

## Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal Bacia Hidrográfica do São Francisco

Iêdo Bezerra Sá<sup>1</sup>  
Tatiana Ayako Taura<sup>1</sup>  
Tony Jarbas Ferreira Cunha<sup>1</sup>  
Ivan Ighour Silva Sá<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Semi-Árido  
BR-428, km 152. C.P. 23, CEP: 56302-970. Petrolina/PE  
{iedo; tatiana.taura; tony}@cpatsa.embrapa.br

<sup>2</sup> Bolsista CNPq  
BR-428, km 152. C.P. 23, CEP: 56302-970. Petrolina/PE  
ighour@hotmail.com

**Abstract.** This work present the mapping and characterization of vegetation cover and use of land in the watershed of São Francisco, the methodological procedures used in preparing the map and descriptions of the classes of the legend of vegetation. The image used was satellite Landsat 7 ETM +, with its colorful compositions in the bands RGB/543 and RGB/453. In addition to the steps of pre-processing was used Normalized Difference Vegetation Index - NDVI to separate vegetation above the ground and determine the density of vegetation cover classes of mapping. Noted the predominance of vegetation cover Savanna with 33% of the area, the steppe Savannas by 26% and a significant area of contact with the steppe-like Savannas seasonal forest, the order of 4%. During the implementation of the work were detected several environmental problems in different physiographic regions of the basin, especially the deforestation, mainly the gallery forest, the fires on a large scale, the inappropriate use and occupancy of land, and the release of untreated sewage directly into the river.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens, vegetation mapping, mapeamento da vegetação, São Francisco basin, Bacia do São Francisco.

## 1. Introdução

A bacia hidrográfica do São Francisco tem uma extensão territorial de aproximadamente 640.000 km<sup>2</sup> e localiza-se nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, pertencente aos seguintes estados: Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. O presente artigo apresenta o mapeamento da cobertura vegetal e uso das terras, evidenciando a fitofisionomia das classes de formações, conforme a legenda proposta pelo Manual Técnico da Vegetação do IBGE (1992). Na metodologia foram empregadas técnicas de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento, utilizando-se os critérios de identificação e a descrição das classes de legenda da vegetação da bacia. Foi produzido o mapa da cobertura vegetal, associando, em alguns casos, o uso antrópico das terras, na escala de 1:1.000.000, com caracterização básica das diversas topologias vegetais. E por fim, tece alguns comentários sobre a problemática ambiental da bacia.

## 2. Materiais e procedimentos técnicos utilizados

A primeira etapa do trabalho realizado, que utilizou intensivamente métodos assistidos por computador, foi à aquisição das imagens do sensor ETM+ (Serie Landsat7) para a extração de informações sobre a cobertura vegetal e o uso atual das terras. As bandas das imagens utilizadas foram as localizadas nas regiões do espectro eletromagnético do visível, do infravermelho próximo e do infravermelho médio e a banda pancromática.

Composições coloridas foram geradas a partir das bandas 3, 4 e 5 das imagens ETM+ Landsat, para extração de informações sobre parâmetros associados ao uso da terra. As melhores combinações para a interpretação das imagens da Bacia do São Francisco se deram através das composições RGB/543 e RGB/453. As composições coloridas foram os produtos iniciais que permitiram a análise qualitativa das imagens (interpretação visual). A separação dos remanescentes de vegetação natural e cultivos antrópicos foram realizados com base na textura e na tonalidade das imagens.

A classificação das imagens usou a análise de agrupamento através da classificação supervisionada e não supervisionada. Os píxels utilizados na classificação supervisionada tinham suas identidades previamente conhecidas e constituíram as amostras de treinamento.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi uma técnica utilizada com a finalidade de separar vegetação verde de solo exposto e determinar a densidade de cobertura vegetal das classes de mapeamento. O NDVI foi obtido com base nas respostas espectrais das bandas 3 (0,63 - 0,69 micrômetros) e 4 (0,76 - 0,90 micrômetros) usando-se a seguinte equação (Equação 1):

$$NDVI_{ETM+} = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \quad 1$$

A criação dos vetores foi feita a partir da digitalização de forma manual, em tela, utilizando-se do programa ArcGis 9.1, com interpretação auxiliada pelos dados dos produtos da composição colorida, do NDVI, da imagem classificada, do mapa de vegetação na escala de 1:5.000.000 do IBGE (2004), da base cartográfica do Brasil ao Milionésimo (IBGE 2000 – drenagem, rodovias, altimetria, hidrografia) e das informações obtidas diretamente no campo. A escala de trabalho da vetorização foi de 1:500.000, sendo os resultados apresentados em escala final de 1:1.000.000. Nas áreas com alta heterogeneidade das manchas a escala de vetorização foi aumentada, chegando, em alguns casos, a 1:250.000.

O cálculo das áreas dos polígonos foi feito utilizando o comando *calculate area* do programa ArcGis 9.1, onde o *shape* estava em um sistema projetado de coordenadas pré definido pelo ARCGIS (*Project Coordinate System*) com projeção cilíndrica, referente ao meridiano central (-42,0) e o paralelo (-6,0).

### 3. Resultados

O documento base utilizado para a interpretação das principais fitofisionomias existentes na Bacia do São Francisco foi o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (1992), que caracteriza as mesmas conforme a seguinte descrição:

#### 3.1. Descrição das categorias da legenda

Os remanescentes da vegetação natural são áreas com predominância de vegetação natural relativamente homogênea. Podem compor esta classe áreas de floresta com extração seletiva de madeira, caça, pastoreio, extrativismo que, apesar da ocorrência da atividade, não afetam a integridade da vegetação natural, florestal ou campestre.

De acordo com a Classificação do IBGE (IBGE, 1992), o tipo de vegetação ou classe de vegetação predominante no “sertão árido nordestino” é a Savana-estépica, que comporta quatro subgrupos de formações: Savana-estépica Florestada, Savana-estépica Arborizada, Savana-estépica Parque e Savana-estépica Gramíneo-lenhosa, cujas descrições são apresentadas a seguir:

##### 3.1.1. Savana-estépica florestada (Caatinga) (Td)

Este subgrupo de formação é caracterizado por micro e/ou nanofanerófitos, com média de 5 m, excepcionalmente ultrapassando os 7 m de altura, mais ou menos densos, com grossos troncos e esgalhamento bastante ramificado em geral provido de espinhos e/ou acúleos, com total deciduidade na época desfavorável.

##### 3.1.2. Savana-estépica arborizada (Caatinga) (Ta)

Este subgrupo de formação apresenta as mesmas características florísticas da fisionomia ecológica anterior, porém os indivíduos que o compõem são mais baixos.

##### 3.1.3. Savana-estépica parque (Caatinga) (Tp)

Este subgrupo de formação é o que apresenta características fisionômicas mais típicas, com nanofanerófitos de um mesmo ecótipo bastante espaçados, como se fossem plantados; isto porque apresentam uma pseudo-ordenação de plantas lenhosas raquílicas sobre denso tapete gramíneo-lenhoso de hemicriptófitos e caméfitos.

##### 3.1.4. Savana gramíneo-lenhosa (Sg)

Este subgrupo de formação que é também conhecido como campo espinhoso, apresenta características florísticas e fisionômicas bem típicas, tais como um extenso tapete graminoso salpicado de plantas lenhosas anãs espinhosas.

A distinção entre os subgrupos de formação apresentados ocorre, principalmente, dentro de um *continuum* estrutural, desde uma fisionomia florestal até uma fisionomia de campo justaposta com moitas de/ou indivíduos lenhosos isolados. A distinção entre os subgrupos 1 (Td) e 2 (Ta) está associada sobretudo ao porte e ao adensamento do dossel. Dossel fechado e com altura superior a 5 m, raramente ultrapassando 7 m, identificaria Td e dossel mais esparsos com altura inferior a 5 m estaria associado a Ta. A categoria Tp tem uma distribuição mais restrita e localizada, associada a áreas alagáveis. A existência de um estrato com árvores/arbustos de altura uniforme e ocupada desproporcionalmente por umas poucas espécies que suportam alagamento periódico justifica essa suposição. Veloso e Góes-Filho (1982) colocam os carnaubais nesta categoria, considerando-os muito alterados pela ação antrópica, daí sua fisionomia Parque.

### 3.1.5. Floresta Ombrófila Densa e Aberta

Ocorrem nas baixas latitudes entre 100 e 600 m. de altitude como uma “*formação florestal que apresenta os fanerófitos com alturas aproximadamente uniformes. A submata é integrada por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade*”. A presença dessa formação vegetal é restrita a pequenos fragmentos sustentados por chuvas orográficas e/ou água edáfica.

### 3.1.6. Floresta Estacional Semidecidual (F)

O conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15 °C. É no primeiro caso que se enquadra a maioria das florestas costeiras nordestinas que compõem o bioma da Mata Atlântica. Ao se afastar para o interior, esse tipo de vegetação é substituída pela Floresta Estacional Decidual.

#### - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb).

Ocorre em altitudes inferiores aos 100 m. - **Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs).**

Ocorre nas encostas interioranas das serras em altitudes entre 100 e 600 m nas baixas latitudes;

#### - Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm)

Ocorre nas encostas e topos de serras em altitudes superiores aos 600 m.

### 3.1.7. Floresta Estacional Decidual (C)

Conhecido também como Floresta Tropical Caducifólia, este tipo de vegetação é caracterizado por duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa seguida de longo período biologicamente seco e ocorre na forma de disjunções florestais, apresentando o estrato dominante macro ou mesofanerófito predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável.

#### - Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs)

Ocorre nas baixas latitudes (abaixo de 16° de latitude Sul), sempre na forma de disjunções, sendo as destacadas para o semi-árido duas disjunções. A primeira é aquela que ocorre no sul do Estado da Bahia, com fisionomia decidual revestindo os terrenos calcários da bacia do rio Pardo, como uma floresta relativamente alta, conhecida como “mata-de-cipó”. A segunda disjunção da formação está situada ao norte do Estado de Minas Gerais e localizada nos vales dos rios Verde Grande e São Francisco, no Estado de Minas Gerais, denominada “mata-de-jaíba”.

#### - Floresta Estacional Decidual Montana (Cm)

Ocorre como disjunções distribuídas, em baixas latitudes (até 16° S), entre 600 e 2000 m de altitude. Vegetação florestal de porte médio.

### 3.1.8. Savana (Cerrado)

A Savana é definida como uma vegetação xeromorfa preferencialmente de clima estacional (mais ou menos 6 meses secos). Reveste solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte, com ocorrência por toda a Zona Neotropical. A Savana (Cerrado) pode ser subdividida

em quatro subgrupos de formação: Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Parque e Savana Gramíneo-lenhosa.

**- Savana Florestada (Cerradão) (Sd)**

Subgrupo de formação restrita das áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúsias de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, providas de macrofilos esclerofilos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódio.

**- Savana Arborizada (Campo-cerrado) (Sa)**

Subgrupo de formação natural e/ou antrópico que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide, contínua, sujeita ao fogo anual. Estas sinúsias dominantes formam uma fisionomia em terrenos degradados. A composição florística, apesar de semelhante à da Savana Florestada (Cerradão), possui ecótipos dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado.

**- Savana Parque (Sp)**

Este subgrupo de formação tem as mesmas características do grupo anterior, mas apresenta características fisionômicas mais típicas, com nanofanerófitos de um mesmo ecótipo bastante espaçados, como se fossem plantados; isto porque apresentam uma pseudo-ordenação de plantas lenhosas raquíticas sobre denso tapete gramíneo-lenhoso de hemicriptófitos e caméfitos.

Com relação ao antropismo, as classes de uso foram conceituadas da seguinte forma:

Agricultura (**Ag**) - Áreas onde a cobertura vegetal original foi substituída para dar lugar à atividade agrícola e Campo antrópico (**Ap**) - Áreas onde a cobertura vegetal original foi substituída para dar lugar à atividade pecuária.

### **3.1.9. Vegetação Secundária (sucessão natural) (Vs)**

Área onde a vegetação natural foi removida intencional ou acidentalmente e que, uma vez cessada a pressão, apresenta um processo de recuperação espontânea da flora ativa.

### **3.1.10. Refúgio Ecológico**

Refúgio Ecológico ou comunidade relíquia é qualquer vegetação florística e fisionômica ecologicamente diferente do contexto geral da flora dominante. É chamada também de “vegetação relíquia”.

**-Áreas de Contato ou Tensão Ecológica (S)**

Áreas de Contato ou Tensão Ecológica são comunidades vegetais indiferenciadas com flora miscigenada das duas ou mais regiões ecológicas entre as quais se interpõe.

A síntese do mapeamento da cobertura vegetal é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das classes de cobertura vegetal e uso das terras da Bacia do São Francisco com suas respectivas áreas em km<sup>2</sup>

<b>Mapeamento da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do São Francisco</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Água	10038,06
C+Vs+Ag - Floresta Estacional decidual com vegetação secundária e Agropecuária	41485,11
Cm - Floresta Estacional decidual Montana	7290,19
Cs - Floresta Estacional decidual Submontana	9753,60
Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	513,93
F+Vs+Ag - Floresta Estacional Semidecidual com vegetação secundária e agropecuária	28133,48
Fb - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	969,02
Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana	2115,14
P+Ag - Área de Formações Pioneiras com Agropecuária	709,51
Refúgio Ecológico Montano	5105,04
S+Ag - Savana com Agropecuária	35601,03
SN - Área de contato entre vegetação do tipo Savana e Floresta Estacional	44268,91
ST - Área de contato entre vegetação do tipo Savana e Savana Estépica	11726,44
STN - Área de contato entre vegetação do tipo Savana, Estepe e Floresta Estacional	6806,41
Sa - Savana Arborizada	125635,53
Sd - Savana Florestada	465,85
Sg - Savana gramíneo-lenhosa	57872,97
Sp - Savana Parque	26942,00
T+Ag - Área de Savana Estépica com Agropecuária	69994,36
TN - Área de contato entre vegetação do tipo Estepe e Floresta Estacional	54556,03
Ta - Savana Estépica Arborizada	69322,48
Td - Savana Estépica Florestada	18109,62
Tp - Savana Estépica Parque	7837,10
IU - Influência Urbana e áreas não mapeadas	3.967,00
<b>Área Total</b>	<b>639.219,00</b>

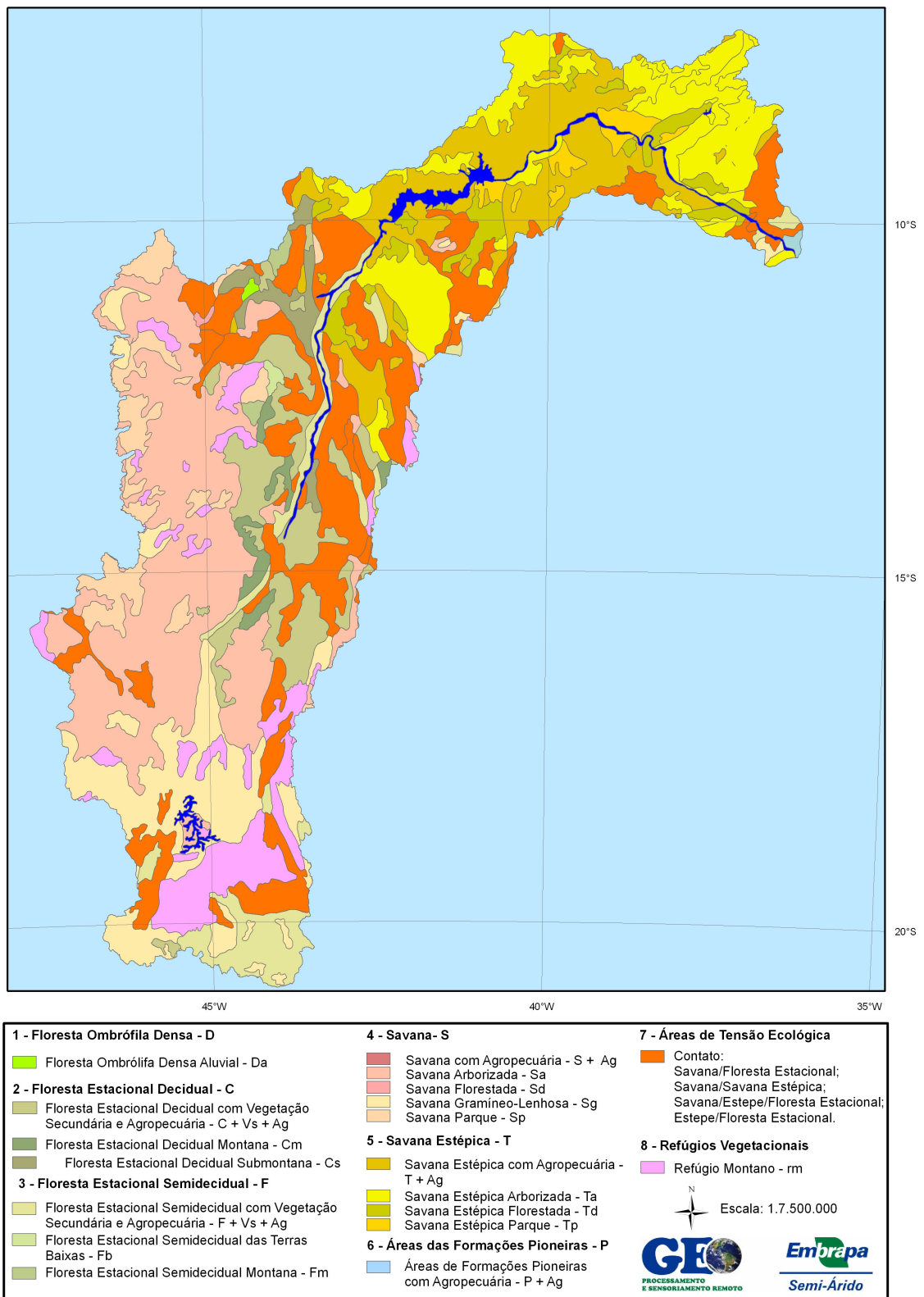


Figura 1: Mapa da cobertura vegetal da Bacia do São Francisco.

#### 4. Conclusões e considerações finais

Observa-se que na bacia a cobertura vegetal que predomina é a Savana com aproximadamente 210.916 km<sup>2</sup>, seguida da Savana Estépica, com aproximadamente 95.270 km<sup>2</sup>, onde acrescenta 70.000 km<sup>2</sup> de Savana Estépica com agropecuária. Outro fato marcante é a área de contato entre a Estepe e Floresta Estacional, com aproximadamente 55.000 km<sup>2</sup>. Cada região fisiográfica da bacia do São Francisco, com suas peculiaridades próprias, apresenta problemas específicos, diferindo assim uma das outras. Entre os graves problemas ambientais identificados na bacia encontra-se o despejo direto de águas urbanas não tratadas e de efluentes provenientes da indústria e da mineração, contendo metais pesados e cianetos.

Além disso, existe o uso indiscriminado de produtos agroquímicos na agricultura e a ocorrência de desmatamento em grande escala para uso da madeira como lenha e carvão, para o uso agrícola, indústria em geral, incluindo a mineração. A contaminação do rio amplifica os impactos sobre a fauna aquática da bacia como um todo e, sobretudo o aproveitamento para os diversos usos.

É preciso enfatizar que grande parte dos problemas identificados poderia ser substancialmente equacionada se houvesse a observância da Legislação Federal com respeito às Áreas de Preservação Permanente (APP) (Lei Nº 4.771 e Resoluções CONAMA). Assim, aponta-se que os principais problemas identificados na bacia do São Francisco são:

1. Desmatamentos, sobretudo da mata ciliar;
2. Queimadas em grande escala;
3. Uso e ocupação inadequada do solo e práticas não conservacionistas;
4. Lançamento de esgotos sem tratamento e resíduos sólidos sem destinação final adequada;
5. Uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes;
6. Erosão e transporte de sedimentos, inclusive àqueles de estradas rurais;
7. Assoreamento dos cursos d'água concorrendo para baixa condição de navegabilidade;
8. Alteração do regime hídrico pela operação das barragens de regularização;
9. Pesca predatória;
10. Exploração mineral sem controle;
11. Perfuração indiscriminada de poços e degradação das lagoas marginais.
12. Descumprimento da normativa que regulamenta as Áreas de Preservação Permanente (APPs).

#### Referências bibliográficas

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. 92 p. (Manuais Técnicos de Geociências, n.1).

**IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2000 ANA/GEF/PNUMA/OEA.**

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de vegetação do Brasil. 1: 5.000.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

**VELOSO, H. P; GÓES-FILHO, L.** Fitogeografia brasileira: Classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL, Série Vegetação**, Salvador, nº1. p.80. 1982.