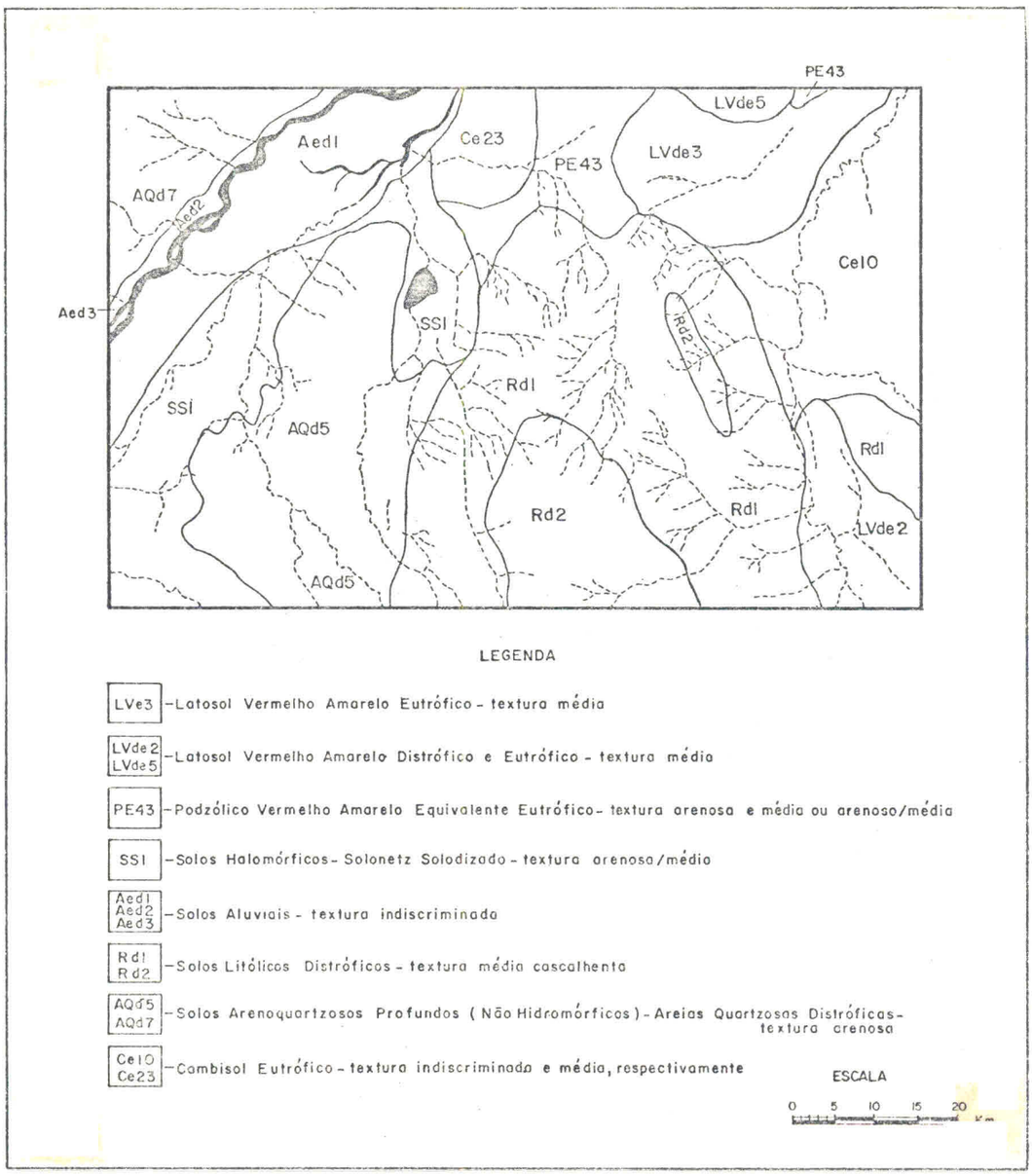


Fig. 6 - Ampliação parcial do mapa de solos de parte do Baixo Médio São Francisco. Região de Xique-Xique, baseado em EMBRAPA (1976) e EMBRAPA (1977), anexos.

A várzea do rio São Francisco é ocupada por solos aluviais, de textura indiscriminada, apresentando boa fertilidade e acidez moderada, com uma certa tendência à salinização.

Entre estas duas classes, na porção sul da margem direita do rio São Francisco, aparecem os solos Halomórficos (Solenetz Solodizado) de textura arenosa à média, situados também em terrenos planos, porém rebaixados, apresentando uma baixa densidade de drenagem. São geralmente rasos, com a presença de sódio trocável nos horizontes subsuperficiais e apresentam péssimas condições físicas e alta susceptibilidade à erosão.

O restante da área, caracterizada por um relevo plano e suavemente ondulado, é ocupado por manchas isoladas de quatro classes de solos diferentes. Estes solos apresentam como característica comum, maior fertilidade e melhores condições físicas, que os anteriores. Partindo da cidade de Xique-Xique, em direção a leste, encontra-se, primeiramente, o Cambisol Eutrófico, que volta a aparecer no extremo leste deste percurso, seguido pelo Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico com textura predominantemente arenosa e uma certa tendência à erosão. E finalmente, observam-se manchas isoladas do Latosol Vermelho Amarelo Distrófico e Eutrófico e o Eutrófico, de textura média.

4.1.5 - ASPECTO DA COBERTURA VEGETAL

A partir da interpretação visual das imagens MSS/LANDSAT, foi possível a separação de 16 classes de cobertura vegetal, definidas em função de sua densidade e homogeneidade, com base no trabalho de Kuhlmann (1977), obtendo-se, desta forma, os três esboços de cobertura vegetal apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

Como pode ser observado, aparecem na planície aluvial do rio São Francisco, quatro tipos diferentes de vegetação: a Floresta Caducifólia de Várzea, os Campos de Várzea e as Caatingas Arbórea e Arbórea-arbustiva de Várzea. Esta última aparece também em alguns cursos

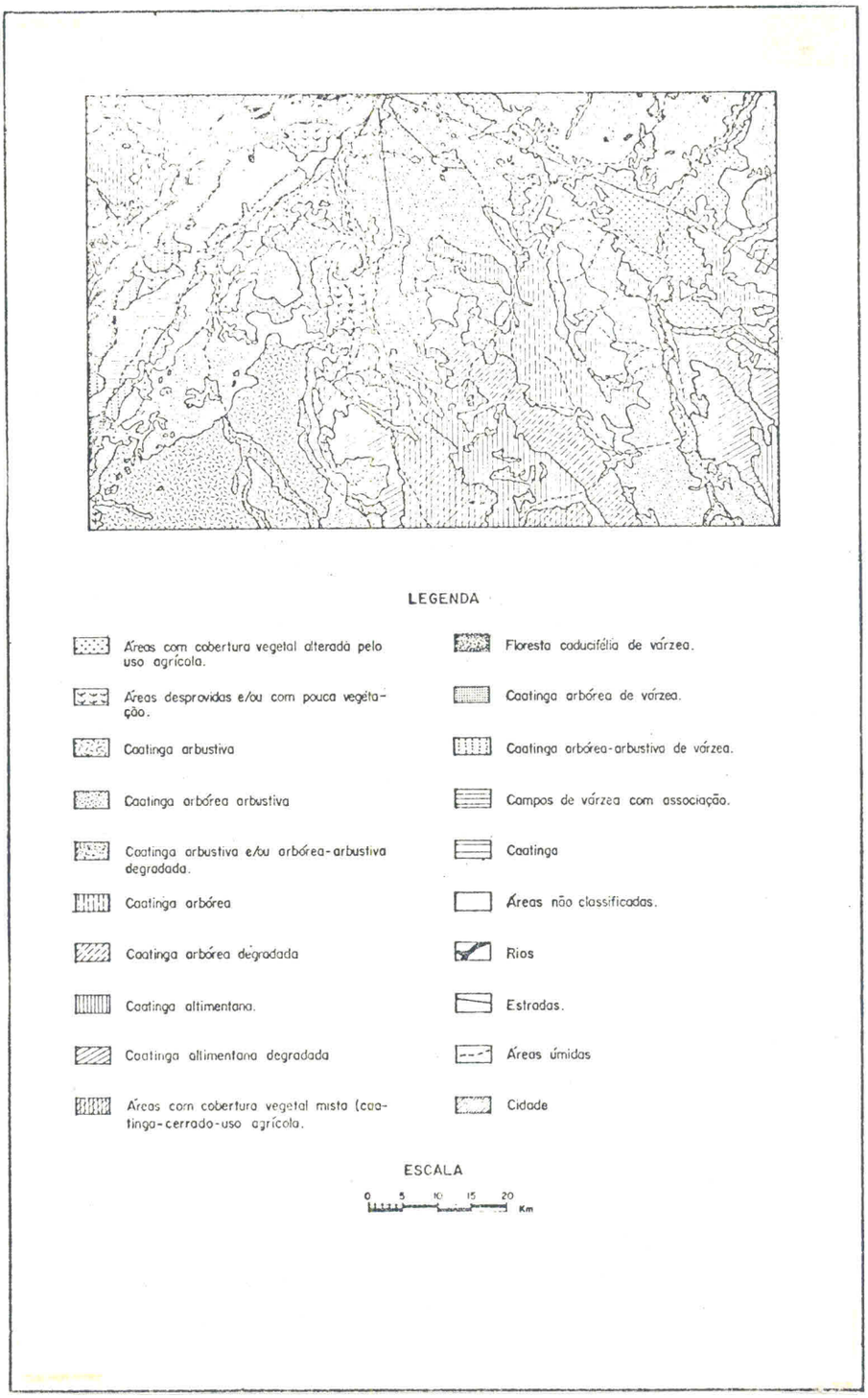


Fig. 7 - Esboço da Cobertura vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (imagem de 29/julho/73).

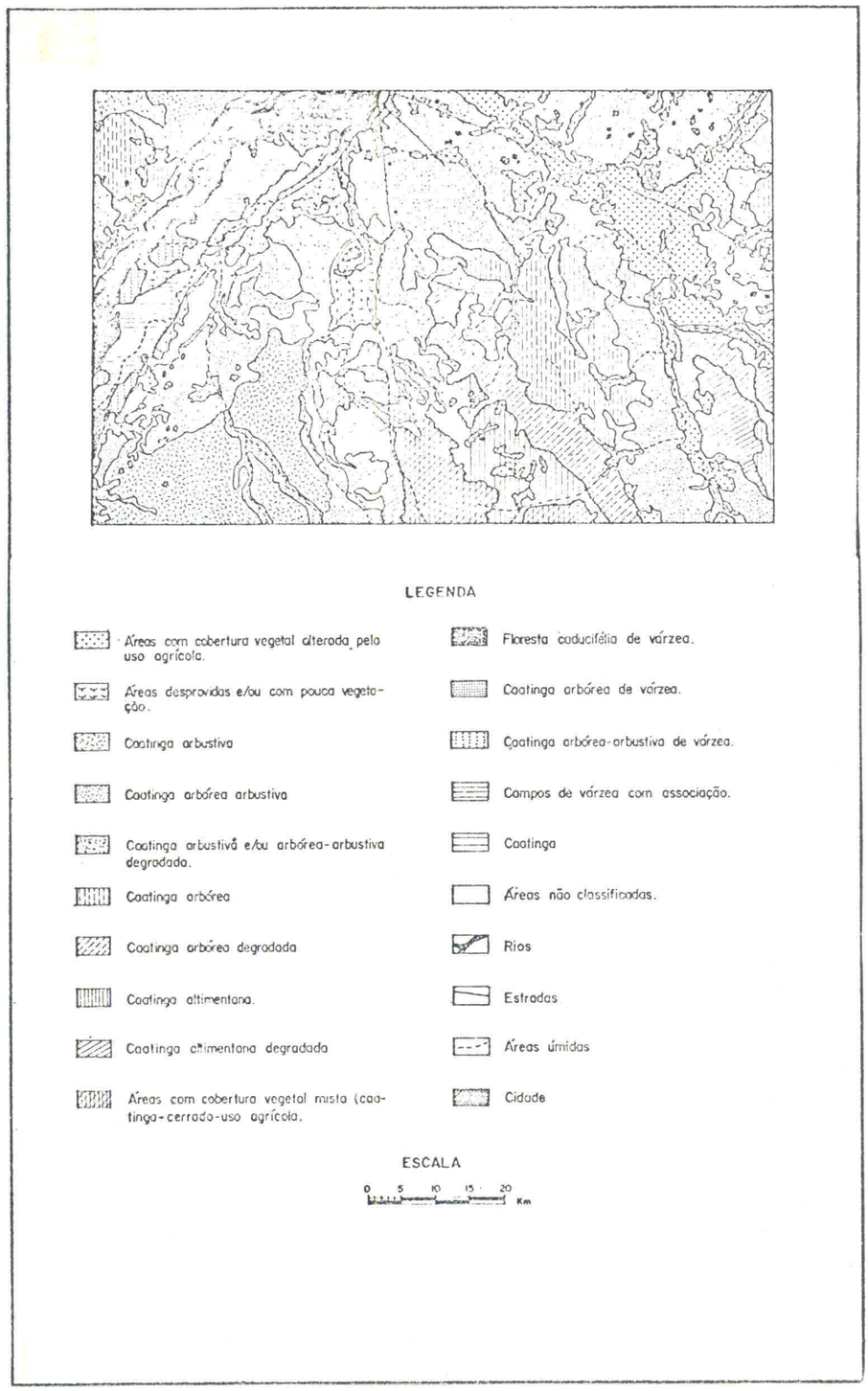


Fig. 8 - Esboço da Cobertura vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (imagem de 31/julho/76).

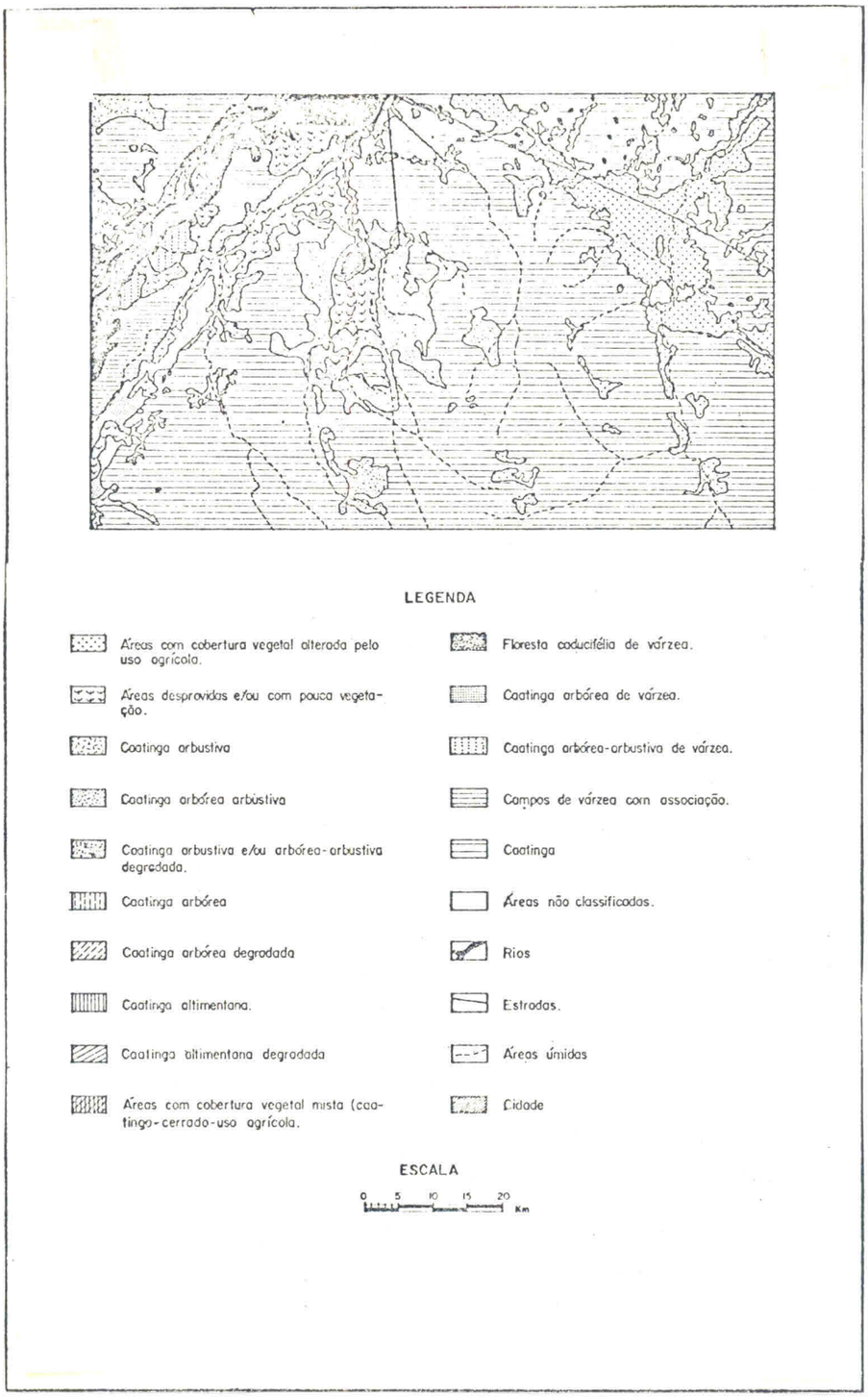


Fig. 9 - Esboço da Cobertura Vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (imagem de 29/julho/73).

d'água secundários da região. Nos terrenos planos e secos, que ocupam a maior parte desta área, nota-se a presença dominante da Caatinga Arbóreo-arbustiva, juntamente com a Caatinga Arbustiva. Nos terrenos mais altos e acidentados, ocorre a Caatinga Arbórea e Altimontana, misturada com manchas de Cerrado, Florestas e Formações Rupestres. As áreas com atividades agrícolas estão concentradas, principalmente, na parte nordeste da área, nos terrenos mais férteis, encontrando-se dentro delas muitas áreas de solo nu, que não foram identificadas por poderem ser confundidas com campos preparados para cultivo. E finalmente, aparecem os terrenos desprovidos e/ou com pouco vegetação, que se destacam principalmente ao redor da Lagoa de Itaparica e nos limites orientais da planície aluvial do rio São Francisco.

Além destes tipos fundamentais de cobertura vegetal, foram mapeados áreas resultantes da degradação das caatingas, de porte variando desde o arbustivo até o florestal definidas pela presença de áreas desprovidas de vegetação. Este processo de degradação é devido à ação do meio-ambiente sobre a vegetação, principalmente através da erosão. No entanto, não deve ser excluída a hipótese de que algumas dessas áreas tenham sido assim classificadas devido à ação antrópica.

Comparando-se as imagens obtidas na mesma época (seca), porém em anos diferentes (1973 e 1976), verifica-se que de uma maneira geral esta região não apresentou mudanças significativas. Excessão deve ser feita para aquelas áreas situadas ao redor da Lagoa de Itaparica, que estão sofrendo um intenso processo de degradação. Outra alteração digna de nota, refere-se ao aumento das áreas desprovidas de vegetação, devido à diminuição da lâmina d'água desta lagoa. Quanto às áreas destinadas às atividades agrícolas, houve um pequeno aumento, devido mais à expansão dos limites das áreas já utilizadas do que à ocupação de novos espaços.

Analisando-se as duas imagens obtidas em épocas diferentes (seca e úmida) do mesmo ano (1976), pôde-se observar que a imagem da época seca oferece mais informações a respeito da cobertura vegetal.

No entanto, a imagem da época úmida, permite identificar com maior facilidade, as áreas sem cobertura vegetal. Para uma comparação mais rigorosa, essas imagens deveriam ser corrigidas em função do ângulo de inclinação solar e dos efeitos atmosféricos (Haas et al., 1975).

Através da análise automática da fita compatível com computador-CCT, correspondente à imagem MSS/LANDSAT de 16 de agosto de 1973, foi obtido o mapa temático apresentado na Figura 10. Classificando-se, desta forma, cinco classes de cobertura vegetal. A análise deste resultado mostrou a necessidade de se fazer um refinamento da classificação, para que se obtenha melhores resultados, dado à mistura de vegetação diferente dentro de uma mesma classe. De uma maneira geral, este mapa pode ser comparado com aqueles obtidos através da interpretação visual.

4.2 - ANÁLISE DO MEIO AMBIENTE

As informações apresentadas anteriormente foram analisadas conjuntamente, obtendo-se um esboço onde se delimitou as áreas relativamente homogêneas quanto a estes aspectos, levando-se em consideração a escala de trabalho utilizada. Este mapa é apresentado na Figura 11.

Como pode ser observado nesta figura, a legenda é apresentada de uma forma numérica indicada por Poulton (1972), para estudos ecológicos. Na Figura 12 é apresentado o esquema generalizado da legenda, sendo que o numerador está associado ao uso da terra ou feições da vegetação e o denominador, às demais feições do meio ambiente. No Apêndice A é apresentado o esquema da classificação utilizada.

Através da apresentação da legenda, pode-se notar que ela mostra, de uma forma global e clara, as interrelações da vegetação, solo, geologia e geomorfologia, permitindo uma visão das potencialidades e limitações deste meio ambiente, de modo que a conveniência do uso

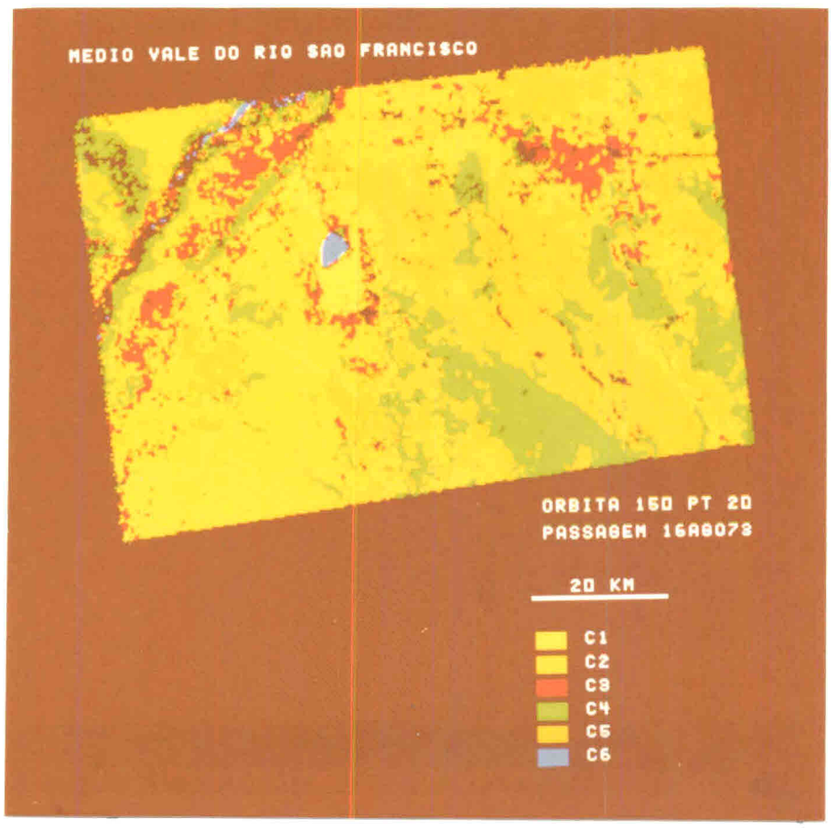


Fig. 10 - Mapa Temático da Cobertura Vegetal de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique (Imagem 16/Ago/73).

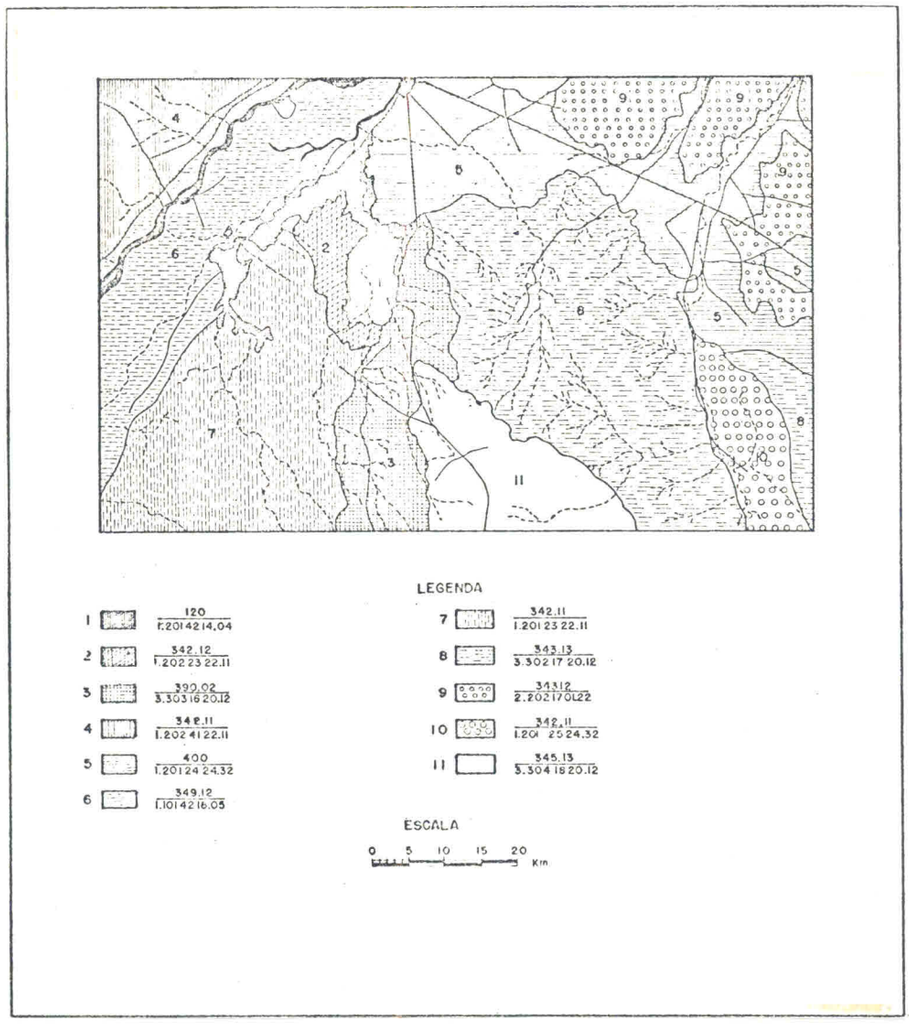


Fig. 11 - Esboço de áreas com diferentes graus de risco à desertificação de parte do Baixo Médio São Francisco - Região de Xique-Xique.

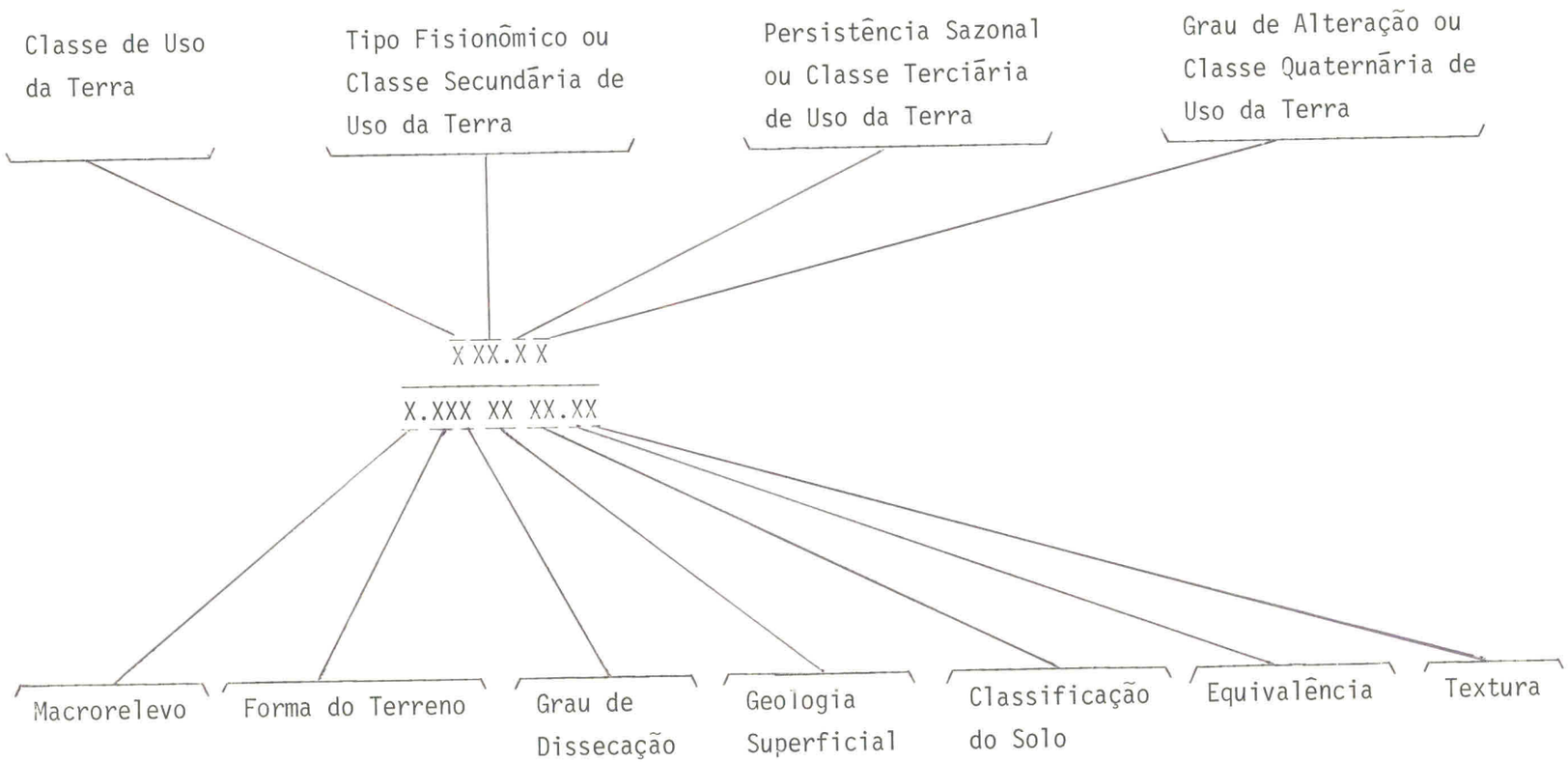


Fig. 12 - Apresentação esquemática da legenda ecológica

do terreno e dos recursos possam ser julgados e extrapolados numa estrutura ecológica.

Os valores estabelecidos nesta legenda não são definitivos e em sua maior parte se basearam naqueles propostos por Poulton (1972). Isto é válido, principalmente, para os aspectos de vegetação, solo e classes secundárias de outras feições da superfície do terreno que foram estabelecidas com base em critérios pessoais, a partir da bibliografia consultada.

Desta forma, foram delimitadas 11 unidades ecológicas. Estas unidades foram organizadas sequencialmente a partir do seu grau de risco ao processo de desertificação, as quais serão descritas resumidamente a seguir:

Unidade 1 - está localizada nos arredores da Lagoa de Itaparica e do Canal do Utinga. De acordo com a definição da ONU (1977), esta área já pode ser considerada como um deserto. Ela está relativamente estável nos seus limites externos. Porém, considerando-se o espaço de 3 anos analisados, verifica-se que a colmatação da lagoa está num processo acelerado, tendo-se observado, neste espaço de tempo, uma sensível diminuição da sua lâmina d'água.

Unidade 2 - situa-se do lado ocidental da Lagoa de Itaparica. Esta área acha-se num estado avançado de degradação natural, parecendo estar influenciada pela unidade anterior, que praticamente a envolve. Este processo de degradação pode ser atribuído a uma maior pobreza de seus solos e ao grau de dissecação da área, associado a uma possível ação antrópica.

Unidade 3 - localiza-se na borda ocidental da Chapada Diamantina e está associada a uma vegetação heterogênea que apresenta sinais de degradação. Este processo de degradação está associado a um relevo acidentado com alto grau de dissecação e a presença de solos rasos, pobres e pedregozos. Esta situação parece estar

condicionada a um processo de erosão intenso, que está provocando a desnudação do terreno e provavelmente seja o responsável pelo processo de colmatação da Lagoa de Itaparica.

Unidade 4 - acha-se localizada na margem ocidental do rio São Francisco. É caracterizado, principalmente, por se constituir de materiais eólicos recentes e dunas paleozóicas, donde a grande fragilidade do seu meio ambiente. Ela está relativamente protegida por uma cobertura vegetal variada que, entretanto, apresenta sinais de degradação provocada por ações natural e antrópica.

Unidade 5 - acha-se localizada na várzea do rio São Francisco. Esta área é caracterizada por uma grande instabilidade ambiental, devido ao dinamismo da sua drenagem e a constituição de seus solos, recentes e frágeis, formados principalmente de aluviões.

Unidade 6 - localiza-se na porção Nordeste da região de estudo, em solos mais férteis. A sua classificação nesta posição é justificada pela intensidade da ação antrópica sobre um ecossistema frágil, devido, principalmente, a deficiência hídrica pronunciada. A vulnerabilidade desta área ao processo de desertificação está condicionada ao manejo do seu solo.

Unidade 7 - esta área está localizada entre a Várzea do rio São Francisco, a oeste, e a Chapada Diamantina, a leste. A fragilidade desta área está relacionada a pobreza de seus solos, que são formados por cobertura areno-argilosa e cascalhos. Apesar desta sua vulnerabilidade, ela está protegida por uma cobertura vegetal homogênea.

Unidade 8 - corresponde a uma parte da Chapada Diamantina, situada, predominantemente, na porção centro-leste da área. Apresenta-se com uma cobertura vegetal relativamente densa, mostrando, em algumas partes, sinais de degradação, em consequência de uma rede

de drenagem relativamente densa sobre um terreno acidentado, com solos rasos, fracos e pedregosos.

Unidade 9 - está situado entre a Serra da Laranjeira e a Chapada Diamantina, abrangendo a várzea do Rio Verde. Esta área está relativamente protegida pela caatinga arbórea e florestal, que já apresenta sinais de degradação natural e antrópica. Devido à caracterização do terreno, com solos pobres, originários do cristalino, com um grau moderado de dissecação, apresenta-se com relativa fragilidade face à expansão da ação antrópica.

Unidade 10 - corresponde aos terrenos localizados no nordeste da região, apresentando-se com superfícies aplainadas e com cobertura vegetal do tipo arbórea e arbórea-arbustiva, situada sobre solos de relativa fertilidade, proveniente de rochas calcárias. A sua fragilidade está associada à pressão da expansão da ação antrópica, característica de unidade 6, que a envolve.

Unidade 11 - está localizada nos terrenos mais altos da Chapada Diamantina, cobertos pela vegetação mais densa da região. No entanto, a expansão de ação antrópica facilitaria a degradação da paisagem, devido à característica de seus solos, pobres e rasos, situados sobre superfícies montanhosas.

Como pode ser observado através desta análise, esta área apresenta problemas gerais de degradação da paisagem, tanto sobre a influência do homem no meio, como da própria ação natural, evidenciando, assim, uma alta vulnerabilidade ao processo de desertificação.

4.3 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BIOMASSA E ALBEDO

Para melhor caracterizar as unidades ecológicas, seria de fundamental importância, para estudos de desertificação, uma análise de biomassa e albedo. No entanto, diante do desconhecimento de

trabalhos que tenham sido realizados no Brasil, sobre o uso de dados orbitais com base para essas medidas, foi realizada, apenas, uma breve revisão bibliográfica sobre estes assuntos.

4.3.1 - BIOMASSA

Verificou-se primeiramente que, de acordo com Pearson e Miller (1972), está demonstrado de uma forma definitiva a existência de uma relação entre a quantidade de vegetação verde, presente numa determinada área, e o espectro-radiância da mesma. Com base nesta constatação, estão sendo desenvolvidos métodos de medidas "não destrutivas" de porcentagem de cobertura ou biomassa vegetal. Deve ser dito, ainda que, conforme observação de Siegal e Goetz (1977), a resposta espectral da cobertura vegetal depende da quantidade e do tipo de vegetação, além da refletância do terreno.

Desta forma, a utilização das informações obtidas pelo sensor MSS do LANDSAT, que faz uma amostragem das radiâncias dos alvos terrestres dentro da faixa utilizada para esses fins, permitiria acrescentar às informações sobre o tipo e condições da vegetação, uma avaliação quantitativa da mesma, de uma forma ampla, sinótica e temporal.

Infelizmente, de acordo com a pesquisa bibliográfica realizada, estes métodos não foram suficientemente desenvolvidos e testados. Os poucos trabalhos que apresentaram resultados práticos foram realizados sobre vegetações rasteiras (pastagens), com grande homogeneidade de espécies e cobertura.

No entanto, estes autores admitem a possibilidade da utilização deste método para outros tipos de comunidades vegetais, apesar de reconhecerem a dificuldade destes trabalhos, devido à presença de multicamadas de folhas (Pearson e Miller, 1972) e, principalmente, devido à influência que o solo exposto tem sobre essas medidas (Seevers et al., 1975). Para vegetações heterogêneas, estas estimativas são muito complicadas, devido às diferenças existentes entre as espécies,

assim como diferenças na densidade da vegetação (Seevers et al., 1975). Desta forma, estas aplicações devem ser ainda desenvolvidas e testadas.

O método mais comumente usado consiste em se estabelecer a razão entre os valores armazenados em fitas magnéticas CCT, dos canais 5 e 7 do MSS/LANDSAT, (Carneggie et al., 1975), ou a diferença normalizada entre os canais 6 e 5 (Haas et al., 1975), ou somente os valores do canal 5 (Seevers et al., 1975), e correlacionar o valor encontrado com a biomassa de amostras de classes conhecidas e homogêneas. De acordo com Seevers et al., (1975), não devem ser utilizados os dados obtidos por intermédio de microdensitômetros em transparências fotográficas dessas imagens. Pearson e Miller (1972) mostraram que a classificação automática feita com o programa MAXWER, apresentou melhores resultados do que o método da razão entre os canais.

Deve-se salientar também que Seevers et al. (1975), mostraram que não podem ser feitas comparações das estimativas de biomassa entre imagens diferentes ("frames"), mas somente dentro de uma mesma imagem. Assim, é necessário o estabelecimento de padrões de referência para cada imagem e também para cada época do ano.

4.3.2 - ALBEDO

Um dos poucos trabalhos que foi encontrado a respeito da utilização de imagens LANDSAT para observação de albedo foi o de Otterman (1974). Neste trabalho, o autor associa as classes de tonalidade de cinza nos quatro canais do MSS, às variações de albedo, sem, no entanto, mensurar estes valores.

Rockwood e Cox (1976) realizaram um estudo sobre inferências de albedo, utilizando dados do satélite meteorológico SMS-1 e aeronave, obtidos sobre a região nordeste da África, no período de julho a setembro de 1974. Neste trabalho, mostraram que as informações coletadas por intermédio do satélite permitiram apenas inferir variações de albedo, tendo como base as medidas feitas por aeronave. Estas

últimas medidas permitiram quantificar a taxa de albedo em diferentes ambientes. Além da influência da cobertura do terreno sobre o albedo, eles também verificaram a variação de albedo em função da época do ano.

No Brasil, está sendo realizado um estudo, por técnicos do IAE/CTA, com o objetivo de determinar a variação do albedo terrestre em áreas de terrenos planos ocupados com caatinga, na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. Esta pesquisa está sendo realizada com albedômetro instalado em aeronave, para medir a radiação solar direta e refletida pelo terreno em ondas curtas. Este projeto encontra-se numa fase preliminar e, portanto, ainda não apresentou resultados conclusivos.

De acordo com estes trabalhos, pode-se verificar que o albedo varia em função da altura do sol, das condições de nebulosidade, do tipo de cobertura e elevação do terreno, da altura das medidas e da época do ano. Desta forma, não se pode definir uma metodologia sobre o assunto, visto que os trabalhos consultados ainda não apresentaram resultados conclusivos.

5. CONCLUSÃO

Como pode ser visto no decorrer deste trabalho, as imagens MSS/LANDSAT auxiliam nos estudos da caracterização do meio ambiente, a partir das informações de geologia, morfologia, solos e vegetação. A análise destes elementos, em duas épocas diferentes de um mesmo ano e numa mesma época, em anos diferentes, possibilitou a delimitação de áreas com diferentes graus de risco à desertificação.

Através do uso de imagens mais frequentes em termos de época e ano, seria possível obter melhores informações a respeito dos elementos dinâmicos do meio ambiente, principalmente, com relação às áreas de solos expostos, aspecto muito importante nestes estudos.

É importante, também, considerar que as imagens orbitais constituem apenas um primeiro estágio de obtenção de dados, que deve ser associado com informações coletadas nos demais níveis, tais como aeronave e trabalho de campo. Assim, este trabalho é apenas uma análise preliminar, visto que não foi realizada uma verificação de campo para testar os resultados encontrados.

Foi enfatizado, também, a importância dos aspectos de biomassa e albedo para este tipo de estudo. No entanto, estas informações ainda não são possíveis de serem obtidas através do uso das imagens LANDSAT, pelo menos, para situações semelhantes a deste trabalho. Esta dificuldade só poderá ser eliminada através de pesquisas metodológicas mais adequadas.

Finalmente, este estudo serviu para mostrar a possibilidade da utilização das imagens LANDSAT, como base de estudo regional para delimitar áreas e definir seu grau de risco à desertificação.

BIBLIOGRAFIA

BAHIA. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Ceplab. *Atlas climatológico do Estado da Bahia. Salvador, 1976.* (Documento 3).

CARNEGGIE, D.M.; De GLORIA, S.D,; COLWELL, R.N. Usefulness of LANDSAT data for monitoring plant development and range conditions in California's annual grassband. In: NASA. *Earth Resources Surveys Symposium:* Symposium held in Houston, Jun., Tex., 9-12 1975. Proceedings. V. 1A, 19-42.

EMBRAPA. *Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos da Margem esquerda do Rio São Francisco - Estado da Bahia.* Recife, 1976 (Boletim Técnico, 38).

———. *Levantamento exploratório - Reconhecimento de solos na margem direita do Rio São Francisco. Estado da Bahia.* Recife, 1977, V. 1. (Boletim Técnico, 52)

IBGE *Carta do Brasil-Rio São Francisco-SE.* Rio de Janeiro, 1954.

———. *Anuário Estatístico do Brasil.* Rio de Janeiro, 1977.

HAAS, R.H.; DURING, D.W.; ROUSE, J.W.; SCHELL, J.A. Monitoring vegetation conditions from LANDSAT for use in range mangement. In NASA. *Earth Resources Survey Symposium:* Symposium held in Houston, Jun., Tex., 9-12. 1975. Proceeding. V. 1A, p. 43-52.

KUHLMANN, E. Vegetação. In: IBGE. *Geografia do Brasil: Região Nordeste.* Rio de Janeiro, 1977. V. 2, p. 85-108.

MOREIRA, A.A.N. Relevo. In:———. *Geografia do Brasil: Região Nordeste.* Rio de Janeiro, 1977. V. 2, p. 1-44.

ONU. Mapa Mundial de la Desertificacion, apresentado in *United Nations Conference on Desertification*. New York, Aug. 29 - Sep. 9, 1977. (nota explicativa).

OTTERMAN, J. Baring high albedo soils by overgrazing a hipothesized desertification mechanism. *Science* V. 186 (4163) : 531-533, 1974.

PEARSON, R.L.; MILLER, L.D. Remote Mapping of Standing Crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie In: *International Symposium on Remote Sensing of Environment 8*, Ann Arbor, Mich., 1972. Proceeding. V. 1 p. 1355-1379.

POULTON, L.E. A comprehensive remote sensing Legend System for the ecological characterization and annotation of natural and altered landscapes. In: *International Symposium on Remote Sensing of Environment 8*, Ann Arbor, Mich., 1972. Proceeding. V. 1, p. 393 - 408.

ROCKWOOD, A.A.; COX, S.K. *Satellite inferred surface albedo over northwestern Africa*. Fort Collens, Colo., State (University), Department of Atmospheric Science, 1976. (Atmospheric Science Paper, 265).

SANTOS, A.R.; MENESES, P.R.; SANTOS, U.P. *Sensoriamento Remoto aplicado ao mapeamento geológico regional - folha Rio São Francisco*. Tese de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1111-TPT/064).

SEEVERS, P.M.; DREW, J.V.; CARLSON, M.P. Estimating vegetative biomass from LANDSAT-1 imagery for range management. In: NASA - *Earth Resources Survey Symposium:* Houston, Tex., Jun. 9-12, 1975. Proceedings. V. I-A, p. 1-3.

SIEGAL, B.S.; GOETZ, A.F.H. Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43 (2) : 191 - 196, Fev., 1977.

SUDENE. *Regiões Bioclimáticas: segundo Gaussen*. Recife, 1974.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Maxver: Manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul., 1978. (INPE-1315-NTI/110).

APÊNDICE A

LEGENDA EXPLICATIVA DA FIGURA 11

1. Uso da Terra ou Feições da Vegetação

1.1 - Classe de Uso da Terra

100 Solo nu

300 Vegetação natural

400 Áreas agrícolas

1.2 - Tipo fisionômico ou classe secundária de Uso da Terra

120 Áreas expostas

340 Caatinga

- 341 Arbustiva
- 342 Arbórea-arbustiva
- 343 Arbórea
- 345 Altimontana
- 349 Mixta

390 Vegetação natural indiferenciada

1.3 - Persistência sazonal ou classe terciária de Uso da Terra

0 Indefinida

1 Caducifólia

1.4 - Grau de alteração ou classe quartenária de Uso da Terra

1 Não degradada

2 Degradada

3 Mixta

2. Feições do Meio Ambiente

2.1 - Macro-relevo

1 Terrenos planos

2 Terrenos aplainados e moderadamente ondulados

3 Terrenos acidentados

2.2 - Forma do terreno

10 Várzeas amplas de rios com planícies de inundação e terraço

20 Superfícies aplainadas

30 Superfícies montanhosas

2.3 - Grau de dissecação

1 Não dissecado

2 Moderadamente dissecado

3 Altamente dissecado

4 Parcialmente dissecado

2.4 - Geologia superficial

2.4.1 Tipo

10 Rocha Ígnea

20 Rochas sedimentares

40 Material inconsolidado

2.4.2 Composição

1 Depósitos eólicos e dunas

2 Depósitos aluviais

3 Cobertura areno-argilosa e canga laterítica

4 Formação Paraopeba e cobertura areno-argilosa

5 Formação Caatinga

6 Formação Morro do Chapéu

7 Formação Lençóis
8 Formação Caboclo

2.5 - Classificação do solo

2.5.1 Tipos
01 Latosol Vermelho amarelo
14 Solonetz solonizado
18 Solos aluviais
20 Solos litólicos
22 Areais quartzosas
24 Associação de solos

2.5.2 Grau de equivalência
0 Indeterminado
1 Distrófico
2 Mixto
3 Eutrófico

2.5.3 Textura
1 Arenosa
2 Média
3 Mixta
5 Indiscriminada