UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MACROFITOFÓSSEIS EM TUFOS CALCÁRIOS
QUATERNÁRIOS DO NORTE DA BAHIA
COMO INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS**

Patricia de Souza Cristalli

Orientador: Prof. Dr. Setembrino Petri

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO
2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MACROFITOFÓSSEIS EM TUFOS CALCÁRIOS QUATERNÁRIOS
DO NORTE DA BAHIA COMO INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS**

PATRICIA DE SOUZA CRISTALLI

Orientador: Prof. Dr. Setembrino Petri

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Setembrino Petri
Examinadores:	Prof. Dr. Gregório Cardoso Tápias Ceccantini
	Prof. Dr. Ivo Karmann
	Prof. Dr. Kenitiro Suguio
	Prof ^a . Dr ^a . Tânia Lindner Dutra

SÃO PAULO
2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MACROFITOFÓSSEIS EM TUFOS CALCÁRIOS QUATERNÁRIOS
DO NORTE DA BAHIA COMO INDICADORES
PALEOCLIMÁTICOS**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900020299

Patricia de Souza Cristalli

Orientador: Prof. Dr. SETEMBRINO PETRI

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

São Paulo

2006

Agradecimentos

Agradeço ao querido Prof. Dr. Setembrino Petri por ter acreditado em mim e pela admirável dedicação na orientação desse trabalho, sempre fornecendo ótimos caminhos para a resolução de cada problema. Foi realmente uma grande honra ter-lo como orientador e amigo.

À FAPESP pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa e pelas boas sugestões do relator.

À Universidade de Mogi das Cruzes por ter me concedido espaço adequado para o meu trabalho (Laboratório de Ciências da Terra), participando também com recursos de infraestrutura e apoio aos mais de 20 alunos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na obtenção dos dados desse trabalho. Assim, gostaria de destacar os alunos de Iniciação Científica Caroline Duran, Fernanda Lúcio Santos, Nathália Portero da Silva, Fernando Canova, Thaís Fernandes da Silva, Carolina Agostini Mittelstaedt, Gisele Utida, Fernanda Félix Ferreira, Paulo Henrique de Melo e Sílvia Andrade Imura.

Ao herbário ALCB tanto pelo contato inicial realizado pela professora Nádia Roque quanto pela total colaboração da curadora Maria Lenise Silva Guedes, que permitiu consulta e documentação fotográfica de todo material do herbário. Agradeço também a todos os alunos e funcionários presentes neste árduo processo. O trabalho neste herbário contou com a ajuda voluntária de Caroline Duran, sem a qual esse trabalho não poderia ter sido finalizado.

Ao herbário SPF pela pessoa do curador José Rubens Pirani que também permitiu acesso ao herbário incluindo documentação fotográfica.

Ao Prof. Dr. Vitor Fernandes Oliveira de Miranda, por todo o apoio nas discussões relacionadas a estrutura da vegetação e análise multivariada.

Ao Dr. Augusto Auler, UFMG, pela apresentação área de trabalho, ajuda nos trabalhos de campo, e por fornecer dados geocronológicos para amostras de tufas carbonáticas.

Aos professores Gregório Cardoso Tápias Ceccantini (IB-USP) e Kenitiro Suguio pelas sugestões durante o exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Ivo Karmann pelas discussões referentes à deposição dos tufos calcários.

Ao meu marido, Francisco William da Cruz Júnior, por participar ativamente dessa tese nos tópicos referentes a paleoclimatologia, revisão de texto, elaboração de figuras e trabalhos de campo.

À minha família pelo apoio nas mais diferentes circunstâncias, principalmente por entenderem o tempo abdicado a eles em pró dos trabalhos do doutorado.

E por fim, aos meus jovens amigos alunos por todo o apoio emocional fornecido no processo.

ÍNDICE

1 - Introdução e objetivos da pesquisa	01
2 - Aspectos gerais	04
2.1 - Caracterização da circulação atmosférica	04
2.2 - Caracterização da circulação oceânica com ênfase no Atlântico Sul	08
2.3 - Caracterização dos tipos climáticos da América do Sul	09
2.4 - Caracterização dos tipos vegetacionais presentes na América do Sul	12
3 - Local em estudo	24
3.1 - Localização geográfica e morfológica dos tufos calcários de Campo Formoso	24
3.2 - Aspectos geológicos	27
3.3 - Localização da área de tufos ativos em Bonito, MS	29
3.4 - Aspectos climatológicos atuais da região de Campo Formoso	30
3.5 - Aspectos ambientais que condicionam a distribuição da vegetação	31
4 - Métodos e técnicas	33
4.1 - Macrofitofósseis como indicadores paleoclimáticos	33
4.2 - Os tipos vegetacionais atuais da Bahia como parâmetros de comparação	33
4.3 - Descrição do material fossilífero e interpretações taxonômicas	40
4.4 - Análise fisionômica e suas interpretações	43
4.5 - Tufos ativos de Bonito, MS: mecanismos atuais de formação de tufos calcários	46
5 - Deposição de tufos calcários e análise tafonômica	50
5.1 - Deposição de tufos calcários	50
5.2 - Aspectos tafonômicos associados a deposição vegetal	52
5.3 - Análise tafonômica dos depósitos de Campo Formoso, BA	55
6 - Resultados taxonômicos e suas interpretações	64
6.1 - Identificação taxonômica	65
6.2 - Composição florística da assembléia fóssil de Campo Formoso, BA	114
6.3 - Análise da distribuição das espécies registradas	116
6.4 - Comparações florísticas	121
7 - Análise fisionômica dos diferentes tipos de vegetação da Bahia	126
7.1 - Análise global	126

7.2 - Análises por tipo vegetacional	133
7.3 - Análises por características	137
7.4 - Análises de vegetações e características acrescidas do caráter altitude	141
7.5 - Análises comparativas entre diferentes tipos de vegetações	143
7.6 - Interpretação geral da assembléia fóssil de Campo Formoso	147
8 - Discussões gerais	153
8.1 - Discussão das informações obtidas pelo estudo dos tufos calcários	153
8.2 - Discussão das informações obtidas pelo estudo taxonômico dos macrofitofósseis	154
8.3 - Discussão das informações obtidas pela análise fisionômica dos macrofitofósseis	157
8.4 - Discussão das informações obtidas referentes ao paleoclima	158
9 - Interpretações paleoclimáticas para a América do Sul na fase final da última glaciação	159
9.1 - Fenômenos climáticos no Hemisfério Sul	159
9.2 - Interpretação de fenômenos paleoclimáticos com ênfase nos períodos glaciais	162
9.3 - Caracterização da circulação no Oceano Atlântico no último período glacial	163
9.4 - Situação paleoclimática durante o último máximo glacial na América do Sul.	166
9.5 - Situação paleoclimática no Nordeste brasileiro e a importância da caatinga na compreensão de alguns fenômenos	179
10 - Considerações finais	183
11 - Referências bibliográficas	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Correntes atmosféricas na América do Sul durante o inverno e verão.	07
Figura 2 - Mapa ilustrativo da América do Sul indicando os principais tipos vegetacionais.	13
Figura 3 - Município de Campo Formoso: hidrografia, localidades e municípios limítrofes.	24
Figura 4 - Perfil geológico de Campo Formoso, BA.	24
Figura 5 - Morfologia da porção distal dos três afloramentos de tufos calcários.	25
Figura 6 - Esquema em planta dos três afloramentos indicando os pontos de coleta	26
Figura 7 - Mapa de localização dos afloramentos e aspectos geológicos.	28
Figura 8 - Mapa de localização dos rios estudados na região de Bonito, MS	29
Figura 9 - Aspectos vegetacionais da Bahia.	34
Figura 10 - Mapa indicativo das diferentes ecorregiões do Bioma Caatinga.	37
Figura 11 - Representação das principais medidas lineares e angulares utilizadas.	41
Figura 12 - Representação gráfica do processo de planimetria por contagem de pontos.	41
Figura 13 - Quedas d'água do Rio Formoso com fluxo forte e vegetação lenhosa adjacente	48
Figura 14 - Padrões típicos de degradação foliar.	53
Figura 15 - Amostra 15-1 evidenciando canalículos e deposição de carbonato laminado.	54
Figura 16 - Amostra 18-4 com depósito de calcita esparítica em faixas bem escuras e claras.	54
Figura 17 - Amostra 23-9 com carbonato laminado associado à folha e aos canalículos.	54
Figura 18 - Margem foliar com dentes bem desenvolvidos e margem com crenação.	66
Figura 19 - Folha de limbo lobado e folha de base cordata com nervação actinódroma	70
Figura 20 - Ilustração do padrão pinado broquidódromo à esquerda e eucamptódromo à direita	72
Figura 21 - Ilustração de primeira interárea ampla	79
Figura 22 - Ilustração da nervação externa	79
Figura 23 - Ilustração da nervação terciária percorrente	85
Figura 24 - Ilustração de nervuras secundárias alternas entre si e opostas a intersecundárias.	88
Figura 25 - Foto da amostra 18-5 mostrando dois espécimes do morfotipo 6 identificados	106
Figura 26 - Fotos das amostras 26-2 e 26-11 com espécimes do morfotipo 7 identificados	107
Figura 27 - Foto da amostra 14-1 com o espécime do morfotipo 9B identificado	108
Figura 28 - Fotos das amostras 19-3 e 18-6 com espécimes do morfotipo 13A identificado	109
Figura 29 - Foto da amostra 16-3 com o espécime do morfotipo 14B identificado	110

Figura 30 - Foto da amostra 10-2 com o espécime do morfotipo 14E identificado	111
Figura 31 - Foto da amostra 14-4 com dois espécimes não identificados	111
Figura 32 - Foto da amostra 22-2 com o espécime do morfotipo 15A identificado	112
Figura 33 - Foto da amostra 22-3 com espécime do morfotipo 10 identificado e foto da amostra 20-4 representativo do morfotipo 15C.	113
Figura 34 - Mapa da Bahia indicando os municípios estudados na análise fisionômica	127
Figura 35 - Precipitação sazonal total na América do Sul	160
Figura 36 - Posição da ITCZ atual e seu possível deslocamento durante os eventos Heinrich.	170
Figura 37 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 22.000 anos não calibrado	171
Figura 38 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 20.000 anos não calibrado	172
Figura 39 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 18.000 anos (21.500 anos calibrado)	173
Figura 40 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 16.000 anos (19.500 anos calibrado)	174
Figura 41 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 14.000 anos (17.000 anos calibrado)	175
Figura 42 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 12.000 anos (14.000 anos calibrado)	176
Figura 43 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 10.000 anos (11.500 anos calibrados)	177
Figura 44 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 8.000 anos (9.000 anos calibrados)	178

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Siglas utilizadas neste trabalho	01
Tabela 2 - Análise quantitativa das feições tafonômicas foliares em cada ponto de coleta.	56
Tabela 3 - Atributos tafonômicos I dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.	57/58
Tabela 4 - Atributos tafonômicos II dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.	58/59
Tabela 5 - Atributos tafonômicos III dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí	60
Tabela 6 - Relação das espécies identificadas aos morfotipos descritos em Campo Formoso	94/96
Tabela 7 - Relação das espécies comparadas aos morfotipos mas que foram rejeitadas	97/98
Tabela 8 - Síntese das localidades e vegetações nas quais as espécies utilizadas na comparação com os morfotipos de Campo Formoso estavam presentes	99/100
Tabela 9 (A e B) - Número de gêneros e espécies de cada característica analisada.	101/105
Tabela 10 - Abreviações das “localidades” utilizadas nas PCA, suas altitudes e vegetações.	129/132
Tabela 11 - Síntese das características fisionômicas das vegetações de cerrado, caatinga e floresta estacional na Bahia.	141
Tabela 12 - “Localidades” próximas a Campo Formoso em pelo menos três eixos das diferentes PCAs realizadas	148/150
Tabela 13 - Síntese dos principais dados sobre os eventos oceânicos durante a última glaciação e a transição para o pós-glacial.	163

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise global: PCA de 144 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	128
Gráfico 2 - Análise da vegetação de Caatinga e regiões de contato: PCA de 39 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	134
Gráfico 3 - Análise da vegetação de floresta estacional e regiões de contato: PCA de 34 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	135
Gráfico 4 - Análise da vegetação de floresta estacional e regiões de contato: PCA de 34 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 3.	137
Gráfico 5 - Tipos de margem foliar e classes de tamanho: PCA de 72 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	138
Gráfico 6 - Forma foliar e tipos de ápice e de base: PCA de 72 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	140
Gráfico 7 - Análise das vegetações de caatinga e mata ciliar. PCA de 52 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 3.	144
Gráfico 8 - Análise das vegetações de caatinga e cerrado. PCA de 46 “localidades” em comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2.	146

Resumo

Estudo de folhas fósseis preservadas nos tufos calcários, datados pela série de desequilíbrio do urânio, objeto do presente trabalho, permitiram investigar mudanças da vegetação e do clima ocorridas entre 21.000 e 9.000 anos atrás ao longo do vale do rio Salitre, no município de Campo Formoso, norte da Bahia, área atualmente com típica ocorrência de caatinga e clima semi-árido.

Foram descritos 69 morfotipos, tendo sido identificadas 49 através de estudos comparativos com material do herbário ALCB, da Universidade Federal da Bahia e estudos complementares efetuados no herbário SPF, da Universidade de São Paulo. Estão presentes cinco espécies de Annonaceae e Euphorbiaceae, quatro espécies de Malvaceae e Lamiaceae, três de Begoniaceae, duas espécies de Bignoniaceae, Chrysobalanaceae, Elaeocarpaceae, Malpighiaceae e Sterculiaceae, além de uma espécie de Apocynaceae, Aquifoliaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Cecropiaceae, Celastraceae, Connaraceae, Dilleniaceae, Clusiaceae, Olacaceae, Phytolacaceae, Piperaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae e Tiliaceae, sendo considerada uma assembléia bem diversificada.

A análise fisionômica das folhas fósseis, diferentemente de outras análises fisionômicas publicadas que utilizam padrões fisionômicos mundiais, teve como base uma comparação dos padrões fisionômicos estabelecidos a partir de exemplares representativos de toda vegetação atualmente presente no Estado da Bahia. Ambas análises, sistemática e fisionômica das folhas, resultaram no reconhecimento de mistura de vegetações no passado, caracterizada pela presença de elementos da caatinga, cerrado e das florestas estacionais. Espécies das duas últimas vegetações tiveram suas origem associadas à migração de coberturas, hoje localizadas no oeste baiano e nas porções mais elevadas da Chapada Diamantina, respectivamente. As duas análises, em conjunto, permitiram inferir vegetação de dossel fechado e representativo de clima mais chuvoso do que o clima atual.

A análise tafonômica do depósito sugere distribuição mais uniforme das chuvas ao longo do ano, podendo refletir em clima com menor duração da estação seca. Foi possível estabelecer dois sub-ambientes deposicionais assim como condições transicionais entre ambos, reconhecendo feições indicativas de fluxo turbulento de água e feições indicativas de fluxo pouco turbulento. A análise tafonômica só foi possível através do estudo comparativo realizado com os depósitos de tufos calcários atuais na região de Bonito, MS.

Não há indicações de corredores entre as vegetações atlântica e amazônica como sugerido em alguns trabalhos prévios

Abstract

Fossil of leaves preserved in carbonate tufas and dated by U-series method are studied in order to investigate the vegetational and climate changes occurred between 21,000 and 9,000 years ago over Rio Salitre valley, a semi-arid area today covered by caatinga vegetation and located in the Campo Formoso municipality, northern Bahia.

Analysis of vegetal remains has allowed description of 69 morphotypes and the identification of 49 plants species through comparison with the ALCB herbarium documentation of the University Federal of Bahia and complementary studies with the SPF herbarium documentation of the University of São Paulo. The systematic analysis detected the presence of five species of Annonaceae and Euphorbiaceae, four species of Malvaceae and Lamiaceae, three species of Begoniaceae, two species of Bignoniaceae, Chrysobalanaceae, Elaeocarpaceae, Malpighiaceae and Sterculiaceae, beyond one species of Apocynaceae, Aquifoliaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Cecropiaceae, Celastraceae, Connaraceae, Dilleniaceae, Guttiferae (=Clusiaceae), Olacaceae, Phytolacaceae, Piperaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae and Tiliaceae. This can be considered a quite diversified fossil assemblage.

Climate parameters as humidity and temperature play an important role in the photosynthetic process that control the morphology of the leaves, allowing them to be used as paleoenvironmental and paleoclimatic proxies. The multivariate physiognomic analysis of fossils of leaves was possible after establishment of modern physiognomic pattern of vegetation based on samples of ALCB herbarium representative of Bahia state.

Both systematic and physiognomic analysis points out mixed paleovegetation characterized by the presence of elements from caatinga, cerrado and seasonal submontane forests. The last two elements probably migrated from western Bahia and also from high elevations in surrounding Chapada Diamantina, respectively. These results provide evidence for the presence of closer forests that reflect a better distributed rainfall during transition from Last Glacial Maximum and Holocene than observed today in the study area. This inference is additionally supported by taphonomic analysis on studied samples of fossil tufas that were compared to active deposits from Bonito region, Mato Grosso do Sul.

1 - Introdução e objetivos da pesquisa

Ao longo do texto serão utilizadas diversas siglas que serão sintetizadas no quadro a seguir visando facilitar a leitura do mesmo.

AGCM	Atmosphere General Circulation Model
ALCB	Herbário da Universidade Federal da Bahia
CLIMAP	Climate Long range Investigation and MAPping
DSDP	Deep Sea Drilling Project
EMBASA	EMpresa Baiana de Águas e SANEamento
ENSO	El Niño - Oscilação Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITCZ	Zona de Convergência InterTropical
PCA	Análise dos componentes principais
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (www.sei.ba.gov.br)
SO	Oscilação Sul
SACZ	Zona de Convergência do Atlântico Sul
SAMS	Sistema de Monções Sul-Americano
SPCZ	Zona de Convergência do Pacífico Sul
SPF	Herbário da Universidade de São Paulo

Tabela 1 - Siglas utilizadas neste trabalho.

Introdução

Os estudos do Quaternário são capazes de estabelecer um elo de ligação entre o passado geológico pouco remoto e o presente. Em situações favoráveis podem estabelecer prognósticos futuros (Suguio, 1999). Entretanto, muitos dados disponíveis para estudos são temporalmente descontínuos, exceto as amostras de gelo e de sedimentos oceânicos profundos, prejudicando as interpretações.

Na América do Sul, os registros climáticos estudados são mais numerosos na região dos Andes, sendo utilizados como dados complementares à compreensão e datação do último soerguimento da cordilheira, que teria ocorrido há cerca de 2,5 a 3 milhões de anos (Mörner, 1993). Os dados são muito esparsos nas áreas baixas, onde se encontra a maior biodiversidade do mundo. A partir dos anos noventa o número de trabalhos com ênfases paleoclimáticas vem aumentando.

Para prever o efeito da ação do Homem em relação ao meio ambiente é necessário conhecer como se desenvolveu em termos paleoambientais essa enorme fonte de biodiversidade. Torna-se necessário saber também quais fatores climáticos são os mais prejudiciais à biodiversidade e quão rápidas são as respostas biológicas em função das diferentes mudanças climáticas e ambientais. Conhecer o passado ainda é o melhor caminho de se prever o futuro. Este fato é da maior importância porque o desenvolvimento econômico e suas conseqüências têm andado mais rápido que os avanços técnico-científicos e talvez, por isso, ainda tenhamos a oportunidade de conhecer melhor o passado da América do Sul.

Sabe-se que a Terra enfrentou e provavelmente enfrentará uma série de mudanças climáticas de curtas e longas durações, com profundos efeitos nos processos geomorfológicos e biológicos. Essa ciclicidade permite que conheçamos os processos e os mecanismos que operam essas mudanças, de modo que possamos prever as possíveis respostas desse complexo Sistema Terra à intervenção humana, mas para isso é necessário um conjunto maior de dados relacionados ao Quaternário e especialmente ao último evento glacial.

Essa necessidade originou grandes projetos internacionais como o DSDP e o CLIMAP, assim como alguns outros.

A América do Sul representa um bom continente para estudos climáticos, dada a grande sazonalidade do clima no hemisfério sul e sua ampla variação latitudinal: de 12°N a 56°S.

As oscilações na temperatura e na umidade indicam que o clima não foi estável após a última deglaciação. Essas alterações climáticas também são registradas nas terras baixas tropicais e quentes do Brasil Central (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997).

Objetivos da pesquisa

A presente pesquisa visa o estudo da variação climática e vegetacional na região do norte da Bahia, entre 25.000 e 8.000 anos atrás, tendo como base o estudo de tufeiras ricamente fossilíferas. A caracterização de seu conteúdo, basicamente composto de folhas, permite a inferência do tipo de vegetação e de suas características evolutivas com respeito às mudanças climáticas ocorridas desde o último máximo glacial.

Constitui-se nos seguintes objetivos específicos:

- 1) Descrever os diferentes tipos de folhas de modo a caracterizar o registro fossilífero. Esse trabalho serve de base para as diferentes interpretações dos depósitos;
- 2) Obter os parâmetros morfométricos necessários à interpretação paleoclimática;
- 3) Inferir os dados pretéritos referentes ao clima e à estrutura da vegetação. Seja por análise multivariada dos parâmetros morfométrico, seja por estudos florísticos;
- 4) Correlacionar os dados paleoclimáticos obtidos com os demais tipos de registros paleoclimáticos brasileiros na mesma faixa de idade;
- 5) Efetuar comparações entre a vegetação pretérita e a atual na região, de modo a complementar os estudos referentes a origem e desenvolvimento da caatinga.
- 6) Descrever tafonomicamente o depósito, obtendo-se mais informações sobre a paleogeografia da região no tocante a localização e direção da drenagem.

2 - Aspectos gerais

Para adequada interpretação paleoclimática faz-se necessário conhecer os aspectos gerais relacionados ao clima e à vegetação atuais, esta última utilizada na interpretação de climas pretéritos. Os parâmetros climáticos são afetados pelos padrões de circulação atmosférica e pelos padrões de circulação marinha, de modo que ao tentar interpretar como esses parâmetros se alteram durante o Quaternário, os dados provenientes do oeste da África poderiam ser úteis no entendimento das mudanças climáticas que afetaram o continente sul-americano, mas não foram obtidas as correlações esperadas, visto que a distribuição da vegetação na África é muito diferenciada e as mudanças climáticas não puderam ser comparadas.

Ao longo deste trabalho serão apresentados dados referentes ao Oceano Atlântico e dados referentes a toda a América do Sul. A sequência de apresentação de dados na América do Sul tem como objetivo focalizar melhor a atenção para a área em estudo, de modo que se inicia no sul da América do Sul, seguindo a Cordilheira dos Andes até a região amazônica. A partir da Amazônia, enfoca-se mais detalhadamente aspectos brasileiros, de norte para sudeste, concluindo com a região nordeste, área em estudo.

2.1 - Caracterização da circulação atmosférica

Todas as massas de ar responsáveis pelas condições climáticas na América do Sul atuam no Brasil direta ou indiretamente. Entre elas tem-se a Equatorial Atlântica, a Equatorial Continental, a Equatorial Pacífica, a Equatorial Norte, a Tropical Atlântica, a Tropical Continental, a Tropical Pacífica, a Antártica, a Polar Antártica, a Polar Pacífica e a massa de ar Superior (Nimer, 1989).

As massas de ar equatoriais, três marítimas e uma continental, são originadas de determinadas regiões dos ventos alísios. A massa de ar Equatorial Atlântica, origina-se da zona dos alísios de sudeste do anticiclone do Atlântico Sul, da mesma forma que os alísios de sudeste do anticiclone do Pacífico Sul origina a massa de ar Equatorial Pacífica. Os alísios de nordeste do anticiclone do Atlântico Norte originam a massa de ar Equatorial Norte. São separadas pelo continente e pelas calmarias equatoriais. As três apresentam subsidência e inversão térmica que dificulta a mistura, resultando em estabilidade. Entretanto, nos limites da massa de ar Equatorial Atlântica, a descontinuidade térmica se enfraquece, tornando-se instável, o que causa fortes chuvas equatoriais. A massa de ar Equatorial continental forma-se principalmente na zona do cerrado onde domina o regime depressionário continental, sobretudo no verão. O continente torna-se um centro quente para o qual afluem os ventos oceânicos de norte e leste, oriundos da massa Equatorial norte.

Por produzir acentuada ascensão, possuem instabilidade conectiva e provoca precipitações abundantes.

As massas tropicais de ar originam-se de zona de ventos variáveis e divergentes das calmarias subtropicais, ou seja, dos anticiclones semifixos do Atlântico e do Pacífico, limitando-se ao norte pelos alísios de sudeste e ao sul pelas massas polares. A massa de ar Tropical Pacífica não chega a afetar o Brasil diretamente. A massa de ar Tropical Atlântica forma-se na região marítima quente do Atlântico Sul, recebendo muito calor e umidade. Torna-se instável no verão, quando sofre grande aquecimento na costa da América do Sul. A massa de ar Tropical Continental também adquire maior importância durante o verão, mais especificamente do final da primavera ao início do outono. Origina-se na zona baixa estreita a leste dos Andes, região quente e árida, de modo que a depressão térmica do Chaco representa a fonte dessa massa de ar (Nimer, 1989).

As regiões tropicais do Brasil, com exceção do oeste da Amazônia, apresentam ventos oriundos do quadrante leste durante todo o ano. Esses ventos originam-se nas altas pressões subtropicais e é denominado anticiclone semifixo do Atlântico Sul e sua umidade é limitada à camada de ar superficial, sendo de caráter homogêneo e estável. Durante quase todo o ano esse sistema transporta massas tropicais úmidas para o continente de noroeste a nordeste. A estabilidade do anticiclone só cessa com a chegada de correntes perturbadoras. Essas correntes são responsáveis pelas instabilidades e chuvas na região nordeste do país. Há quatro sistemas perturbadores sul, norte, leste e oeste (Nimer, 1989).

As correntes perturbadoras de sul estão representadas por invasões de frentes polares que raramente conseguem ultrapassar a latitude de 15°S durante primavera e verão, quando provoca chuvas frontais e pós-frontais ao longo do litoral até o sul da Bahia. No inverno, pode atingir o litoral pernambucano, enquanto o sertão permanece sob ação de alta tropical com tempo estável.

As correntes perturbadoras de norte são representadas pelo deslocamento da zona de convergência intertropical (ITCZ), oriunda da convergência dos alísios dos dois hemisférios. Governado pelas forças coriolanas, o ar desloca-se da área de alta pressão subtropical no hemisfério sul, para a zona de baixa pressão equatorial, divergindo para oeste. Neste processo origina-se os ventos de sudeste. A fronteira norte dos ventos de sudeste é formada pela ITCZ, zona de origem do ar úmido do equador vindo do norte (Höller *et al.*, 2000). Ao longo desta depressão equatorial geralmente conhecida por região de calmarias, o ar em ascensão provoca chuvas e trovoadas geralmente muito intensas. Durante o inverno do hemisfério sul, a área de alta pressão subtropical está fortemente desenvolvida e situa-se bem mais a noroeste que durante o verão austral. Como resultado, os ventos de sudeste são intensificados e a ITCZ desloca-se para o norte. No verão

austral, ocorre o inverso. Nos deslocamentos para o sul, chega a provocar chuvas até nas latitudes 9 a 10°S, ou seja, nas imediações do Raso da Catarina, “cotovelo” do rio São Francisco.

No sistema leste pode ocorrer variações do próprio anticiclone tropical, que apresenta inversão térmica superior. Essa inversão divide os alísios em duas camadas, uma inferior fresca e úmida e outra superior quente e seca. Quanto mais baixa a altitude dessa inversão, mais estável é o tempo. No litoral do nordeste esta inversão é mais alta, desaparecendo no contato com a frente polar ao sul e a ITCZ ao norte. Entretanto, essa inversão pode desaparecer em função de ventos denominados ondas de leste e de linhas de instabilidades tropicais. Como essas perturbações ocorrem no seio dos anticiclones tropicais, são consideradas pseudofrentes, que faz com que desapareça a inversão térmica ocasionando a mistura das duas camadas de ar e conseqüentemente, chuvas. Tal fenômeno pode ocorrer do Rio Grande do Norte ao norte do Rio de Janeiro, sendo mais freqüente na Zona da Mata pernambucana e na zona cacauzeira da Bahia (Nimer, 1989).

No sistema oeste, as linhas de instabilidades tropicais entre o final da primavera e o início do outono, geralmente acarretam chuvas e trovoadas, fenômenos comuns no interior do Brasil especialmente no verão. As instabilidades tropicais que atingem o nordeste são formadas, na maioria das vezes, sobre os estados do Pará e Goiás, deslocando-se para leste. É importante salientar que a freqüência dessas instabilidades é bem menor no nordeste que no interior da Amazônia e nas regiões sudeste e centro-oeste do país (Nimer, 1989).

As estações do ano que são bem marcadas em médias latitudes, tornam-se cada vez menos nítidas a medida que se aproxima do equador, região submetida à forte radiação solar. As temperaturas médias anuais são mais elevadas nas regiões próximas ao equador, que tendem a apresentar média entre 26 e 28°C. O nordeste brasileiro não é exceção, embora a influência moderadora dos alísios faça com que a região litorânea oriental seja menos quente com médias variando de 24 a 26°C (Nimer, 1989).

Em relação a precipitação, pode-se resumidamente explicar que no sul e no noroeste do Brasil, as chuvas são quase uniformemente distribuídas ao longo do ano. Na grande área central do Brasil, a porcentagem de chuvas entre dezembro e fevereiro corresponde a 45% ou mais, que juntamente com o período de setembro a novembro, pode representar mais de 70% das chuvas. Porém, no nordeste propriamente dito, o período de chuvas concentra-se de março a maio, com mais de 40% da precipitação, que juntamente com o período de dezembro a fevereiro, totalizam mais de 80% das chuvas (Rao *et al.*, 1996).

Figura 1 - Correntes atmosféricas na América do Sul durante o inverno e verão, especialmente no Brasil. Legenda: mPa - massa de ar polar; mTa - massa tropical atlântica; mEc - massa equatorial continental; mEa - massa equatorial atlântica; mTc - massa tropical continental.

A convergência subtropical possui posição variável sazonalmente em vários graus de latitude, enquanto que a frente polar antártica permanece aproximadamente dentro dos mesmos limites ao longo do ano. Ao sul da convergência prevalecem os ventos de oeste (Morley, 1979).

Uma das mais importantes feições atmosféricas durante o verão da América do Sul corresponde a Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ), uma intensa convecção no subtropical próximo ao litoral projetando-se para o Atlântico Sul. Esta região acumula valores máximos de precipitação e está conectada à região de mais intensa convecção sobre a Bacia Amazônica. No sudeste a precipitação relacionada a SACZ ocorre principalmente no verão e no norte principalmente ao redor de julho (Rao *et al.*, 1996).

2.2 - Caracterização da circulação oceânica com ênfase no Atlântico Sul

O Oceano Atlântico tropical é área de especial interesse por cobrir a região de troca de calor entre os hemisférios sul e norte como parte do sistema de circulação global.

A convergência subtropical divide o atlântico sul em dois padrões de circulação distintos. Ao sul da convergência prevalecem os ventos de oeste, que direcionam a corrente circumpolar antártica em sentido horário (Morley, 1979).

As águas do Atlântico Sul central, que se dirigem ao norte em direção ao equador, são formadas pelas águas da convergência subtropical que afundam. O Atlântico Sul contém duas outras massas d'águas subsuperficiais: águas profundas do Atlântico Norte, presentes na coluna d'água aproximadamente entre 1.500 e 4.000 metros e as águas antárticas de fundo, que vão para o norte desde o continente antártico em profundidades maiores que 4.000 metros (Morley, 1979).

A área superficial ao norte da Convergência Subtropical, denomina-se Giro Subtropical e caracteriza-se pelo fluxo anti-horário da corrente que são guiadas pelos ventos sudestes. A corrente de Benguela dirige-se para o norte superficialmente pela costa africana e cria uma região de ressurgência na porção leste do Giro Subtropical. O sistema de correntes superficiais no Atlântico tropical é caracterizado por um grande fluxo para oeste pela corrente equatorial sul que se subdivide em dois ramos: um principal para o sul e outro menor e mais rápido para o norte, ambos são divididas pela corrente horária sul equatorial.

A corrente sul equatorial forma a parte norte do Giro Subtropical e encontra-se geralmente entre as latitudes 10°S e 3°N. A divergência tropical é mais forte no Atlântico leste equatorial onde flui para o leste muito raso. A cerca de 10°S o ramo sul da corrente sul equatorial divide-se originando a corrente do Brasil para o sul e corrente norte do Brasil para o norte. A corrente do Brasil estende-se do equador a aproximadamente 35°S onde encontra a corrente das Malvinas que se dirige para norte (Morley, 1979). Estas correntes podem ser observadas na figura 36 (página 170)

A corrente submarina equatorial de direção leste origina-se no oeste do Atlântico equatorial fluindo ao longo do equador a cerca de 100 metros de profundidade para finalmente suprir as águas superficiais fora da costa africana.

Abaixo das águas superficiais mistas encontram-se as águas do sul do Atlântico central e abaixo dela as águas intermediárias antárticas entre 400 a cerca de 1.000-1.200 metros de profundidade seguindo para o norte. As águas profundas do Atlântico norte seguem para sul entre as águas intermediárias antárticas e as águas antárticas de fundo (Höll *et al.*, 2000).

A área da ITCZ mostra as maiores temperaturas superficiais no Oceano Atlântico. Durante o inverno do hemisfério sul, com os ventos sudestes intensificados e a ITCZ mais ao norte, a velocidade da corrente sul equatorial atinge o seu máximo, permitindo a divergência das águas superficiais bem misturadas e alta produtividade, como termóclina rasa, a cerca de 50 metros de profundidade e a menor temperatura superficial das águas no leste do Atlântico equatorial. A profundidade da termóclina na parte oeste origina condições oligotróficas.

Durante o verão austral, a área de alta pressão subtropical é menos intensa e situa-se mais ao sul, resultando em ventos sudestes fracos e velocidade mínima da corrente sul equatorial. No leste a divergência é mínima resultando em águas relativamente estratificadas com menor produtividade. A termóclina está relativamente baixa a cerca de 60 metros de profundidade e temperatura superficial do oceano atinge o seu máximo. A termóclina no oeste está mais rasa, mas continua mais profunda que no leste, mantendo condições oligotróficas nas águas superficiais. O fluxo para leste da corrente submarina equatorial atinge o seu máximo.

A região equatorial do Atlântico é influenciada ainda pelo sistema de monções SW-NE da África tropical. No Atlântico equatorial os ventos sudestes no verão apresentam um componente meridional mais forte e um componente zonal mais fraco, diminuindo a velocidade da corrente sul equatorial, resultando na diminuição da intensidade da ressurgência equatorial.

2.3 - Caracterização dos tipos climáticos da América do Sul

O clima no sul dos Andes (Chile e Argentina) é altamente variado. Os picos mais altos na área mais ao norte bloqueiam a penetração das ondas úmidas de oeste vindas do Oceano Pacífico. Portanto, as encostas chilenas possuem clima sazonalmente quente e úmido enquanto que a Argentina experimenta condições áridas, na sombra de precipitação. Nesses termos, invernos são úmidos e verões secos, devido à flutuação sazonal das ondas de oeste e das frentes polares. Para o norte, no Chile, as chuvas de inverno vão gradualmente escasseando, enquanto que o norte da Argentina fica sob a influência das chuvas de verão causadas pelas massas de ar subtropicais úmidas, que sopram de sudoeste entre as zonas de alta pressão no Oceano Atlântico e os centros de baixa pressão nos continentes (Heusser, 1989). A precipitação média anual no lado oeste dos Andes excede 3.000 milímetros por ano mas declina rapidamente para leste, chegando a níveis inferiores a 600 milímetros por ano (Rabassa & Clapperton, 1990).

Na planície do Chaco-Pampa o clima é subtropical com umidade no leste tendendo a árido no oeste e sudoeste. Condições tropicais úmidas prevalecem na região nordeste. Esse padrão climático reflete a influência do Oceano Atlântico na América do Sul. O anticiclone sul-americano

introduz ventos quentes e úmidos de norte e nordeste e o anticiclone do Pacífico Sul traz massas de ar frias e secas pelo sul. Extremos climáticos ocorrem durante o fenômeno El Niño, quando há grandes precipitações (Iriondo & Garcia, 1993). O cinturão frio temperado estende-se a 42°S enquanto que as ondas de oeste e a precipitação atingem seu máximo a cerca de 50°S. A precipitação aumenta sazonalmente no norte da Argentina, com a maioria das chuvas no inverno, acompanhada de maior amplitude térmica diária (Hulton *et al.*, 1994).

O clima entre 40 e 42°S, na região oeste da América do Sul, é sazonal oscilando com as frentes polares e o anticiclone subtropical pacífico. A precipitação é freqüente principalmente no outono e inverno, quando a atividade anticiclonal é mais intensa. As temperaturas em janeiro variam em torno de 14-16°C e em julho entre 7 e 8°C. A migração da frente polar no Quaternário aparentemente resulta em mudanças na circulação atmosférica que pode ser a explicação para as mudanças climáticas e vegetacionais observadas no registro polínico (Heusser, 1981).

O clima quente e seco com pronunciada estação seca no sul do Brasil (RS, SC, PR e SP) pode ser explicado pela forte influência das massas de ar continentais tropicais secas que bloqueiam o avanço das frentes polares (Behling, 1998).

O Altiplano propriamente dito, localizado entre as cordilheiras leste e oeste dos Andes, a cerca de 3.800 metros de altitude, exibe climas áridos a semi-áridos, com precipitação de 700 milímetros por ano ao norte, diminuindo para menos de 100 milímetros por ano ao sul. A temperatura varia entre menos 20°C nas noites de inverno a 20°C durante os dias de verão (Fornari *et al.*, 2001).

A região do Antiplano andino exibe contrastes pronunciados de precipitação durante as estações do ano. No verão austral, células de baixa pressão induzidas pelo calor se forma sobre a região central da América do Sul, trazendo umidade do Atlântico Sul. Ao mesmo tempo, a atividade convectiva sobre o Altiplano associado às partes altas da Bolívia produz precipitação nos Andes. Como resultado, a maioria da precipitação ocorre entre dezembro e março. Bloqueios periódicos da circulação atmosférica leste pelas ondas de oeste e perturbações causadas pela ENSO podem produzir fases secas durante a estação normalmente úmida (Abbott *et al.*, 1997).

A cordilheira leste é uma zona de gradientes climáticos acentuados resultantes de desnível de mais de 600 metros acima da bacia amazônica. A precipitação é decrescente de leste a oeste, variando de mais de 1.400 milímetros por ano nas terras baixas a menos de 700 milímetros por ano no Altiplano. A precipitação de verão corresponde de 65 a 78% da precipitação ao longo do ano, enquanto que no inverno, de junho a setembro caem cerca de 8% das chuvas anuais (Abbott *et al.*, 1997).

A Venezuela está dentro da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), com precipitação anual de 865-1000 milímetros e a estação seca corresponde aos meses de novembro a abril. A temperatura média anual é de 25°C principalmente na região do Lago Valência (Leyden, 1985).

O clima no Llanos Orientales é sazonal, com período de chuvas que dura 7 meses, mas exhibe gradientes pluviométricos de cerca de 1.200 a 2.000 milímetros por ano ao norte e de cerca de 2.000 a 2.500 milímetros por ano ao sul da região. A temperatura anual média é de 26-27°C, com variação menor que 3°C por mês (Berrio *et al.*, 2000).

A borda meridional da bacia Amazônica situa-se sob clima tropical úmido e topografia constituída de platôs e depressões, sendo essas inundadas por pelo menos 6 meses durante o período das chuvas (Pessenda *et al.*, 2001). A temperatura média anual em regiões próximas ao rio Amazonas é de 27°C e a precipitação média é de 2.200 milímetros por ano (Bush *et al.*, 2000).

A Serra do Carajás, por exemplo, corresponde a um estreito platô atingindo altitudes entre 700 e 800 metros. Climaticamente situa-se dentro da faixa noroeste-sudeste da Bacia Amazônica com precipitações anuais entre 1.500 a 2.000 milímetros, índices abaixo de suas regiões vizinhas que chegam a ter de 2.000 a 3.000 milímetros de chuva por ano (Absy *et al.*, 1991).

No pantanal a temperatura média anual é de 25°C e a precipitação em torno de 1.280 milímetros por ano, com estação seca de aproximadamente 5 meses. O solo é classificado como areia quartzosa (Victoria *et al.*, 1995).

O clima do Brasil central ocupado pelo cerrado é tropical quente semi-úmido com pronunciada estação seca de 3 a 4 meses de duração. Está relacionado ao deslocamento latitudinal anual da ITCZ. Entretanto, esse padrão geral é alterado por efeito de frentes polares que ocasionam temperaturas muito baixas e até mesmo geadas eventuais. A duração da estação seca ainda é influenciada pela circulação atlântica (Ledru, 1992).

As regiões sudeste e central brasileiras também são controladas pela posição da ITCZ. Durante o inverno, as massas de ar polar que avançam para o norte, ao entrar em contato com as massas de ar quente dos trópicos entre as latitudes 25 e 30°S, induzem precipitações nesta região. (Ledru *et al.*, 1998).

O gradiente pluviométrico está relacionado ao padrão atmosférico dominado pelo anticiclone do atlântico sul, um sistema semipermanente de alta pressão. Durante quase todo o ano esse sistema transporta massas de ar tropicais úmidas para o continente nas direções leste e nordeste. Mudanças neste padrão estão relacionadas a invasões de frentes frias polares, que ao se chocar com as massas tropicais produzem fortes chuvas principalmente na região sudeste (Nimer, 1989).

A climatologia da região nordeste é bastante complexa devido a sua extensão territorial associado ao tipo de relevo e a conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica. Essa complexidade não se traduz em grandes diferenças térmicas, mas exibe grande variedade pluviométrica (Nimer, 1989). O clima é semi-árido. A precipitação anual é de cerca de 490 milímetros, com déficit acima de 1.400 devido a evapotranspiração. As chuvas são concentradas entre os meses de fevereiro a maio e a temperatura anual média é em torno de 26°C.

Ao longo da porção média do rio São Francisco, entre as cidades de Barra e Pilão Arcado, ocorrem 7.000 quilômetros quadrados de paleodunas. As flutuações no regime de ventos é controlada pelas massas de ar atlânticas equatorial e tropical durante o inverno e pela massa de ar continental equatorial durante o verão. A precipitação varia de 400 a até 800 milímetros por ano (Barreto *et al.*, 1996).

2.4 - Caracterização dos tipos vegetacionais presentes na América do Sul

A porção mais ao sul do continente sul-americano chega a apresentar tundra subantártica, muito embora de pequena distribuição, sendo logo substituída pelas vegetações patagônica e magelânica, na região da cordilheira do Andes subdividida em matas perenifólias e matas verdes, enquanto que a leste da cordilheira ocorre as estepes e os desertos patagônicos. Denomina-se vegetação magelânica para todas as matas ao sul das florestas valdivianas. Ao longo de área úmida, numa estreita faixa, ocorrem matas perenifólias, mais ao norte, são substituídas, em maiores altitudes, por vegetação com características de floresta decídua. As matas verdes se distribuem no leste seco do sul dos Andes, com precipitação de 1500 a 500 milímetros por ano. Nas áreas de menor precipitação ocorre estepe, sempre com limite muito nítido entre as vegetações (Hueck, 1972).

A vegetação natural do Chile é dividida em quatro diferentes zonas reconhecidas entre o nível do mar e a tundra alpina. Remanescentes da floresta decídua das terras baixas mais ao norte, são espalhadas até 41°S, limite norte da floresta úmida valdiviana e acima de 150-200 metros de elevação (Heusser, 1981).

A região das matas pluviais valdivianas é limitada ao norte pelas matas foliadas verdes de verão e se estende mais para o norte na região costeira. Apresenta este nome por atravessar as cordilheiras costeiras na região de Valdivia. Desigualdades no tipo de solo e altitude, ocasionam diferentes tipos de matas. A mata valdiviana propriamente dita é rica em espécies, com predomínio de tipos perenes, em geral com folhas grandes (Hueck, 1972).

Figura 2 - Mapa ilustrativo da América do Sul indicando os principais tipos vegetacionais.
<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2003/mar/30/69.htm>

Uma larga faixa seca, bem delimitada, de noroeste a sudoeste, separa as matas ao sul dos Andes, da região das matas do norte da América do Sul. No oeste dos Pampas, a precipitação é menor que 400 milímetros por ano e a Patagônia fica abaixo da isoietas de 250 milímetros, com presença de estepes e semidesertos, com a vegetação tornando-se completamente desértica na costa do Pacífico, representada pelo deserto do Atacama (Hueck, 1972).

Ao norte das estepes e ao sul dos pampas, ocorre a região dos *montes* caracterizada por estepes arbustivas xerófilas, embora extensa e com condições climáticas variáveis. A vegetação é muito uniforme. Já os pampas correspondem à denominação indígena referente ao relevo plano, que inclui as extensas planícies do rio de La Plata, constituído de campos abertos (Hueck, 1972).

Seguindo a cordilheira dos Andes em direção ao norte, a partir da porção central do Chile até o norte do Peru, encontram-se desertos costeiros, continuados pela vegetação de puna e páramo a medida em que a altitude aumenta. A região dos Andes centrais, os vales encontrados entre as diferentes cadeias montanhosas aumentam de extensão, formando extensos planaltos, com altitudes que variam de 3600 a 4200 metros de altitude, denominado de Altiplano. A vegetação é muito característica de campos de gramíneas e estepes baixas. As partes sulinas são extremamente secas, especialmente na Argentina, Bolívia e Peru, sendo denominadas de puna. Por outro lado, ao norte, as condições são mais úmidas, permitindo o desenvolvimento do páramo (Hueck, 1972).

Na Cordilheira Leste da Colômbia pode-se encontrar florestas tropicais nas terras baixas, savanas ou vegetação xerófita. Até 1.000 metros de altitude encontra-se um cinturão de floresta tropical, de 1.000 a 2.300-2.500 metros ocorre a floresta subandina. De 2.300-2.500 até 3.200-3.500 metros de altitude encontra-se a floresta andina. Acima da floresta andina ocorre o páramo, no qual três cinturões podem ser reconhecidos: o subpáramo, o páramo herbáceo e o superpáramo. Considera-se subpáramo a vegetação lenhosa arbustiva que pode ocorrer desde os 3.000 até 3.600 metros de altitude. O páramo herbáceo pode se estender de 3.500 metros a 4.200 metros de altitude. O superpáramo, acima de 4.000 metros normalmente apresenta congelamento no solo e a vegetação é bastante esparsa (Hooghiemstra, 1989). Portanto, pode-se notar que o posicionamento da vegetação em relação a altitude é um pouco variado, possivelmente pela conjunção dos fatores climáticos com a geografia de cada região, de modo que as interpretações paleoclimáticas baseadas apenas nesses critérios deve ser vista com cautela.

Nas regiões andinas próximas ao Equador, a vegetação corresponde a floresta tropical altamente diversificada numa transição entre as florestas de altitude e as das planícies, a 1.100 metros de altitude numa das áreas de maior umidade na Amazônia (Liu & Colinvaux, 1985).

Nas encostas orientais da cordilheira dos Andes, entre altitudes de 450-550 metros até 1400 metros ao sul e 2400 metros ao norte, encontram-se comunidades vegetais de grande riqueza florística, incluindo diversas matas de altitude, desde matas tropicais perenifólias, matas subtropicais, matas de neblina, também perenifólias, matas de altitude, geralmente caducifólias (Hueck, 1972).

Antes de atingir as partes mais ao norte da cordilheira dos Andes, não se pode deixar de mencionar a grande região completamente plana do Chaco, sendo coberta pela floresta seca mais extensa da América do Sul. Estende-se pela Argentina, Paraguai e Bolívia, ocupando 800.000 quilômetros quadrados, sendo que apenas uma pequena porção adentra o Brasil. A área central é extremamente seca e o Chaco oriental, mais úmido. Em sua vegetação predominam matas xerófitas abertas, em geral com as folhas pequenas. Em suas bordas percebe-se a influência do cerrado a leste, da província andina a oeste e da vegetação do sul do Brasil a sudeste. O Chaco oriental também é conhecido como “Parque Mesopotâmico”, estende-se pela Argentina sob influência dos rios Paraná, Uruguai e Paraguai, ocorrendo lagos, pântanos, matas de galeria e bosques pouco densos, além das matas decíduas e campos secos (Hueck, 1972).

Partes da América do Sul tropical apresentam mosaico de vegetação de florestas e savanas, que nem sempre são correlacionáveis a fatores edáficos, hidrológicos ou geomorfológicos (Carneiro Filho, 1993). Floresta semidecídua ocorre nas margens da savana, sendo normalmente considerada um estágio transicional entre as florestas sempre-verdes e as savanas (Desjardins *et al.*, 1996).

Em Rondônia, a distribuição das savanas não foi considerada como dependente de fatores edáficos e dados de subsolo sugerem maior desenvolvimento das savanas anteriormente, tendo-se inclusive dados sugestivos da ocorrência de fogo (Desjardins *et al.*, 1996).

Os Llanos Orientales e Llanos Orinoco, na Venezuela representam o maior ecossistema de savanas tropicais no norte da América do Sul. A geomorfologia dessas terras baixas corresponde a planície com algumas áreas altas com relevo suave, denominadas mesetas (Behling & Hooghiemstra, 1998).

As savanas nos Llanos Orientales podem ser subdivididas em 10 comunidades diferentes: três comunidades arbóreas que possuem poucas afinidades com as outras sete, que seguem um gradiente de aumento de umidade: três comunidades de savanas secas, duas comunidades de savanas úmidas e duas comunidades de savanas sazonalmente inundadas. A composição e distribuição dessas diferentes comunidades são resultantes de diversos fatores ambientais como físicos, pedológicos, bióticos e climáticos. Ocorrem manchas de florestas e florestas galerias interrompendo a vegetação campestre. As savanas de Llanos Orientales foram consideradas como o ecossistema de menor diversidade florística da região neotropical (Behling & Hooghiemstra, 1998).

Ao longo da costa ocidental do norte da América do Sul não há estação seca e a precipitação chega a ultrapassar 6000 milímetros por ano, sendo a vegetação predominante floresta pluvial tropical, mas nas regiões de montanhas, a vegetação se altera um pouco, chegando a ter matas decíduas. Na região costeira caribenha da Colômbia e Venezuela, especialmente nas proximidades do Lago Maracaibo, a pluviosidade é baixa e irregular, de modo que a vegetação constitui-se de mata seca com cactáceas. A vegetação comumente denominada de Llanos, corresponde a mata decídua similar às florestas de monções do sul da Ásia (Hueck, 1972).

Pela sequência escolhida para a abordagem da América do Sul, seguem-se os tipos de vegetação que ocorrem no Brasil. Estas vegetações receberão maior detalhamento.

A fitogeografia tende a utilizar designações regionais que dificultam as comparações de vegetações em diferentes partes do mundo. Poucas nomenclaturas são uniformizadas e muitas não correspondem a sistemas florístico-fisionômico-ecológicos. Normalmente se baseiam em diferentes aspectos (Veloso *et al.*, 1991). Por isso, serão expostas algumas considerações.

Desde a classificação de Martius (1858 *apud* Veloso *et al.*, 1991), tipicamente florística, o Brasil é dividido em cinco regiões: Amazônia (Nayades), Caatinga (Hamadryades), Cerrado (Oreades) e Complexo vegetacional Atlântico, dividido entre a costa atlântica (Dryades) e a flora subtropical (Napeias). Segundo Veloso *et al.* (1991), pouco se pode acrescentar a esta classificação, a não ser duas novas regiões: a do Pantanal (Charco Boreal) e a da Campinarana, flora dos Podzóis Hidromórficos dos pântanos amazônicos.

A primeira classificação fisionômica-estrutural foi realizada por Gonzaga de Campos (1926), com terminologia regionalista, mas foi a divisão fitogeográfica de Bezerra dos Santos (1943) que seria a precursora da Fitogeografia Fisionômica no Brasil, seguidas inclusive pelo Projeto RADAMBRASIL. Na referida classificação, as formações florestais ou arbóreas são divididas em Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Floresta de Araucária, Mata do rio Paraná, Mata de Cocais e Mata de galeria. As formações arbustivas e herbáceas são divididas em Caatinga, Cerrado, Campos Gerais e Campinas ou Campos Limpos. E são duas as formações complexas: Pantanal e formações litorâneas (Veloso *et al.*, 1991).

O primeiro botânico a tentar uma classificação fitogeográfica universal foi Schimper (1903), baseada no conceito de formações. As formações florestais foram divididas em floresta pluvial, floresta das monções, floresta espinhosa e floresta de savana. Formações campestres e formações desérticas. Suas maiores divisões são baseadas em critérios fisionômicos e as divisões menores em critérios climáticos e edáficos. O sistema de Trochain (1957) foi inovador, pois apesar de utilizar critérios fisionômicos, os subdividiu de acordo com o parâmetro ecológico dominante, terminologia aceita e relativamente pouco alterada. O Projeto RADAMBRASIL baseou-se na classificação de

Ellemberg & Muller-Dombois (1965/66), que obedece a um sistema hierárquico de formações, seguida de subformações (Veloso *et al.*, 1991).

Por tentar obedecer a padrões internacionais, a apresentação da vegetação brasileira utilizou aqui os princípios gerais adotados pelo Projeto RADAMBRASIL, procurando seguir um sistema hierárquico. Dados adicionais serão fornecidos sempre que se considerar pertinente, principalmente para explicar termos regionais algumas vezes encontrados em trabalhos que versam sobre paleoclimatologia, de modo a evitar problemas de interpretação e comparação.

A **Floresta Amazônica** é o maior ecossistema de floresta chuvosa do mundo com cerca de 5.600.000 quilômetros quadrados. Representa 50% da área total de florestas tropicais chuvosas do planeta. É caracterizada por três tipos principais de florestas, relacionadas ao grau de inundação. A floresta de terra firme, nunca é inundada e corresponde ao tipo mais diversificado. A floresta de várzea pode ser parcialmente inundada e a floresta de igapó, que permanece sazonalmente inundada (Rizzini, 1997). Essa floresta transcende e muito as fronteiras do Brasil, correspondendo a grande floresta pluvial equatorial, presente na área da Bacia do Amazonas e do Orinoco. O clima quente não é caracterizado por temperaturas extremamente altas, mas por temperaturas regulares durante o dia e a noite (Hueck, 1972).

Segundo Hueck (1972), a Amazônia pode ser dividida por regiões: delta do rio Amazonas, região do Paru-Jari (nordeste do Amazonas), região do Tocantins e do Gurupi, região do médio e baixo Xingu e do Tapajós, região dos rios Madeira e Purus, a Hiléia ocidental, região do rio Negro (noroeste da Hiléia), região da várzea dos rios Amazonas e baixo Madeira, região do Acre, Beni, Mamoré e Guaporé, nas proximidades dos Andes, região do Caquetá, Vaupés e Guáinia, região dos afluentes da margem direita do rio Orinoco, região das guianas e a região do delta do Orinoco, baseando-se principalmente nos tipos predominantes de vegetação e áreas de transição. Outros autores subdividem a mata pluvial em terra firme, várzea e igapó, além das matas decíduas, savanas e campos abertos inundados ou não. Citam ainda a ocorrência de matas muito mais baixas e mais pobres, caracterizadas por mata rala e abundantemente iluminada, impropriamente denominada de caatinga amazônica.

A floresta de terra firme encontra-se em regiões mais elevadas, de 60 a 200 metros de altitude e corresponde a vegetação perenifólia, latifoliada, compacta e escura. Ocorre em substrato arenoso mais ou menos argiloso. Podem ser reconhecidos quatro estratos: o estrato formador do dossel com 30 a 40 metros de altura, sendo que as emergentes podem atingir alturas entre 50 e 65 metros; o segundo estrato arbóreo com 5 a 20 metros de altura e subordinado a ele, o terceiro estrato, com arbustos, samambaias e pequenas árvores que conseguem viver na penumbra úmida da floresta. O quarto estrato corresponde ao piso da floresta, representado quase que exclusivamente

pela serapilheira e algumas plantas jovens e ervas. No interior dessa floresta ocorrem as várzeas e os igapós (Rizzini, 1997).

A floresta de várzea é inundada apenas algumas semanas por ano. Representam formações características da Amazônia. Floristicamente podem ser diferenciadas as várzeas de rios brancos, que portam muitos sedimentos das várzeas de rios negros. Estando associadas aos nutrientes transportados pelos rios, as várzeas são menos desenvolvidas no Baixo Amazonas. Em geral apresentam-se com três estratos. O estrato superior varia de 10 a 20 metros de altura, embora possa chegar a 30 metros. O estrato inferior é rico em arbustos, lianas, palmeiras e epífitas (Rizzini, 1997).

A floresta de igapó possui drenagem insuficiente porque a água permanece estagnada na maior parte do ano, fornecendo características de mata pantanosa. A vegetação é baixa e pobre, com árvores mais espaçadas, com presença de epífitas. Ocorrem árvores características da floresta de várzea, embora menos desenvolvidas e árvores que são peculiares a este ambiente, sendo mais numerosas (Rizzini, 1997).

Com uma área de 140.000 quilômetros quadrados, o **Pantanal** corresponde a uma das maiores planícies de inundação do mundo. Devido a variações entre climas secos e úmidos durante o final do Pleistoceno, padrões mistos de vegetação foram estabelecidos com as espécies características das áreas vizinhas (Amazônia, Chaco, Cerrado e Caatinga) e com poucas espécies endêmicas. Há quem acredite que espécies da Caatinga tenham invadido a região nas fases secas (Victoria *et al.*, 1995). Os solos em sua maioria são arenosos e pobres. A temperatura média anual excede os 25°C. A média de precipitação é de 1.000 a 1.300 milímetros por ano, com 80% das chuvas concentradas entre outubro e março. A lenta drenagem na imensa planície aluvial com altitude média de apenas 110 metros controla o regime dos rios determinando o ciclo das cheias.

As condições de habitat variam bastante de acordo com a existência ou não de alagamento e a duração deste alagamento faz com que ocorra um mosaico de comunidades hidrófilas, submersas e natantes, helófilas, higrófilas, mesófilas e até xerófilas. Esse mosaico confere o termo Complexo do Pantanal a região formada pela planície aluvial, também denominada de depressão paraguaia (Rizzini, 1997). A vegetação é portanto ora típica de campo cerrado que pode ceder sem transição a campos limpos. Há também mata densa e escura, que pode ceder lugar para mata conhecida vulgarmente como paratudo. É comum no Pantanal a ocorrência de áreas dominadas por apenas um tipo de árvore como os carandazais e os buritizais. Há ainda a vegetação denominada bosque, na qual ocorrem árvores isoladas cujas copas não se tocam. E finalmente as florestas galerias (Ferri, 1980).

Os tipos vegetacionais da região centro-sul do país podem ser definidos de acordo com o clima, de modo que o cerrado e o buritizal ocorrem em clima de longa estação seca (4 a 5 meses) e temperatura média de inverno de aproximadamente 15°C. Em direção ao sul, ocorre floresta semidecídua quando a estação seca dura de 2 a 3 meses e temperaturas médias de inverno estão entre 10 e 15°C (Ledru *et al.*, 1998).

O desenvolvimento das diferentes fisionomias do **Cerrado** e de sua distribuição está sujeito a muitas dissensões. Alguns estudos relacionam o acréscimo de fósforo, nitrogênio e potássio com os tipos gradativamente mais fechados de cerrado. Outros estudos mostram que a variação na fisionomia está fortemente correlacionada com a disponibilidade de água nos solos. E há estudos que sugerem a importância do fogo como fator determinante (Behling, 1995).

O Cerrado pode ser caracterizado pela ocorrência de dois estratos com duas formas de plantas ecologicamente diferentes quanto à estrutura e às reações fisiológicas. O primeiro estrato é dominado por fanerófitas de porte reduzido, de caule e galhos tortuosos e de raízes profundas que atingem o lençol freático. No segundo estrato ocorrem lenhosas providas de xilopódios e folhas coriáceas que coexistem com gramíneas que formam tapete rasteiro campestre. Entre seus subtipos encontram-se a savana arbórea aberta (cerrado), a savana parque (campo limpo) e a savana gramíneo-lenhosa (campo sujo) (RADAMBRASIL, 1979). Disseminados entre o estrato herbáceo, encontram-se numerosas espécies de subarbustos que distinguem-se pela altura de 10 a 100cm, por possuírem vários órgãos subterrâneos de caráter perene, por intensa esclerofilia das partes aéreas que representa proteção extra ao vegetal, microfilia generalizada e decíduidade da parte aérea. Não há ervas no sentido de plantas moles, não se observando vegetais anuais, pteridófitas, rosuladas, suculentas e nem espinhosas (Rizzini, 1997).

Para Rizzini (1997) existem relações sucessionais entre o campo e o cerrado, ocorrendo três formações-clímax no planalto Central brasileiro: cerradão em solos profundos, matas secas em depressões aquíferas e campos limpos em solos arenosos rasos ou duros, nos quais há deficiência real de água durante os meses secos. Seu conceito de cerrado é próprio para a forma típica, distinta do cerradão pela perda da estrutura silvestre, com árvores mais espaçadas, menores, mais retorcidas e vegetação baixa ricamente dotada de gramíneas e subarbustos campestres. Do mesmo modo, o campo cerrado seria apenas uma forma mais pobre, tanto estrutural quanto floristicamente, na qual a prevalência da vegetação baixa é ainda maior. Considera ainda dois tipos subseqüentes: o campo sujo e o campo limpo, o último apresentando apenas vegetação baixa, sem árvores ou com arvoretas muito afastadas entre si. Diferentes formas estruturais podem ocorrer em continuidade ou disjunção.

O buritizal ou vereda é caracterizado pela palmeira *Mauritia flexuosa* e poucas outras árvores. Esse tipo de vegetação é comum nos cerrados do Brasil central e nos Llanos da Venezuela e Colômbia onde são chamados de morichal (Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996).

Da região sul ao norte do Brasil Central ocorrem três tipos de vegetação nas terras baixas que estão relacionadas ao padrão climático. A floresta de Araucária distribui-se em regiões sem estação seca e temperatura média de inverno inferior a 10°C. A floresta mesofítica semidecídua apresenta-se em regiões de curta estação seca e temperaturas médias de inverno entre 10 e 15°C. O cerrado ocorre em regiões com quatro meses de estação seca e temperatura média de inverno maior que 15°C. Para todas, a precipitação varia de 1.500 a 2.000 milímetros por ano, sendo a temperatura média do inverno e a duração da estação seca seus fatores condicionantes (Ledru, 1992).

A **Floresta Atlântica** corresponde a um complexo vegetacional melhor definido por sua composição florística, abrangendo diversas formações vegetais. Essa floresta possui várias denominações como floresta perenifólia latifoliada higrófila costeira, floresta latifoliada tropical úmida de encosta, mata pluvial tropical ou floresta ombrófila densa.

Rizzini (1997) considera a **Floresta de Araucária** parte constituinte do complexo vegetacional atlântico, que associada a componentes da floresta pluvial, origina diversas comunidades florestais mistas. Essa floresta ocorre continuamente entre as latitudes 24 e 30°S primariamente entre 1.000 e 1.400 metros de altitude e na forma de ilhas isoladas entre as latitudes 18 e 24°S em elevações entre 1.400 e 1.800 metros.

O padrão utilizado no projeto RADAMBRASIL é o mais próximo dos termos conhecidos internacionalmente, embora não se concorde com todos os termos citados. Entre os termos úteis para as descrições paleoclimáticas encontram-se os que se referem à estrutura da vegetação, independente da composição florística. Esses termos estão indicados por caracteres em caixa alta.

A FLORESTA OMBRÓFILA Densa algumas vezes, denominada de floresta pluvial, caracteriza-se por árvores perenifoliadas, com dominância de fanerófitas ombrófilas sempre verdes em todos os estratos, sendo numerosas as epífitas. Precisa existir num espaço sem período biologicamente seco, explicada pela maior retenção de água em determinados solos e/ou pelo recebimento extra de umidade relativa através de nevoeiros e de orvalho, de modo que localização geográfica e altitude são de importância fundamental.

Na vegetação atlântica esse tipo de floresta pode ocupar altitudes superiores a 500 metros; Como submontana, entre 50 a 500 metros ou como floresta de terras baixas.

A vegetação atlântica fisionomicamente exhibe árvores recobertas por musgos e povoadas por lianas e epífitas, em geral possui estrato arbóreo com algumas emergentes, estrato arbustivo e estrato herbáceo em pequena quantidade. Nas serras a Mata Atlântica ascende até 1.500 a 1.700

metros na sua forma típica, daí para cima, é substituída por formas empobrecidas em pontos favoráveis, acima de 1.800-2.000 metros encontra-se vegetação arbustiva e campestre.

Segundo Rizzini (1997), a vegetação atlântica seria definida pela FLORESTA PLUVIAL MONTANA ocorrente entre 800 e 1.500-1.700 metros, com dossel superior atingindo 20 metros de altura e emergentes podendo chegar a 40 metros. Ocorrência de sinúvia arbustiva e maior abundância e diversidade de epífitas. A floresta pluvial de baixa montana ocorre entre 300 e 800 metros de altitude, com desenvolvimento menor que a pluvial montana, seu estrato superior atinge 15 a 20 metros de altura, com maior espaçamento e ausência quase completa de lianas, epífitas, plantas micrófilas, palmeiras e fetos arborescentes. Entretanto, essa floresta apresenta estrato arbustivo-arbóreo e outro arbustivo.

Pode-se notar que os padrões que definem os tipos florestais brasileiros variam a depender da autoria. Rizzini (1997) considera ainda a floresta pluvial ripária (mata galeria) e a em manchas (capões), que se desenvolvem a depender do substrato e altitude.

Outros tipos florestais estão associados a essa vegetação como a FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, caracterizada por apresentar de 20 a 50% de árvores caducifólias. Poucas espécies são epífitas, mas há numerosas lianas.

A FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL representa o fenômeno periódico de simultânea perda de folhas de parte (ou quase totalidade) dos componentes essenciais da formação florestal. Para o RADAMBRASIL, a região estacional está relacionada ao clima de duas estações, uma seca e outra chuvosa. No espaço nordestino, essa floresta responde a período de seca variando de 4 a 6 meses secos e altas temperaturas (acima de 22°C). Esta floresta também é subdividida em aluvial, de terras baixas, de submontana e montana, seguindo os mesmos critérios anteriores.

A FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL, semelhante a anterior, varia apenas na intensidade da decidualidade foliar que passa a ser de 50% ou mais na época mais seca. Não é comum no sudeste do Brasil, ocorrendo na forma de algumas manchas no nordeste em locais com período seco mais prolongado, de até 7 meses, de altas temperaturas (médias anuais maiores de 20°C) e da textura dos solos que a sustentam. Também é chamada de floresta estacional caducifólia não espinhosa, mata seca, mata de cipó e agreste. Embora esses termos aparentemente ter diferenciação na região nordeste, sendo a mata seca subdivisão da zona da mata pernambucana, normalmente corresponde a floresta semidecídua. Quanto à expressão mata de cipó, designa tão somente o tipo decidual. Próximo a região de Minas Gerais adota-se o termo mata de fechado. Ao contrário do tipo semidecidual, só ocorrem os subtipos de submontana e montana (RADAMBRASIL, 1979). Devido a proximidade desta floresta com a floresta estacional semidecidual, nem todos os botânicos concordam que este tipo estrutural ocorra de fato no Bioma Atlântico. Entretanto, a floresta estacional decidual que

corresponde ao Bioma Caatinga, apresenta características diversificadas conforme será comentado a seguir.

A **Caatinga** é definida como um tipo de vegetação xerófito contendo essencialmente arbustos e árvores espinhosas e decíduas associadas a plantas suculentas, cactos e bromélias (Kuhlmann, 1977). A vegetação estrutura-se em três estratos: um estrato arbóreo com árvores de 8 a 10 metros de altura, um estrato perene de arbustos espinhentos e uma camada herbácea sazonal.

A caatinga nordestina, com seus diversos tipos estruturais, encontra similares em todos os continentes, particularmente na própria América do Sul e na África tropical. É o caso do Chaco, vegetação dominante na Argentina mas também presente no Paraguai, Bolívia e numa pequena faixa de Mato Grosso. Na Venezuela, vegetação idêntica é denominada bosques xerófilos de Maracaibo, embora sua composição florística seja um pouco diferente, ocorrem gêneros comuns (Rizzini, 1997).

A caatinga é excessivamente heterogênea quanto à fisionomia e estrutura, entretanto, sua composição é bastante uniforme, havendo um núcleo de espécies arbóreo-arbustivas e de cactáceas dispersas por toda parte. Tal uniformidade permite que se conheçam até por nomes populares. É normalmente dividida em duas faixas vegetacionais baseada no grau de umidade: agreste e sertão, sendo o último a caatinga no sentido habitual.

Para descrever sua fisionomia e estrutura utilizam-se os termos: agrupada, quando as cactáceas, bromeliáceas e arbustos tendem a dispor-se em moitas densas, sobrando espaços vazios; arbustiva esparsa, na qual os arbustos alcançam cerca de 2 metros e as cactáceas estão dispersas; arbustiva densa, com arbustos ramificados formando emaranhado compacto com 2 a 3 metros, com arvoretas de 5 a 6 metros; arbustiva com suculentas e arbórea, com árvores de 8 a 10 metros, algumas bem grossas e outras plantas de desenvolvimento mais vigoroso (Rizzini, 1997).

As evidências botânicas são baseadas em centros de endemismo e distribuição disjunta e em menor extensão às adaptações xerófitas das plantas de florestas chuvosas e na variação dos padrões de espécies polimórficas. São igualmente pouco estudadas as possibilidades de cada área representar refúgios em diferentes áreas de forma a acumular as espécies de cada época de refúgio, um processo denominado padrão de distribuição multiestratificado (Prance, 1982).

Outros aspectos da Caatinga são apresentados no capítulo 4 referente aos aspectos do local em estudo, incluindo as diferentes nomenclaturas botânicas utilizadas.

As áreas de tensão ecológica ocorrem quando duas ou mais regiões fitoecológicas entram em contato. Essas áreas são divididas em encaves e ecótonos. No mosaico específico ou encrave, cada mosaico de vegetação guarda sua identidade sem se misturar. No caso dos ecótonos ou mosaicos pauciespecíficos, ocorre interpenetração de vegetações que tem estruturas semelhantes

como floresta ombrófila e floresta estacional, de modo que a identidade ecológica passa a ser ao nível de espécies (RADAMBRASIL, 1979).

Toda e qualquer vegetação floristicamente diferente do contexto geral da flora da região foi considerada como refúgio ecológico pelo RADAMBRASIL. Na área da folha SC.24 encontram-se os Refúgios tropicais de altitude.

3 - Local de estudo

3.1 - Localização geográfica e morfológica dos tufos calcários de Campo Formoso

Os tufos calcários em estudo se localizam no município de Campo Formoso e em suas vizinhanças, na porção norte do Estado da Bahia, cerca de 385 quilômetros de Salvador e 130 quilômetros ao sul de Juazeiro, próximo a Senhor do Bonfim. O acesso via Salvador é feito pela rodovia BR-324 até Capim Grosso, seguindo-se pela BR-407 até Senhor do Bonfim, distante 28 quilômetros de Campo Formoso. A oeste desta cidade, afloram os tufos calcários, próxima a Laje dos Negros, onde se encontra uma das mais extensas cavernas brasileiras, com mais de 80 quilômetros de galerias mapeadas (Rubbioli, 2000).

Figura 3 - Município de Campo Formoso: hidrografia, localidades e municípios limítrofes. Adaptado de Rubbioli & Pilo (1995) e Rubbioli (1996).

Na região ocorrem chapadas, morros residuais e superfícies aplainadas. Estas feições são normalmente controladas pela geologia: as chapadas formadas pelo predomínio dos quartzitos pré-cambrianos da Formação Morro do Chapéu, enquanto os morros residuais e superfícies aplainadas são constituídos pelos dolomitos pré-cambrianos da Formação Salitre (Figura 4).

Figura 4 - Perfil geológico de Campo Formoso, BA. Modificado de Rubbioli & Pilo, 1995

O rio mais importante da área é o rio Salitre, que é afluente do rio São Francisco. O rio Salitre e seus tributários são efêmeros, com a água corrente presente apenas após raros eventos de alta precipitação. Na área em estudo, o rio Pacuí, embora menos desenvolvido do que o Salitre, apresenta parte de seu curso perene devido a uma surgência. Junta-se ao Salitre conforme visto na figura 3. O rio Salitre possui vales largos e bem encaixados, sendo seus tributários também bem encaixados, entre eles o Piabas.

Figura 5 - Morfologia de três ocorrências de tufos estudados por Auler (1999), mostrando apenas a porção distal dos depósitos. As seções são perpendiculares ao vale do Rio Salitre. Escalas em metros.

Observando a figura 5, os tufos aparentam estar intimamente associados a quedas d'águas, processo que ocasiona a perda de CO_2 e a conseqüente precipitação do carbonato.

A figura 6 ilustra os três afloramentos estudados vistos em planta, indicando os respectivos pontos de coleta de amostras. Nem todos os pontos observados em campo foram amostrados, com exceção do afloramento Fazenda Bento, dada a riqueza fóssilífera deste afloramento.

Figura 6 - Esquema em planta dos três afloramentos indicando os pontos de coleta.

Em associação direta ao vale do rio Salitre, os afloramentos estão situados na margem direita, entre as cidades de Brejão da Caatinga e Abreus (Figura 7). O afloramento mais ao sul corresponde ao tufo de Salgadinho, talvez corresponda a ocorrência citada por Branner (1910 *apud* Auler, 1999). Ocorre ao longo de 200 metros e forma várias cavidades pouco profundas. Afloramento este com datações mais antigas, tendo sido bem amostrado para a presente pesquisa.

Cerca de 6 quilômetros ao norte, ocorre o tufo calcário de Lagoa Branca, bem próximo à vila de mesmo nome, mas o depósito não é observado *in situ*, tendo-se acesso apenas a alguns blocos soltos. Logo após, a cerca de dois quilômetros, encontra-se o de Iate Branco, com vários metros de extensão e com menos de dois metros de altura. Este tufo calcário encontra-se associado a um tributário. Nenhum destes afloramentos foi amostrado devido à falta de datação.

Entre os tufos calcários de Salgadinho e Lagoa Branca, relativamente equidistante, foi registrado o tufo calcário denominado Salgado, no qual realizou-se pequena amostragem. Não tendo sido estudado por Auler (1999), não possui datação conhecida.

O maior depósito de tufo calcário descrito por Auler (1999), corresponde ao da Fazenda Bento, associado ao rio Piabas, estendendo-se por mais de um quilômetro ao longo do rio Salitre. Seria ainda maior, uma vez que está erodido.

A aproximadamente 20 quilômetros mais ao norte, na junção com o rio Pacuí, ocorre outro depósito de tufo calcário, com cerca de 250 metros de largura e seis metros de altura. Logo adiante, outra ocorrência de menor porte, constitui o tufo calcário de Abreus com apenas 50 metros de extensão. Este é o único tufo calcário não associado a um tributário, talvez resultado de erosão de possível ligação com o tufo calcário de Pacuí. A cidade de Abreus pode ser usada como referência para a localização dos tufos em relação ao município de Campo Formoso, ilustrado na figura 3 (página 24).

3.2 - Aspectos geológicos

Este tipo de depósito será comentado no capítulo 5, que versa sobre a deposição de tufos calcários e análise tafonômica para facilitar a compreensão dos seus processos de deposição.

Os tufos calcários aqui estudados representam depósitos resultantes da solubilização de calcários mais antigos, no caso os da Formação Caatinga, que ocorrem extensamente ao longo do rio Salitre. Esses calcários são superpostos por leques detríticos supostamente de idade terciária e quaternária, assim como depósitos aluviais recentes, conforme Figura 7.

Os tufos foram datados por U/Th correspondentes a idades mínimas, pois as amostras foram extraídas de calcitas menos porosas encontradas na porção superior dos depósitos. As idades do Salgadinho através da análise de duas amostras, são: 21.400 ± 500 e 14.700 ± 500 anos, representativas do período no qual permaneceu ativo; os tufos da Fazenda Bento, 10.600 ± 500 anos e Pacuí, 9.700 ± 300 anos (Auler, 1999; Auler & Smart, 2001).

Figura 7 - Localização dos tufos calcários estudados no contexto geológico da área circunvizinha ao carste de Campo Formoso, BA. Modificado de Auler & Smart (2001).

3.3 - Localização da área de tufos ativos em Bonito, MS

Para fins de entendimento dos processos envolvidos na precipitação de tufos, foi escolhida uma segunda área de estudos, indicada na figura 8, com a deposição de tufos ainda em atividade, na região cárstica da Serra da Bodoquena, nas proximidades de Bonito, MS. Depósitos de tufos, atribuídos ao Quaternário, ocorrem por toda a região (Boggiani & Coimbra, 1995; Boggiani *et al.*, 2000) como coberturas (micritas inconsolidadas) nas planícies da Depressão do Rio Miranda, sobre o Planalto da Bodoquena e em atividade ao longo de muitos rios, como os rios Formoso, da Prata, Sucuri, Formosinho, Anhumas, Mimoso, do Peixe, Salobro, pertencentes à Bacia do Rio Miranda e os rios Perdido e Aquidaban da Bacia do Rio Paraguai.

Figura 8 - Mapa de localização dos rios estudados na região de Bonito, MA. A área em cinza representa região de calcários. Figura gentilmente cedida por Sallum-Filho, 2005.

3.4 - Aspectos climatológicos atuais da região de Campo Formoso

A área de estudo, situada no vale do Rio Salitre, município de Campo Formoso-BA, é uma das poucas áreas de clima árido em todo território nacional. O clima na região é classificado como EdA' segundo Thornthwaite (Thornthwaite & Mather, 1957), que é caracterizado por precipitação média acumulada entre 300 e 500 milímetros por ano, ausência de excedente hídrico e deficiência hídrica que varia entre 834 a 1401 milímetros (SEI, 2005). As temperaturas mantêm-se relativamente altas ao longo de todo o ano e variam em média entre 21 e 27 °C. Portanto, essa combinação climática inibe a formação de tufos carbonáticos nos dias atuais, principalmente devido ao limitado escoamento superficial de água nos córregos tributários do Rio Salitre, onde estão dispostos os principais depósitos de tufos fossilíferos da região.

A estação chuvosa estende-se de novembro a abril, com as chuvas concentradas principalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março (Rao & Hada, 1990). A variação interanual e intersazonal na região de estudo está relacionada com progressivo movimento e intensidade da ITCZ (Rao & Hada, 1990; Rao *et al.* 1996). Esse sistema exerce influência vital na variabilidade das precipitações, principalmente no setor norte do Nordeste do Brasil, onde predomina clima semi-árido, apesar da cobertura máxima de nuvens da ITCZ posicionar-se a ~3° N, na zona de máxima temperatura da superfície do mar (Nobre & Shukla, 1996). A ITCZ encontra-se a norte da sua posição média nos períodos de verão nos hemisférios norte (julho a agosto) e a sul (dezembro a fevereiro), respectivamente.

O fenômeno ENSO produz grande impacto no posicionamento da ITCZ devido à sua influência na variação da temperatura da superfície do mar do Atlântico tropical e conseqüentemente na pluviosidade no semi-árido nordestino. A variação da circulação atmosférica durante os eventos de El Niño provoca anomalias positivas de temperatura na faixa tropical do Atlântico, o que resulta em fraco gradiente de temperatura da superfície do mar e menor deslocamento da ITCZ em direção ao hemisfério sul, induzindo fases de estiagem no Nordeste do Brasil (Uvo *et al.* 1998; Paegle & Mo, 2002; Ambrizzi *et al.*, 2004). O contrário é válido durante os eventos tipo La Niña, em que se observa forte gradiente de temperatura da superfície do mar devido a temperaturas anormalmente mais baixas a norte. Estes trabalhos mostram que a influência do ENSO ocorre principalmente nos meses de abril e maio.

3.5 - Aspectos ambientais que condicionam a distribuição da vegetação

3.5.1 - Relevo

As províncias fitogeográficas não necessariamente coincidem com as regiões geográficas de mesmo nome. Assim, áreas geográficas da América do Sul caracterizadas como Pampas, Patagônia, Amazônia ou Chaco, não implicam em vegetação homogênea. O mesmo pode ser dito para a região da Caatinga que, conforme exposto anteriormente, inclui áreas com vegetação de cerrado ou áreas mais úmidas como os denominados “brejos” (Prado, 2003).

Cerca de 80% do território da Bahia está situado acima de 200 metros de altitude, denotando assim domínio montanhoso. Do mar para o interior, observam-se três unidades principais de relevo. A planície litorânea abarca altitudes abaixo dos 200 metros, com pequenas elevações, sob forma de colinas, morros e tabuleiros. Rios correm planalto abaixo espalhando-se por planícies inundáveis. Os rebordos do planalto podem ser considerados unidade de relevo por estarem situados a oeste dos morros e colinas, em terrenos bastante acidentados separando naturalmente a planície. Os planaltos ocupam a maior parte do Estado da Bahia podendo ser subdivididos em cinco porções:

- a) Planalto Sul Baiano - situa-se no sudeste do Estado com altitudes médias variando de 800 a 900 metros. Sua superfície ondulada é cortada pelos rios das Contas, Pardo e Paraguaçu.
- b) Espinhaço - atravessa a região central do Estado no sentido norte-sul, em altitude média de 1.300 metros, abrigando grandes elevações locais, como a Chapada Diamantina ao norte. O planalto do Espinhaço constitui-se no divisor de águas, separando os afluentes do rio São Francisco dos demais rios que seguem para o Atlântico.
- c) Depressão São-Franciscana - está à oeste do Espinhaço, desenvolvendo-se também no sentido norte-sul. As altitudes são baixas (400 metros) e planas, inclinando-se rumo ao rio São Francisco. O fundo desta depressão constitui-se em uma planície aluvial inundada durante as cheias.
- d) Planalto Ocidental - Altitude média de 850 metros, localizado na porção oeste do rio São Francisco. Recebe vários nomes a partir de localidades como, Espigão Mestre - divisa da Bahia com Goiás e Serras do Piauí e Tabatinga - divisa entre Bahia e Piauí.
- e) Encosta do Planalto - situa-se no nordeste do planalto, caracterizando-se por superfícies planas com algumas elevações e escarpas isoladas. As altitudes variam entre 200 e 500 metros. Ela é pouco inclinada a leste para o rio São Francisco e a norte para o litoral (Cabral, 2000).

3.6.2 - Clima

Três tipos climáticos são identificados no Estado, com pequena variação climática em uma mesma região. A maior parte do Estado é caracterizada por clima quente e úmido, subdividindo-se em:

Clima de savana - Ocorre em quase todo o sertão (interior), exceto ao norte, sendo marcado por chuvas abundantes durante o verão, com 1.000 milímetros por ano de precipitação e períodos de rigorosa seca no inverno. A temperatura média anual é de 20°C;

Clima super-úmido - Está presente no litoral, desde o Recôncavo até o Espírito Santo, sem estação seca. O índice pluviométrico é mais elevado, atingindo 2.000 milímetros por ano em Ilhéus. A temperatura média anual é de 23°C;

Clima semi-árido quente - Distribui-se de norte para leste do planalto. As chuvas são mais escassas chegando a 700 milímetros por ano. Na localidade de Raso da Catarina, região quase desértica com período seco de quase nove meses, as chuvas anuais chegam a 500 milímetros. As médias anuais de 25°C de temperaturas registradas neste tipo de clima, são as mais elevadas da Bahia;

Clima tropical de altitude - Na Chapada Diamantina e no Espinhaço (altitudes superiores a 900 metros). Caracteriza-se por invernos frescos e verões amenos, com temperaturas na faixa dos 18°C (mês mais frio) e 21°C (mais quente).

A classificação ecológica do clima é feita utilizando-se essencialmente a temperatura e a pluviosidade. Diversos índices climáticos foram criados para explicar a distribuição da vegetação. O índice de aridez de De Martonne está entre os principais. Ele é definido pela relação entre a pluviosidade anual expressa em milímetros (P) e a temperatura média anual em centígrados (T) somado a dez $\left(\frac{P}{T+10} \right)$. O índice é tanto mais baixo quanto mais árido. O índice de Gausser considera que a secura se estabelece quando a pluviosidade mensal é inferior ao dobro da temperatura média mensal (Dajoz, 1983). Comparando os diversos índices, chega-se a conclusão que grande parte do Nordeste é semi-árido.

Particularmente a Caatinga, está sujeita a condições climáticas extremas quando comparadas a outras formações brasileiras: maior radiação solar, baixa nebulosidade, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas taxas de umidades relativas, evapotranspiração potencial mais elevada e, sobretudo, precipitações mais baixas e irregulares (Prado, 2003).

4 - Métodos e técnicas

4.1 - Macrofitofósseis como indicadores paleoclimáticos

Os vegetais são bons indicadores climáticos devido à dependência direta de parâmetros, tais como temperatura e umidade, que são muito importantes no processo fotossintético. Acredita-se assim que a fisionomia das folhas reflita o ambiente climático (Bailey & Sinnott, 1916; Wolfe, 1971; 1979; 1985; 1990; Christophel & Greenwood, 1989). Vegetações com composições florísticas diferentes terão uma composição fisionômica semelhante quando sob o mesmo tipo climático (Wolfe, 1978).

Comparativamente, os palinomorfos são muito abundantes no registro paleobotânico, possuem relativa resistência à destruição, são indicadores tanto temporais quanto florísticos e possuem características constantes para cada espécie. No entanto, a contaminação por grãos de pólen e esporos transportados de longas distâncias, a redeposição de formas mais antigas, as variações divergentes de uma espécie e a dificuldade de reconhecimento de hiatos deposicionais, podem, muitas vezes, prejudicar boa parte de objetivos baseados em suas pesquisas (Dorf, 1964).

Os macrofitofósseis, dada à natureza delicada das folhas, flores e frutos, podem ser transportados apenas a distâncias limitadas antes de sofrerem decaimento, ruptura mecânica e seleção hidrodinâmica. Com a característica de serem depositadas relativamente próximas a suas origens e de apresentarem morfologia adaptativa como resposta quase imediata às condições ambientais, as folhas constituem importantes elementos para inferências paleoclimáticas. Dada sua complexidade e morfologia diversificada, as folhas fornecem grande número de caracteres diagnósticos importantes. (Christophel & Blackburn, 1978).

4.2 - Os tipos vegetacionais atuais da Bahia como parâmetros de comparação

A figura 9 mostra um mapa de vegetação da Bahia, com indicação dos principais municípios com vegetações estudados fisionomicamente. Na Bahia distinguem-se três domínios vegetacionais principais, geralmente denominados de Mata Atlântica, Caatinga e, a oeste do Estado, Cerrado. O cerrado, por sua vez, distribui-se predominantemente na região do Planalto Central, irradiando-se também para outras áreas do sul e nordeste brasileiros, principalmente em elevações como a Chapada Diamantina na Bahia. Sua fisionomia é savanóide, caracterizada pelo estrato arbustivo-arbóreo descontínuo e pelo estrato contínuo de herbáceas. As árvores e arbustos são tortuosos e possuem, em geral, casca grossa (Fonseca & Brazil, 2004).

Cobertura vegetal da Bahia

Figura 9 - Aspectos vegetacionais da Bahia. Adaptado do SEI (www.sei.ba.gov.br)

Não se pode deixar de mencionar, os denominados Campos de Altitude, correspondentes às formações florísticas situadas nas partes elevadas dos maciços montanhosos do leste brasileiro, constituídas principalmente por espécies arbustivas e campestres (Santos, 2004). Muitas vezes essa vegetação é incluída no bioma cerrado.

Como ambiente característico do Nordeste brasileiro, a Caatinga constitui um complexo de vegetação que inclui desde matas caducifólias até áreas semi-desérticas, com predominância de poucas espécies de cactáceas. Na Caatinga também ocorrem áreas úmidas condicionadas a altitude e a exposição aos ventos alísios, principalmente os de sudeste. Estas áreas são denominadas de brejos e consideradas disjunções da Mata Atlântica (Fonseca & Brazil, 2004).

Nas serras e chapadas acima de 600 metros, distantes do litoral, ocorrem fisionomias florestais caducifólias denominadas localmente de Florestas Secas. A maioria dos estudos na região tem priorizado a cobertura vegetal da depressão sertaneja que apresenta fisionomia predominantemente arbustiva e é denominada regionalmente de caatinga. Conseqüentemente há poucos estudos sobre floresta seca na região e, portanto, não se sabe qual conjunto florístico constitui esta floresta. Conforme a literatura, a composição e riqueza de famílias encontradas corroboram com o esperado para florestas secas neotropicais, exceto Bignoniaceae e Rubiaceae que não estão entre as mais abundantes neste estudo. Diferentemente da Caatinga, as Florestas Secas do Nordeste Brasileiro possuem maior proporção de plantas lenhosas do que de plantas herbáceas (Lima *et al.*, 2004).

4.2.1 - Nomenclatura dos diferentes tipos vegetacionais

Todos os fatores mencionados condicionam diferentes tipos de vegetação, que infelizmente tem recebido diferentes nomes exigindo, portanto, alguns comentários. De modo geral, ocorre vegetação de cerrado no topo dos tabuleiros, florestas úmidas perenifólias ou semidecíduas nos topos das serra (como os brejos de Pernambuco) e florestas secas ou formações de caatinga arbórea nas encostas e nos *inselbergs* (Prado, 2003).

Na Bahia ocorrem florestas do tipo matas ciliares, matas de encosta, matas de planalto e matas de grotão, principalmente na região da Chapada Diamantina. As matas de planalto são florestas estacionais semidecíduais. A mata de grotão ocorre quando há o encontro de duas elevações, às vezes sem vegetação densa. Geralmente a região intermediária torna-se mais úmida, desenvolvendo vegetação densa de matas de grotão (Prado, 2003).

Em termos fisionômicos, o tipo dominante nas serras é a floresta densa, também chamada de floresta serrana ou brejo de altitude, associada à floresta aberta nas escarpas médias e inferiores voltadas para a direção dos ventos, à vegetação caducifólia espinhosa nas escarpas de sotavento e, eventualmente, vegetação rupícula em locais com afloramentos de rocha. A distinção fisionômica,

florística e ambiental entre a floresta serrana e a vegetação caducifólia espinhosa é clara, mas a transição entre elas não é abrupta, encontrando-se diferentes fisionomias e floras dependendo da altitude e exposição do relevo. Quando ocorre vegetação caducifólia não-espinhosa, denomina-se “carrasco” (Rodal & Nascimento, 2002). Informalmente, carrasco é considerado caatinga em área pedregosa. Segundo o IBGE (1977) a floresta caducifólia não-espinhosa corresponde a uma formação mais seca que a floresta subcaducifólia tropical, que contribui com seus componentes naquela floresta juntamente com a caatinga.

Outra terminologia que, às vezes, gera confusões refere-se aos termos agreste e sertão. O agreste é o nome dado à faixa estreita de vegetação que se estende entre os limites da vegetação atlântica a leste, com abundância de florestas e os interiores mais secos a oeste. Entretanto, na Bahia essa região é denominada “mata de cipó”, que não possui semelhança com a mata de cipó presente em Minas Gerais. A vegetação é geralmente decídua e espinhosa (Prado, 2003). Entretanto, algumas vezes prevalece a terminologia utilizada pelo IBGE (1977), que considera que a floresta caducifólia não-espinhosa teria poucas epífitas e muitas lianas, fazendo com que seja chamada de mata de cipó.

Entre as comunidades de caatinga definidas por Prado (2003), as que possuem relevância para este trabalho são: floresta de caatinga alta, que ocorre no centro-sul da Bahia, sobre rochas calcárias do Grupo Bambuí ou rochas cristalinas do Pré-Cambriano; floresta de caatinga baixa que ocorre no centro-norte da Bahia, caatinga arbustiva nas áreas mais secas do vale do rio São Francisco principalmente sobre rochas cristalinas e caatinga arbustiva aberta situada em pequenas áreas restritas e espalhadas com solos ricos em cascalho principalmente sobre rochas metamórficas do Pré-Cambriano. Rocha *et al.* (2004) acrescentam que em encostas de planaltos carstificados encontra-se caatinga arbórea aberta.

4.2.2 - Ecorregiões do Bioma Caatinga

No bioma Caatinga a vegetação está submetida à deficiência hídrica sazonal, agravada nos anos de seca. Apresenta surpreendente diversidade de ambientes, proporcionadas por mosaico de tipos de vegetação, em geral caducifólia, xerófila e, por vezes, espinhosa, variando com o mosaico de solos e a disponibilidade de água. A vegetação considerada mais típica de caatinga encontra-se nas depressões sertanejas: uma ao norte e outra ao sul do bioma, separadas por uma série de serras que constituem barreira geográfica para diversas espécies. Mas os diferentes tipos de caatinga estendem-se para regiões mais altas e de relevo variado, incluindo a caatinga arbustiva arbórea, a mata seca e a mata úmida, o carrasco e as formações abertas com domínio de cactáceas e bromeliáceas, entre outras.

Figura 10 - Mapa das diferentes ecorregiões do Bioma Caatinga proposto no Seminário de Planejamento Ecorregional, 2001.

Oito ecorregiões são identificadas: Complexo Chapada Diamantina, Complexo Campo Maior, Complexo Ibiapaba-Araripe, Depressão Sertaneja Meridional, Depressão Sertaneja Setentrional, Dunas do São Francisco, Planalto da Borborema e Raso da Catarina conforme indica a figura 10.

Apenas o Complexo Chapada Diamantina, a Depressão Sertaneja Meridional, Dunas do São Francisco e Raso da Catarina ocorrem dentro dos limites do Estado da Bahia. Para cada uma destas há um esquema demonstrando sua localização.

Complexo Chapada Diamantina

Localizado na parte centro-sul da região da Caatinga, alongado no sentido N-S e em forma de "Y", seguindo o alinhamento do divisor de águas da Chapada Diamantina.

O Complexo é totalmente circundado pela ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional. Os limites são definidos principalmente pelas mudanças de relevo, altitude e tipo de solo.

Nesta ecorregião estão presentes os Maciços e Serras Altas; Superfícies Retrabalhadas; Chapada Diamantina; e Superfícies Cársticas.

A Chapada Diamantina é a parte setentrional da Cadeia do Espinhaço que se inicia na Serra do Ouro Branco, município de Ouro Preto (MG) -21°21'S- e estende-se rumo norte, por cerca de 100 quilômetros, até a Serra de Jacobina na Bahia -10°00'S, com largura variando entre 50 e 100 quilômetros, entre 40°10'e 44°30'O (Giulietti *et al.* 1997).

Ocupa posição central no Estado da Bahia, com cerca de 15.000 quilômetros quadrados e 58 municípios. Nesta região são encontrados diversos tipos de vegetação, com a presença de cerrados e campos rupestres nas áreas mais altas (acima de 1.000 metros de altitude), e caatingas nas áreas de altitudes menos elevadas. Tal situação é devida à associação de montanhas, cujas altitudes variam desde 900 até 2000 metros acima do nível do mar (Pico do Barbado, Abaíra) e terras mais baixas no entorno. A Chapada no seu extremo sul, divide-se em duas cadeias independentes, as Serras do Rio de Contas e Serra das Almas a oeste e a Serra do Sincorá a leste. Entre as Serras do Sincorá e do Rio de Contas encontra-se um platô arenoso de relevo ondulado, geralmente entre 1100 e 1200 metros conhecido como Campos Gerais. (Rocha *et al.*, 2004).

A diferenciação de campos rupestres e cerrado é condicionado ao tipo de solo: em afloramentos rochosos, predominam os campos rupestres e nos locais de solo mais arenoso, predomina o cerrado.

Depressão Sertaneja Meridional

Ocupa a maior parte do centro e sul da Caatinga, limita-se com todas as outras ecorregiões exceto a do Complexo de Campo Maior, fora do Estado da Bahia. A norte e noroeste encontra uma barreira de altitude (Serra dos Cariris e Complexo Ibiapaba - Araripe). A oeste limita-se com o início do Planalto Central, onde começa o cerrado. A sul e a leste encontra modificações de solo e precipitação, fazendo limite com o cerrado de Minas Gerais e a Zona da Mata da Bahia, Sergipe e Alagoas. No canto nordeste existe uma barreira de altitude com o início do Planalto da Borborema.

Três ecorregiões são quase inteiramente (Raso da Catarina) ou inteiramente (Dunas do São Francisco e Complexo da Chapada Diamantina) circundadas pela Depressão Sertaneja Meridional.

Constitui a paisagem mais típica do semi-árido nordestino: extensas planícies baixas, de relevo predominante suave-ondulado, com elevações residuais disseminadas na paisagem. Esta ecorregião, entretanto, apresenta maior diversidade de relevo em sua metade sul, com relevo acidentado e extensos platôs no entorno da Chapada Diamantina (BA), inclusive áreas de planalto na região de Vitória da Conquista e ao sul de Maracás. Ocorrem ainda grandes extensões de áreas que têm sofrido intenso intemperismo, principalmente na parte sudeste da ecorregião (a leste da Chapada Diamantina), com relevo dissecado e vales profundos. A altitude varia de 100 a 500 metros, com algumas áreas de 500 a 800 metros, contendo picos acima de 800 metros

O clima da ecorregião é predominantemente quente, com dois períodos chuvosos distintos principais - de outubro a abril nas áreas de sertão (inclusive regiões cársticas) e de janeiro a junho nas áreas de agreste. A precipitação média anual varia de 500 a 800 milímetros, sendo que nas áreas mais altas do sul da ecorregião pode ultrapassar 1.000 milímetros por ano.

Dunas de São Francisco

Ecorregião da parte centro-oeste da região de Caatinga, inteiramente circundada pela ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional. Respeita os limites naturais da região das dunas de areias quartzosas, que são dispostas descontinuamente, conectadas apenas por trechos de solos arenosos sem dunas, terminando onde os solos se modificam a norte e oeste para latossolos. O limite diagonal sul é quase todo definido pelo rio São Francisco, e a sudoeste limita com a Serra do Estreito na Bahia (limite de altitude). A maior parte da ecorregião fica a oeste do rio São Francisco.

As dunas são formadas por extensos depósitos eólicos, podendo ultrapassar 50 metros de altura. Os solos são arenosos e profundos, de areias quartzosas, com fertilidade muito baixa. Nas depressões interdunares existem veredas. Os únicos recursos hídricos provêm das escassas chuvas e dos riachos efêmeros que nascem na região. A altitude varia de 450-500 metros na área das dunas propriamente ditas, e de 150-700 metros no resto da ecorregião.

4.3 - Descrição do material fóssilífero e interpretações taxonômicas

O material foi esquematizado e sua nervação descrita segundo os critérios de Hickey (1973) com modificações propostas por Pole (1991). Serão considerados dados lineares como comprimento do limbo (L), largura máxima (l) e a altura da largura máxima (h) a partir da base. Esses três dados fornecem uma relação de delgadeza (L/l) e uma relação de forma ($h/L \times 100$) que permitem a determinação do formato foliar de forma métrica, seguindo os parâmetros de Mouton (1966).

Ao se considerar a relação de delgadeza (L/l), será adotado o padrão de Mouton (1976), que quantifica e delimita as formas oblongas, elípticas e ovais, considerando a relação de forma ($h/L \times 100$) no intervalo entre 40 e 60% como forma elíptica. Desse modo, não há avaliação subjetiva.

Quando possível, mede-se o ângulo de afilamento do limbo no ápice (α), que corresponde ao ângulo entre as tangentes aos arcos definidos na formação de ápices atenuados (Figura 11).

Figura 11 - Representação das principais medidas lineares e angulares utilizadas.

As medidas de área da lâmina foliar/foliolar estão sendo realizadas pelo método da planimetria por contagem de pontos em grade de 0,5cm, fornecendo boa precisão para a coleta de dados paleoclimáticos. A figura 12 ilustra o processo. Consideram-se apenas os pontos que estiverem dentro do limbo foliar, mesmo que ele esteja muito próximo da margem para fora ou para dentro, pois é dessa forma que se consegue estimar a área do limbo foliar levando-se em conta o arredondamento de sua forma. Desse modo, os pontos amarelos não são considerados. Essa metodologia substitui a que calculava dois terços da área do retângulo delimitado pelo limbo foliar. No caso de folhas fragmentadas, como a ilustrada, pode-se tentar estimar o contorno original, mas a estimativa é menos precisa.

A maioria das medidas angulares refere-se aos ângulos de emergência da nervação secundária por ser este o caráter mais comumente preservado nos espécimes. Esses ângulos são designados pela letra grega beta (β), de modo que β_p representa os ângulos do terço proximal do limbo, β_m do terço médio e β_d os ângulos do terço distal.

Também considera-se o ângulo de expansão do limbo foliar na base (θ) e o de emergência da venação terciária exigido nas determinações de padrões utilizados por Hickey (1973).

Figura 12 - Representação gráfica do processo de planimetria por contagem de pontos.

Devido às características do tufo calcário e a importância de obtenção dos dados apresentados, foi preciso coletar grandes blocos para melhor conhecimento da gênese do depósito assim como para a observação adequada dos macrofitofósseis, uma vez que eles não se encontram no mesmo plano de acamamento, estando geralmente, parcialmente, dobrados.

Para a análise sistemática consultou-se a literatura paleobotânica referente a Área Neotropical e a literatura botânica específica para cada categoria taxonômica. Entretanto, a principal fonte de consulta refere-se ao material do herbário ALCB, com espécimes presentes nas diversas vegetações da Bahia. Essa comparação é muito importante visto que trabalhos anteriores que descreveram assembléias fósseis no nordeste brasileiro, basearam suas comparações nos acervos de herbários no eixo Rio-São Paulo, principalmente Rio de Janeiro. A vegetação predominante nessa região, referida nos herbários acima, corresponde ao Complexo Vegetacional Atlântico, conseqüentemente, todos esses depósitos foram reconhecidos como de matas ciliares. A comparação com espécimes ocorrentes na Bahia, pelo exame do ALCB aumenta a confiabilidade do processo de identificação.

Para facilitar a análise de todos os morfotipos foliares da assembléia fóssil de Campo Formoso, com todos os espécimes de dicotiledôneas do herbário ALCB, estabeleceram-se critérios juntados em uma espécie de chave dicotômica para o reconhecimento dos morfotipos. Esses critérios estão relacionados com as principais características observadas nas folhas e que são de fácil identificação no registro fossilífero.

Entre os critérios encontram-se três tipos básicos de padrão de nervação (actinódromo, broquidódromo e eucampidódromo), assimetria da folha, presença de dentes, disposição alterna ou oposta das nervuras secundárias, espessura da nervura primária, presença de textura coriácea, presença de nervuras percorrentes, externas e/ou intersecundárias e classes de tamanho. Durante as pesquisas do herbário foram também observadas as formas do ápice e da base e do próprio limbo foliar, características necessárias a elaboração da análise multivariada para inferências climáticas.

Alguns parâmetros estão ilustrados no capítulo 6, resultados taxonômicos, para melhor caracterização dos *taxa*, como os padrões de nervação, presença de dentes, nervuras percorrentes, externas e secundárias. Os parâmetros da análise multivariada serão comentados mais adiante.

Com base nos dados do herbário, foram elaboradas listas taxonômicas de todas as espécies que exibiram uma das características mencionadas acima, para constituição de parâmetros de comparação e identificação dos morfotipos e suas aplicações nas deduções paleoclimáticas. Através dessas listas taxonômicas pode-se observar a frequência de ocorrência dessas características na flora baiana como um todo, mas principalmente sua ocorrência dentro de cada família. Famílias representadas apenas por uma espécie, possivelmente são pouco significativas, podendo conduzir a

erros de identificação. A relação de todas as famílias analisadas, seus respectivos gêneros presentes e o número de espécies observadas pode ser consultada no Anexo 1.

Inicialmente examinadas por famílias, de acordo com a disposição dos armários, essas fotos precisaram ser renomeadas para que pudessem ser agrupadas. Após a listagem de cada foto (espécie, localidade, tipo de vegetação, hábito e número da foto), elas foram agrupadas segundo dois critérios: localidades e características.

A distribuição das fotos por localidade tem por finalidade estabelecer um padrão fisionômico dos tipos de vegetações da Bahia, visto que foi observado, durante os trabalhos do herbário, que as espécies de Caatinga não seguem o padrão geral internacional, utilizado nos trabalhos fisionômicos de Wolfe (1993). Geralmente as folhas de uma determinada espécie são gradativamente maiores à medida que habitam vegetações mais fechadas, porque é necessária maior área foliar para a fotossíntese sob menor luminosidade. Este padrão não foi observado nos exemplares do herbário, de modo que se optou por análise fisionômica de cada localidade que contivesse mais de 20 espécies, documentadas fotograficamente para que se pudesse comparar com os espécimes fósseis de Campo Formoso. Essa análise não foi inicialmente prevista, uma vez que seria utilizado o padrão internacional, contudo, a análise realizada foi mais acurada.

O agrupamento de fotos por características de fato corresponde a uma organização racional, visto que todas as fotos de cada espécie (independente da quantidade de espécimes) foram copiadas para pastas representando características determinantes dos morfotipos organizados para o herbário.

A grande quantidade de fotos separadas por características fez com que se elaborasse um “álbum de fotos” com as folhas que melhor representavam a característica em questão. Num segundo momento, após o término do doutoramento, tem-se a intenção de elaborar metodologia auxiliar ao processo de identificação taxonômica a partir do registro foliar com um banco de dados e chave dicotômica para otimizar o acesso ao banco.

Após o reconhecimento taxonômico dos diferentes morfotipos, elaborou-se uma lista florística da assembléia fóssil total e listas para cada afloramento para demais interpretações, visando reconhecer a distribuição preferencial das espécies, famílias mais diversificadas e comparações com listas florísticas desenvolvidas em trabalhos fitosociológicos publicados.

4.4 - Análise fisionômica e suas interpretações

Duas metodologias foram aplicadas para as interpretações paleoclimáticas através de taofloras, de acordo com a sugestão de Dolph & Dilcher (1979).

A primeira metodologia refere-se à análise das preferências climáticas do táxon vivente mais próximo, quando todos os *taxa* fósseis são identificados a gêneros modernos. Envolve o tratamento estatístico na identificação e delimitação dos *taxa* ocorrentes; o uso de conhecimentos sobre preferências ecológicas e sociológicas (tolerância) dos *taxa* atuais em situações pretéritas e identificação e estabelecimento de afinidades do espectro polínico. Baseando-se nos habitats preferenciais do conjunto, estimam-se a temperatura média anual. Esse primeiro método corresponde ao utilizado por Axerold & Bailey (1969).

O segundo método, desenvolvido principalmente por Wolfe & Hopkins (1967), emprega a fisionomia foliar. Oito caracteres são admitidos como correlacionados com o clima: tamanho (Raunkiaer, 1934); tipo de margem (Bailey & Sinnott, 1915; 1916); ápices acuminados (*drip-tips*, Wolfe, 1971); organização foliar composta x simples (Bailey & Sinnott, 1916); padrão fundamental de venação (Bailey & Sinnott, 1916); densidade de venação (Wolfe, 1971); textura (Wolfe, 1971); forma do ápice e da base (Howard, 1969).

Em todas as metodologias utilizam-se dados complementares e independentes, fornecidos pela sedimentologia: ambientes deposicionais e história geológica da região, de modo a determinar as causas e os efeitos.

Além da composição florística, uma pesquisa paleobotânica deve tentar determinar que tipo de vegetação a tafoflora representa. A vegetação baseia-se na fisionomia, enquanto que a flora diz respeito a composição florística, de modo que as florestas da Amazônia e da Malásia, a despeito das diferenças taxonômicas, ambas são representantes da denominada Floresta Tropical Chuvosa (*Tropical Rain Forest*). Associações florísticas vizinhas, submetidas a climas dissimilares, possuem características físicas diferentes, embora possam ter muitos *taxa* em comum. Áreas submetidas a altas temperaturas médias anuais e altas precipitações possuem folhas de margem inteira, largas, coriáceas, com alta porcentagem de ápices acuminados (*drip-tips*) e número moderado de bases cordadas associadas à venação palmada e pulvínio (Wolfe, 1978).

As análises florísticas, por suas características qualitativas, estão sujeitas a consideráveis variações, que muitas vezes comprometem as interpretações climáticas. Entretanto, na análise de fisionomia foliar, com uso de métodos quantitativos, as estimativas são mais confiáveis.

A partir dos trabalhos de Wolfe (1971, 1978, 1979, 1980, 1985, 1990, 1993, 1994) tornou-se viável a análise paleoclimática pela fisionomia foliar. Seus trabalhos estabeleceram relações entre as vegetações e suas inferências paleoclimáticas, além da introdução de métodos estatísticos apropriados para interpretações mais precisas dos dados. O método, independentemente de estudos taxonômicos, é essencialmente quantitativo. A composição florística é utilizada apenas para complementar e corroborar os parâmetros inferidos.

Como ressalta Greenwood (1992), as análises fisionômicas nas macrofloras do Neocretáceo e Terciário, têm sido usadas para interpretações climáticas (Wolfe, 1971, 1985, 1990; Dolph & Dilcher, 1980; Christophel & Greenwood, 1989). Assume-se que a assinatura climática presente na fisionomia foliar pode ser detectada em populações fósseis com mínima distorção (Wolfe, 1979; Burnham, 1989; Christophel & Greenwood, 1989).

Aplicando-se a metodologia estatística de Wolfe (1993) para obtenção de parâmetros climáticos a partir de assembleias foliares, foram elaboradas planilhas de dados para cada uma das taofloras, calculando-se, posteriormente, as porcentagens de ocorrência de cada um dos 29 caracteres morfológicos considerados. É importante ressaltar que para análise multivariada, consideram-se apenas os aspectos fisionômicos de cada espécie, independente do número de espécimes existentes, assim como de seu posicionamento taxonômico.

Os critérios fisionômicos utilizados por Wolfe (1993) incluem, tipo de margem apresentado pela folha/folíolo (lobado ou não, denteado ou não, regularidade, proximidade e formato dos dentes), a área foliar/foliolar, o tipo de ápice (emarginado, arredondado, agudo ou atenuado), o tipo de base (cordada, arredondada ou aguda), relação de delgadeza (L/l : $< 1:1$; $1-2:1$; $2-3:1$; $3-4:1$ e $> 4:1$) e o formato foliar/foliolar (obovado, elíptico ou ovado).

Espécies apresentando dois tipos de ápices, por exemplo, terão o score total (1) dividido entre cada variável desse caráter (0,5), de modo a representar o comportamento fisionômico da espécie.

De acordo com a metodologia elaborada por Cristalli (1997), associam-se os limites explicitados por Raunkiaer (1934), os desenhos de Wolfe (1993) e o método de planimetria de pontos, estabelecendo-se os seguintes limites:

Classes utilizadas na análise paleoclimática.	Limites de área obtidos por planimetria de pontos.	Classes de Raunkiaer (1934) equivalentes.
lepto I	de 0 a $0,25\text{cm}^2$	leptófila
lepto II	de $0,25$ a $2,25\text{cm}^2$	nanófila
micro I	de $2,25$ a $4,75\text{cm}^2$	micrófila pequena
micro II	de $4,75$ a $20,25\text{cm}^2$	micrófila média e grande
micro III	de $20,25$ a $45,00\text{cm}^2$	classe notófila - Webb, 1959
meso I	de $45,00$ a $87,50\text{cm}^2$	mesófila média
meso II	área maior que $87,50\text{cm}^2$	mesófila grande e/ou maior

Os parâmetros tipo de ápice e tipo de base, sem finalidade descritiva, evidenciam as formas através das quais os vegetais reagem a fatores climáticos, principalmente precipitação e umidade. Assim, ápices atenuados, por exemplo, indicam altas precipitações.

A relação de delgadeza, isto é, a relação entre o comprimento e a largura máxima da folha, relaciona-se com a velocidade de crescimento dos meristemas foliares. Além do componente hereditário, esse crescimento mostra-se influenciado por fatores climáticos. O formato foliar tem comportamento semelhante.

Após o trabalho de Wolfe (1993), alguns autores procuram melhor identificar parâmetros fisionômicos que auxiliem a estimativa de parâmetros ambientais mais específicos como altitude. Enquanto o clima propriamente dito é mais bem refletido no tamanho e forma das folhas, a altitude reflete-se na lobação da folha, presença e/ou variação de dentes e no formato do ápice foliar (Forest *et al.*, 1999). Outros trabalhos retrocedem às análises univariadas por considerá-las mais precisas, com maior grau de significância no procedimento estatístico. A principal alegação refere-se ao fato do CLAMP ter sido desenvolvido baseando-se apenas em florestas da América do Norte e poucas localidades tropicais. América do Sul e Europa, por exemplo, estão excluídas. Florestas muito úmidas, por exemplo, podem ter folhas muito menores que locais mais secos na mesma região (Wilf *et al.*, 1998).

Por outro lado, novos trabalhos também procuram melhorar as análises baseadas no comportamento climático do taxon vivente mais afim, procurando torná-las mais confiáveis. A grande vantagem desta metodologia corresponde à determinação de intervalos climáticos sob os quais a vegetação poderia se submeter, incluindo dados sobre os limites de incerteza derivados desta análise. Além disso, pode ser usado para qualquer tipo de assembléia e não apenas para foliares (Mosbrugger & Utescher, 1997).

4.5 - Tufos ativos de Bonito, MS: mecanismos atuais de formação de tufos calcários

Na área de Bonito, MS, ocorrem tufos em processo de formação. A visita a esta área teve por finalidade compreender os processos de formação dos tufos para melhor avaliar os tufos fósseis de Campo Formoso, BA. Os tufos da Serra da Bodoquena, região de Bonito, MS são formados pela deposição de carbonatos, por ação biológica em águas ricas em bicarbonato (Boggiani & Coimbra 1995) originados pela dissolução dos calcários neoproterozóicos do Grupo Corumbá, em áreas cársticas. Dentre os tufos da Serra da Bodoquena, Boggiani *et al.* (2000) reconhecem dois tipos principais: os de represas e cachoeiras e os micritos inconsolidados (calcários pulverulentos). Além

destes, encontraram-se outros dois tipos: os depósitos de leitos de rios e tufos do Planalto da Bodoquena. Assim caracterizam-se os quatro tipos de depósitos:

- 1) Depósitos de leitos de rios: ocorrem praticamente em todos os rios da região, cobrindo as margens, o leito e material rochoso e vegetal ao longo do rio. São encontrados tanto no Planalto da Bodoquena quanto nas planícies. Estão associados com os depósitos de represas e cachoeiras. No Rio Formoso foram observadas estruturas verticais, como domos e colunas, que se assemelham a bioconstruções, de tamanho centimétrico a decimétrico mais próximos à nascente, e métrico mais a jusante. O sedimento presente nos fundos dos rios é composto de partículas carbonáticas, gastrópodes (incrustados ou não), raros clastos terrígenos (incrustados ou não), e muitas carapaças incrustadas de algas caráceas, contendo pouco a nenhum material terrígeno. Estão associados aos depósitos de cachoeiras e represas, e em alguns casos observa-se sua continuidade com estes depósitos.
- 2) Represas e depósitos associados a cachoeiras e fluxos esporádicos de água junto aos rios (Boggiani *et al.* 2000). Estão presentes em praticamente todos os rios da região.
- 3) Tufos (micritos inconsolidados - calcários pulverulentos) das planícies: representam depósitos antigos de tufo, associados a brejos em meandros de rios abandonados (Boggiani *et al.* 2000).
- 4) Tufos (micritos inconsolidados - calcários pulverulentos) do Planalto da Bodoquena: ocorrem principalmente na várzea do Rio Perdido e seus afluentes, na forma de micritos inconsolidados, pulverulentos e estratificados. Há presença comum de conchas de gastrópodes. São muito semelhantes aos micritos inconsolidados descritos por Boggiani *et al.* (2000), mas encontram-se afastados do leito atual do rio.

Vários aspectos da deposição atual dos dois primeiros tipos na região de Bonito, MS, foram fundamentais na compreensão dos processos genéticos que podem ser utilizados na interpretação dos depósitos fósseis de Campo Formoso, BA.

O Rio Sucuri nasce em um lago com suas águas extremamente transparentes, presença abundante de vegetações subaquáticas e aquáticas parcialmente submersas, nas margens do lago, e vegetação terrestre propriamente dita relativamente afastada do leito. Apesar da vegetação, não há depósitos calcários, possivelmente devido à pouca movimentação da água que dificultaria o escape de CO₂.

Ao contrário do Rio Sucuri, o Rio Formoso contém vários tipos de tufos calcários. O rio não é transparente, de cor levemente esverdeada, embora ainda translúcida. A vegetação é relativamente fechada ao longo do rio, com monocotiledôneas em algumas porções da margem. Rio com várias quedas d'águas pequenas e fluxo forte, embora em alguns locais a água é apenas ligeiramente ondulada. Nas porções mais calmas, a vegetação de monocotiledôneas é mais ampla e a deposição

de tufos ocorre nas margens do rio. Nas áreas de maior correnteza, a vegetação lenhosa, muitas vezes de porte arbóreo, ocorre bem próxima à margem.

Observa-se que em quedas d'águas maiores, há folhas recobertas de material carbonático que não estavam realmente sob o fluxo da água, mas estavam recebendo água de forma intermitente. A espessura do material carbonático era bem maior que a observada na maioria dos casos.

Figura 13 - Quedas d'água do Rio Formoso com fluxo forte e vegetação lenhosa adjacente

O tipo de depósito calcário mais similar aos de Campo Formoso, BA são os das represas e cachoeiras: Mesmo sob fluxo intenso, como no caso do Rio Aquidabam havia folhas amareladas aderidas às quedas d'água, possivelmente recém-chegadas ao rio. Nas margens das quedas d'água, encontram-se briófitas, monocotiledôneas ou mesmo vegetação lenhosa, que serão incorporadas ou não ao registro geológico durante a sedimentação do tufo.

Na base da cachoeira de Aquidabam, foi observado um depósito maciço e uniforme, bem semelhante ao encontrado em Campo Formoso, BA. Assim como nos demais rios, ocorrem grandes cavidades dentro dos depósitos. Essas cavidades tornam o depósito instável, rompendo-o eventualmente, proporcionando aparência final mais uniforme, como é o caso nos depósitos de tufos inativos.

Os depósitos de tufos fósseis foram analisados macroscopicamente, procurando-se padrões que facilitem a compreensão de ambientes deposicionais. Diferentes aspectos dos respectivos depósitos foram considerados como porosidade, grau de compactação e friabilidade, diferentes espessuras e características da deposição do carbonato, quantidade e posição das folhas, cavidades

associadas ou não às folhas, canais e canálculos possivelmente de escoamento, estruturas tão diversas quanto “bolhas” e estruturas indicativas de retrabalhamento do calcário. Muitas dessas estruturas foram medidas, principalmente nos depósitos fósseis, já que a finalidade é estabelecer padrões para a sua interpretação.

Nas compressões, as folhas estão preservadas, enquanto nas impressões há apenas indícios da presença foliar, com depressões no lugar das nervuras.

A presença de fósseis, principalmente folhas, permitiu a inclusão dos atributos tafonômicos melhorando assim a interpretação da gênese do depósito mesmo considerando-se apenas as características macroscópicas.

Em relação à descrição tafonômica dos macrofitofósseis obedeceu-se a metodologia desenvolvida por Cristalli (1997), conforme descrito no item anterior.

5 - Deposição de tufos calcários e análise tafonômica

5.1 - Deposição dos tufos calcários

Certos autores consideram o termo travertino em um sentido amplo, envolvendo tanto os de origem hidrotermal como os formados em condições meteóricas (Pentecost, 1993; Pentecost & Viles, 1994). Outros autores restringem travertino para os originados em águas hidrotermais, reservando tufos calcários aos formados em condições meteóricas (Ford & Pedley, 1996). Este conceito é aqui adotado.

O tufo calcário tipicamente contém restos vegetais macro e microscópicos, invertebrados e microorganismos. A presença de organismos multicelulares constitui a característica de mais fácil distinção entre tufo e travertino, já que o segundo praticamente não contém restos animais ou vegetais macroscópicos (Ford & Pedley, 1996).

A deposição de tufos contraria ao que ocorre normalmente em regime fluvial. São sistemas de acreção e não de degradação. Normalmente formam fitohermas de pequena extensão, podendo ou não se comportar como verdadeiras barragens, de desenvolvimento transversal ao dos rios (Ford & Pedley, 1996).

O processo de precipitação constitui um dos principais objetivos das pesquisas sobre tufos calcários, tendo em vista a sua aplicação em correlações climáticas. Aparentemente são produtos tanto da precipitação físico-química inorgânica quanto biológica associada à colonização por biofilmes.

Em essência, a eliminação do CO_2 rio abaixo aumenta o pH e causa a saturação de Ca, conduzindo à precipitação principalmente nas quedas d'águas. A temperatura atmosférica e a remoção do CO_2 pelo processo fotossintético não parecem ser importantes. Entretanto tecidos orgânicos, particularmente mucilagens de procariontes, aparentam ser ótimos sítios de nucleação calcítica. Supostamente a fotossíntese apenas alteraria o processo de calcificação. A biomineralização de eucariontes pode ser considerada como organicamente mediada, enquanto a de procariontes seria biologicamente induzida, representando, respectivamente, controles biológico e ambiental (Merz-Preiß & Riding, 1999).

Embora as condições de deposição de tufos são variáveis nas latitudes temperadas (estação chuvosa associada com frio) e tropicais (estação chuvosa associada com calor), as estruturas dos tufos, seus organismos e suas tafonomias, podem ser comparados tendo em vista deduções de muitas das condições de sedimentação.

As precipitações de depósitos de tufo em regiões de clima temperado ocorrem em fases quentes e úmidas em seqüências glaciais e interglaciais. Em regiões subtropicais e semi-áridas, o máximo crescimento dos tufos é verificado em fases úmidas e geralmente frias (Ford & Pedley, 1996).

No Brasil, a região na qual há deposição atual, Mato Grosso do Sul é mais frio e úmido que o Nordeste. Embora se deva comparar com ressalvas os mecanismos de deposição dos tufos na Europa, esta análise fornece subsídios para a compreensão dos mecanismos de deposição de tufos brasileiros.

No caso específico em questão, a simples presença de depósito de tufo em pleno sertão baiano, é indicativa da existência, em tempos pretéritos, de clima mais úmido na região, pois há necessidade de água em abundância. A presença de grandes folhas nesses depósitos corresponde a outra evidência de umidade.

Goudie *et al.* (1993) sintetizaram as condições ideais para formação de tufos: a) condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de cobertura vegetal; b) evolução lenta das vertentes; c) disponibilidade de carbonatos; d) turbulência para promover a perda de CO₂ da água. A alteração das condições acima pode interromper a deposição de tufos.

Baseado nas características macroscópicas de depósitos de tufo e na analogia com a classificação dos depósitos recentes, Janssen *et al.* (1999) diferenciaram três macrotipos dominantes.

1) Tufo granular consistindo de partículas menores que 1mm a maiores que 5cm de diâmetro. Estas partículas são principalmente componentes pequenos e pedaços de plantas e ramos incrustados que foram erodidos e redepositados em poças d'água atrás de cachoeiras, em condições calmas de deposição.

2) Tufo poroso porém duro consistindo de plantas incrustadas, musgos, ramos, folhas e raízes. Essa precipitação mostra características macroscópicas muito similares às precipitações em substratos orgânicos descritas para depósitos recentes.

3) Crostas carbonáticas laminadas consistindo de alternância de laminações de tufos de cianobactérias e laminações com aberturas lenticulares, similares às descritas nos depósitos recentes. A natureza dos substratos dessas crostas não é clara, aparentemente pode ser tanto orgânica, como restos de plantas, quanto inorgânica. Essas crostas são caracterizadas por laminações horizontais e sem musgos ou plantas, mas com diatomáceas.

5.2 - Aspectos tafonômicos associados a deposição vegetal

Em relação ao registro fóssil de vegetais, não é necessário haver morte do organismo, visto que as árvores perdem folhas frequentemente. Em decorrência disto, as dicotiledôneas são mais frequentes que a de monocotiledôneas, principalmente porque nestas últimas está ausente o processo de abscisão.

O principal agente responsável pelo transporte das folhas é o vento, mas alguns outros fatores influenciam na dispersão (Spicer, 1980): o peso das folhas influem nas velocidades e distâncias de transporte, as mais leves tendem a ser transportadas para mais longe. Os seus tamanhos não interferem tanto, se as folhas largas não encontrarem obstáculos no seu percurso, com maior frequência que as folhas menores (Ferguson, 1985). O fator determinante mais significativo parece ser o peso da folha por unidade de área, embora esta relação aparentemente não seja linear (Ferguson, 1985; Spicer, 1989; 1991). Atuam, de fato, no mínimo, dois processos de transporte relativamente distintos: a dispersão eólica inicial e o transporte que se segue após a queda no solo (Greenwood, 1991).

Na copa das árvores há folhas que estão expostas tanto à luz solar direta como à maior atuação do vento, sendo denominadas folhas de sol, geralmente menores que as folhas de sombra (Spicer, 1980; Ferguson, 1985). Deste contexto decorre a bem conhecida tendência de um depósito fossilífero possuir maior porcentagem das folhas de sol. Consequentemente estudos revelam que são encontradas folhas menores que o esperado numa proporção de três para dois (Greenwood, 1991). Entretanto, nem todos os vegetais possuem essa diferenciação em suas folhagens.

Uma vez no solo, o transporte das folhas é mais significativo em áreas de vegetação aberta. Mesmo que o vento não atue no transporte, promoverá desidratação com conseqüente redução do peso, que poderá chegar a 1/3 do peso da folha verde. Folhas desidratadas podem sofrer longo transporte e vão se caracterizar pela aparência tauterizada (item c da figura 14, na página seguinte) (Ferguson, 1985). Em muitos casos, o processo de degradação nas folhagens pode iniciar-se até antes da abscisão, como degradações por invertebrados.

As folhas de sol possuem as melhores chances de preservação pois possuem maior resistência à degradação que as folhas de sombra (Ferguson, 1985). As folhas sempre-verdes são coriáceas e ricas, tanto em lignina quanto em tanino. As folhas decíduas são papiráceas e contêm poucos fenólicos, sendo sujeitas à degradação mais rápida (Greenwood, 1991).

A maior parte dos processos de fossilização progride em ambiente subaquoso. Folhas e outros restos vegetais podem cair diretamente na água ou serem transportados por inundação. Nos climas tropicais, a maior potencialidade de fossilização é encontrada em restos vegetais que atingem diretamente um corpo d' água (Ferguson, 1985). Para melhores chances de fossilização, uma árvore de grande porte precisa estar, no máximo, cerca de 50 metros de um corpo d' água.

Grande parte do transporte das folhas pode ocorrer enquanto encontra-se flutuando no corpo aquoso. Durante o período de flutuação, as folhas também sofrem degradação. Após a lixiviação das substâncias hidrosolúveis, que varia de acordo com a espécie e a temperatura da água, segue-se a colonização por fungos e bactérias, que depende da oxigenação da água. Os fungos aparentemente são os mais importantes no processo de decaimento (Spicer, 1989) e a qualidade da água é fundamental nesse processo, principalmente no que se refere ao seu estado trófico.

Entre os outros fatores atuantes na degradação subaquática, incluem-se a natureza dos sedimentos e taxa de sedimentação, presença e frequência de macrófitos e invertebrados (Rau, 1976; Ferguson, 1985; Spicer 1989). Como em qualquer processo biológico, o aumento da temperatura aumenta a taxa de degradação. Águas turbulentas causam danos mecânicos e águas calmas proporcionam diminuição da resistência e da elasticidade das folhas, ficando as mesmas suscetíveis às ondulações (Ferguson, 1985). A fragmentação mecânica é caracterizada por rasgos e quebras angulares na lâmina foliar e pode ser diferenciada do dano causado biologicamente (Spicer, 1991). (Figura 14).

Figura 14 - Padrões típicos de degradação foliar: (a) degradação causada por invertebrados; (b) degradação causada por abrasão mecânica; (c) degradação causada por atividade microbiana. Extraído de Spicer (1989).

Algumas características descritas

Figura 15 - Amostra 15-1 (afloramento Faz. Bento) evidenciando no canto superior direito canaliculos. Embora pouco visível, ocorre deposição de carbonato laminado abaixo da impressão foliar.

Figura 16 - Amostra 18-4 com depósito de calcita esparítica em faixas bem escuras e claras.

Figura 17- Amostra 23-9 apresentando lâminas de carbonato associado à folha e aos canaliculos.

Como exposto, o destino das folhas é afetado pela natureza do ecossistema aquático onde foram incorporadas. A preservação pode ser influenciada pela profundidade, turbulência e distância da margem. O estudo das condições de deposição, além da análise do padrão de biodegradação e de fragmentação das folhas, pode fornecer informações sobre o ecossistema aquático pretérito (Spicer, 1981; Ferguson, 1985; Rich, 1989).

5.3 - Análise tafonômica dos depósitos de Campo Formoso, BA

Foi possível identificar diatomáceas, clorófitas, cianofíceas, palinórfos e ostracódes nos depósitos, não tendo sido realizados estudos taxonômicos.

A distribuição por classe de tamanhos das tafófitas nos três afloramentos de Campo Formoso indica o predomínio de folhas micrófilas II e III, assim como de folhas micrófilas I e mesófilas I e II, correspondente à distribuição segundo curva normal com tendência de classes de tamanhos maiores. O transporte, aparentemente, não interfere na preservação das folhas, embora as classes mesófilas I e II tenham tido seus tamanhos estimados. Como exemplos de tafófitas brasileiras analisadas tafonomicamente, são citadas aqui as camadas Nova Iorque, depósitos do Rio Parnaíba, MA, que ao contrário de Campo Formoso exibe sensível quebra na distribuição normal esperada (Cristalli, 1997).

As frequências de folhas com aparência tauterizada nos três afloramentos são pequenas, embora ocorram variações entre os diferentes pontos amostrados. Pode-se admitir neste caso, que o tempo de permanência em ambiente subaéreo tenha sido pequeno ou mesmo inexistente e a grande maioria das folhas teria alcançado diretamente um corpo aquoso. Em Campo Formoso, BA, a degradação microbiológica responsável pela aparência tauterizada é gradativamente menor quanto mais antiga for a idade do afloramento, o que seria devido ao aquecimento climático após o máximo glacial. Deste modo, o afloramento Salgadinho, representativo do último máximo glacial, exibe apenas 6% de folhas tauterizadas, enquanto que o afloramento Pacuí, da fase interglacial atual, exibiu 12%.

As observações de grande parte das folhas dos três afloramentos são incompletas, decorrente das condições de jazimento, muitas delas dobradas ou dispostas em planos diferentes. Apenas cerca de 10% das folhas podem ser consideradas incompletas devido ao transporte. A variação entre os afloramentos deve-se provavelmente a diferenças dos subambientes deposicionais.

Os dados referentes ao estudo tafonômico dos macrofitofósseis encontram-se sintetizados na tabela 2:

Pontos de coleta		Folhas inteiras Número e %		Folhas quebradas Número e %		Com degradação microbiológica		Com degradação invertebrados		Folhas analisadas		Total folhas
Salgadinho	1	16	84%	2	10,5%	4	13,7-21%	1	3,5-5%	19	65%	29
	4	24	85%	2	7,0%	3	2,9-10,7%	0	0%	28	27%	102
	10	4	80%	0	0%	1	7,1%	0	0%	5	35,7%	14
	12	6	100%	0	0%	1	16,6%	0	0%	6	100%	6
	13	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%	2
	14	7	70%	2	20-22%	2	2,6-20%	1	2,6-20%	10	13,3%	75
Total		52	92,8%	4	6,6-7,1%	9	6,1-15%	3	2-5%	60-56	40,8%	147
Fazenda Bento	15	6	75%	4	25%	4	23-50%	1	6-12,5%	8	47%	17
	16	6	66-85%	1	11-14%	0	0%	1	6-11,1%	9	53%	17
	17	20	66-77%	6	20-23%	8	10-26,6%	2	2-6,6%	30	39%	77
	18	15	75%	4	20%	3	5,5-15%	2	3,7-10%	20	37%	54
	19	22	81-88%	3	11-12%	7	7,2-26%	0	0%	27	28%	97
	20	19	82,6%	2	8,7-9,5%	6	6,2-26%	2	2,1-87%	23	23,7%	97
	21	6	100%	0	0%	1	5,5-16,6%	0	0%	6	33%	18
	22	31	88,6%	7	5,7-18%	10	9-28,6%	3	3-8,6%	35	33%	106
Total		132	87-93%	23	14-14,8%	41	8,5-24%	11	2,7-7%	168-155	30%	483
Pacui	23	25	81-89%	3	9,6-10,7%	9	9,5-29%	3	3-9,7%	31	32%	95
	26	23	70-88%	3	9-11,5%	14	14-42,4%	3	3-9,1%	33	32%	99
Total		48	75-89%	6	9,4-11,1%	23	11,8-26%	6	3-9,4%	64-54	30%	194

Tabela 2 - Análise quantitativa das feições tafonômicas foliares em cada ponto de coleta de amostras nos três afloramentos de tufo calcários estudados em Campo Formoso, BA. A análise apresenta dois valores percentuais para cada característica devido a grande diferença entre o número de folhas visíveis na amostra e o número de folhas que efetivamente podem ser analisadas segundo critérios tafonômicos.

Poder-se-ia aventar a hipótese de deposição em corpo aquoso de baixa energia baseada na alta frequência de folhas inteiras. Mas como a deposição de tufo calcários ocorre em ambiente de águas agitadas, a boa preservação poderia ser atribuída ao tempo curto, insuficiente para maior degradação, isto é, pouco transporte.

Mais de 80% do total de espécimes não mostra qualquer sinal de degradação microbiológica ou por invertebrados. A degradação pode ser maior ou menor de acordo com o ponto amostrado independente do afloramento, conduzindo a dedução de pequeno de transporte. Pelo observado na região de Bonito, MS, é mais importante a diferenciação de preservações de impressões de compressões.

Os atributos tafonômicos foram organizados em três tabelas: I com os dados referentes a “aragonita” (deposição de carbonato bem poroso lembrando o hábito fibroso da aragonita), camadas alternadas de carbonato compacto e carbonato poroso, lâminas de carbonato e camada de carbonato compacto com calcita esparítica; II com os dados referentes a calcita esparítica, bolhas e cavidades; e III com os dados referentes a canaliculos, canais de escoamento e estrutura tubular. Aqueles atributos que não se encontram presentes na coluna “estrutura relacionada”, não são atribuídos a nenhuma das estruturas analisadas, apesar de terem sido levados em consideração no momento da análise. Estes dados serão úteis na identificação de sub-ambientes deposicionais, como mostrado mais adiante.

A diferenciação de canaliculo, canal de escoamento e estrutura tubular é feita pelo diâmetro da estrutura: canaliculos (0,1 a 0,3 centímetros), canais de escoamento (0,5 a 1,0 centímetros) e estruturas tubulares (maior que 1,0 centímetros).

De modo geral, são mais comuns canais de escoamento e canaliculos, estando esses últimos sob folhas ou não. As folhas distribuem-se aleatoriamente, normalmente em vários planos distintos.

Atributos tafonômicos I								
Salgadinho								
Estruturas relacionadas	Aragonita		Camadas alternadas: compacta/porosa		Lâminas		Camada compacta com calcita esparítica	
	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente
Folha	0,534	29,16	0,480	54,16	0,653	33,33	-	-
Lâminas	-	-	-	-	-	-	-	-
Espeleotema	-	-	-	-	0,500	8,33	-	-
Canaliculo	-	-	0,331	29,16	0,185	12,50	-	-
Canal de escoamento	-	-	0,387	18,33	-	-	-	-
Estrutura tubular	-	-	-	-	-	-	-	-
Superficiais	-	-	-	-	-	-	-	-
Não relacionado	-	-	0,429	12,50	0,712	16,66	0,110	4,17
Média geral (cm)	0,534		0,424		0,456		0,110	
% total no Afloramento	29,16		70,84		58,33		4,17	
Fazenda Bento								
Folha	0,934	42,00	0,496	70,00	0,240	2,00	0,248	8,00
Lâminas	1,000	2,00	-	-	-	-	-	-

Tabela 03 - Atributos tafonômicos I dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.

	Aragonita		Camadas alternadas: compacta/porosa		Lâminas		Camada compacta com calcita esparítica	
Estruturas relacionadas	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente	Média (cm)	% presente
Espeleotema	-	-	-	-	-	-	-	-
Canaliculo	0,468	2,00	0,221	24,00	-	-	0,220	4,00
Canal de escoamento	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrutura tubular	-	-	-	-	0,290	2,00	0,210	2,00
Superficiais	-	-	-	-	-	-	-	-
Não relacionado	1,588	18,00	0,278	24,00	0,200	2,00	0,250	2,00
Média geral (cm)	1,105		0,550		0,210		0,233	
% total no Afloramento	50,00		78,00		6,00		16,00	
Pacuí								
Folha	1,480	30,00	0,393	90,00	-	-	1,055	6,66
Lâminas	-	-	-	-	-	-	-	-
Espeleotema	-	-	-	-	-	-	-	-
Canaliculo	0,140	3,33	0,217	66,66	-	-	0,263	3,33
Canal de escoamento	-	-	0,230	6,66	-	-	-	-
Estrutura tubular	-	-	0,255	6,66	-	-	-	-
Superficiais	0,112	3,33	-	-	-	-	-	-
Não relacionado	1,500	20,00	0,636	20,00	-	-	-	-
Média geral (cm)	1,400		0,346		0		0,791	
% total no Afloramento	43,33		96,67		0		6,66	

Tabela 03 (cont.) - Atributos tafonômicos I dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.

Atributos tafonômicos II					
Salgadinho					
Estruturas relacionadas	Calcita esparítica	Bolhas		Cavidades	
	% presente	Média por amostra	% presente	Média por amostra	% presente
Folha	16,66	10,36	45,83	1,57	29,16
• Compressão	-	-	-	1,00	16,66
• Impressão	-	-	-	1,80	8,33
Camadas alternadas: compacta/porosa	16,66	-	-	-	-
Camada compacta e calcita esparítica	4,16	-	-	-	-
Lâminas	4,16	-	-	-	-
Aragonita	-	-	-	-	-
Cavidades	-	3,20	10,00	-	-
Espeleotema	8,33	-	-	-	-
Canaliculo	12,50	-	-	-	-
Canal de escoamento	4,16	-	-	-	-
Dispersos	4,16	3,50	8,33	-	-
Superficiais	-	13,50	12,50	-	-
Não relacionado	-	-	-	4,58	45,83
Média geral	-	8,50		3,88	
% total no Afloramento	58,33	70,84		70,84	

Tabela 04 - Atributos tafonômicos II dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.

Calcita esparítica		Bolhas		Cavidades	
Estruturas relacionadas	% presente	Média por amostra	% presente	Média por amostra	% presente
Fazenda Bento					
Folha	50,00	10,00	54,00	1,46	30,00
• Compressão	-	-	-	1,20	20,00
• Impressão	-	-	-	1,80	12,00
Camadas alternadas: compacta/porosa	42,00	5,00	2,00	-	-
Camadas compacta e calcita esparítica	-	-	-	-	-
Lâminas	2,00	-	-	-	-
Aragonita	10,00	7,50	4,00	-	-
Cavidades	-	3,75	8,00	-	-
Espeleotema	-	-	-	-	-
Canaliculo	6,00	-	-	-	-
Canal de escoamento	2,00	4,00	4,00	-	-
Dispersos	12,00	9,00	6,00	-	-
Superficiais	-	10,00	6,00	-	-
Não relacionado	-	11,00	2,00	2,29	36,00
Média geral	-	9,89		2,22	
% total no Afloramento	72,00	68,00		52,00	
Pacuí					
Folha	36,66	7,00	50,00	-	-
• Compressão	-	-	-	-	-
• Impressão	-	-	-	-	-
Camadas alternadas: compacta/porosa	86,66	-	-	-	-
Camadas compacta e calcita esparítica	-	-	-	-	-
Lâminas	-	-	-	-	-
Aragonita	26,66	-	-	-	-
Cavidades	-	-	-	-	-
Canaliculo	-	-	-	-	-
Dispersos	10,00	-	-	-	-
Superficiais	-	-	-	1,00	6,67
Não relacionado	-	11,50	6,66	-	-
Média geral	-	7,53		1,00	
% total no Afloramento	90,00	56,67		6,67	

Tabela 04 (cont.) - Atributos tafonômicos II dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí.

Atributos tafonômicos III									
Estruturas analisadas									
Salgadinho									
Estruturas relacionadas	Canaliculos			Canais de escoamento			Estrutura tubular		
	Média	%		Média	%		Média	%	
	por amostra	Ø (cm)		por amostra	Ø (cm)		por amostra	Ø (cm)	
Folha	13,07	0,163	58,33	1,00	0,500	4,16	-	-	-
Camadas alternadas: compacta/porosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aragonita	1,00	0,240	4,16	-	-	-	-	-	-
Cavidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrutura tubular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Superficiais	-	-	-	-	-	-	1,00	3,54	4,16
Não relacionado	11,00	0,174	70,83	1,41	0,715	50,00	1,25	2,36	16,66
Média geral por amostra	11,36			1,38			1,20		
Média geral Ø (cm)	0,171			0,698			2,16		
% total no Afloramento	95,83			54,17			20,83		
Fazenda Bento									
Folha	10,74	0,197	52,00	2,33	0,688	12,00	1,33	1,545	6,00
Camadas alternadas: compacta/porosa	8,50	0,150	4,00	-	-	-	-	-	-
Aragonita	10,00	0,100	2,00	1,00	0,540	2,00	-	-	-
Cavidades	15,00	0,100	2,00	-	-	-	-	-	-
Estrutura tubular	1,00	0,440	2,00	-	-	-	-	-	-
Superficiais	2,50	0,282	4,00	1,00	0,700	2,00	1,55	1,350	4,00
Não relacionado	7,40	0,191	54,00	1,00	0,545	4,00	1,66	1,680	6,00
Média geral por amostra	12,40			2,00			1,42		
Média geral Ø (cm)	0,196			0,640			1,580		
% total no Afloramento	84,00			18,00			14,00		
Pacuí									
Folha	18,31	0,190	80,00	1,66	0,506	10,00	1,00	1,320	6,66
Camadas alternadas: compacta/porosa	5,00	0,480	3,33	-	-	-	-	-	-
Aragonita	12,75	0,128	13,33	-	-	-	-	-	-
Cavidades	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estrutura tubular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Superficiais	51,00	0,136	10,00	-	-	-	-	-	-
Não relacionado	13,26	0,140	63,33	1,50	0,630	6,66	2,00	1,700	6,66
Média geral por amostra	28,86			2,00			1,50		
Média geral Ø (cm)	0,160			0,695			1,510		
% total no Afloramento	90,00			13,33			6,67		

Tabela 05 - Atributos tafonômicos III dos Afloramentos Salgadinho, Fazenda Bento e Pacuí

Abaixo da superfície da folha ocorrem lamelas de calcita. Na maioria das amostras observam-se apenas faixas correspondentes ao crescimento da calcita, tendo a folha como núcleo de precipitação.

A presença de folhas e de suas impressões, acompanhadas de cavidades, é sugestiva de certa decomposição das folhas e alteração do pH, responsável pela dissolução diagenética do carbonato acima das folhas. Como nem todas as impressões estão associadas a cavidades, seria mais provável supor que estas folhas tenham sido degradadas microbiologicamente, anteriormente à deposição. Desse modo, apenas as impressões não associadas a cavidades poderiam fornecer dados tafonômicos. As pesquisas realizadas em Bonito, MS comprovam que algumas folhas podem chegar ao depósito já degradadas microbiologicamente e, dessa forma, só podem ser preservadas como impressões, corroborando o exposto.

Diferentemente dessas cavidades, grandes espaços vazios podem estar presentes sem qualquer relação com as folhas. A deposição de carbonato ocorre intimamente associada às folhas, eventualmente com pequena quantidade de sedimento agregado ao depósito.

As características sedimentológicas como friabilidade, porosidade e aspecto maciço ou estratificado; a presença de canaliculos e canais de escoamento; e a presença de cavidades, são características comuns a todos os pontos amostrados em Campo Formoso, não havendo diferenças estatísticas que pudessem ser utilizadas na distinção de sub-ambientes deposicionais. Outras características, no entanto, quando analisadas em conjunto, permitem o reconhecimento dos sub-ambientes deposicionais.

Em comparação com os depósitos de Bonito, MS, pode-se reconhecer que em locais com alta turbulência, o carbonato precipita-se lentamente apresentando as maiores espessuras de calcário laminado disposto sobre as folhas, com 0,2 a 0,6 centímetros de espessura acompanhadas de 8 a 20 bolhas por amostra. A deposição similar a fibras de aragonita ocorre apenas sob núcleos de precipitação com espessura máxima de 0,76 centímetros. Apenas de 10 a 20% das folhas exibem degradação microbiológica. Tal ocorrência encontra-se principalmente no afloramento Salgadinho representado pelos pontos 1, 4 e 14 e precisa de outras características associadas para permitir reconhecimento de sub-ambiente deposicional. O posicionamento dos pontos de coleta estão apresentados na figura 6 (página 26).

No afloramento Fazenda Bento (ponto 15) e no afloramento Pacuí (ponto 26), a calcita é mais porosa, a rocha é proporcionalmente mais clara e as folhas possuem menos contrastes. Diferentemente das amostras descritas acima, além das dicotiledôneas, monocotiledôneas também são preservadas, a maioria das folhas como impressões. As paredes dos canais de escoamento e canaliculos são finas ou grossas, mas sempre com uma luz relativamente ampla. Como parâmetros que podem ser facilmente mensurados, ocorrem folhas com 42 a 50% de degradação microbiológica e ausência de calcário laminado. Ocorrem fibras semelhantes a aragonita com espessura de 1,5 a 1,7cm e cerca de 8 bolhas por amostra. As amostras do ponto 26 do afloramento Pacuí podem ser subdivididas em dois grupos, um deles com características indicativas de maior turbulência e outro grupo indicativas de menor energia, talvez relacionadas a períodos sazonalmente com maior volume de água no sistema.

A coloração clara normalmente não é um parâmetro adequado, ao contrário do aspecto poroso esponjoso, como se o carbonato tivesse sido depositado rapidamente. Normalmente as amostras apresentam canais e canaliculos geralmente sob as folhas, que são esparsas e preservadas como impressões. As possíveis compressões são pouco visíveis motivadas por recobrimento espesso de calcita. Sob muitas folhas ocorre a deposição perpendicular de carbonato constituindo faixas, possivelmente de aragonita. A deposição preferencial de aragonita pode estar associada a maior evaporação no local, proporcionando precipitação mais rápida.

Alguns pontos dos afloramentos da Fazenda Bento e de Pacuí, exibem amostras com feições intermediárias, embora apresentem pequena espessura ou nenhuma presença de calcário laminado. O percentual de degradação microbiológica é menor, variando de 26 a 29%, sugerindo menor transporte das folhas e a espessura do depósito fibroso semelhante à aragonita é menor, variando de 0,9 a 1,2cm. O ponto 17, da Fazenda Bento e o ponto 23 de Pacuí, exibem variações destas características nas amostras, podendo sugerir depósitos em região de condições variáveis sazonalmente ou temporalmente. Os pontos 20 e 22 da Fazenda Bento são os únicos deste afloramento que exibem calcário laminado, sendo que no ponto 20 também ocorrem pequenos depósitos de calcita esparítica, mas nenhum sub-ambiente específico pode ser definido. Já no ponto 19, ocorre freqüente preservação de bainhas de monocotiledôneas, isto é, a base de suas folhas, o que poderia sugerir região relativamente plana, com presença de vegetação acima de tufos nas laterais do leito ou mesmo dentro do leito do rio, como observado em Bonito, MS. As bainhas teriam sido incorporadas ao registro pela deposição de carbonato em suas porções submersas, enquanto que o restante da folha morreria e seria decomposta sem participar do registro.

Em suma, a classificação de Jassen *et al.* (1999), observa-se que os mecanismos de deposição dos tufos calcários no Brasil não correspondem aos descritos para a Europa, embora sejam mais semelhantes aos tufos porosos porém duros.

As observações feitas na região de Bonito, MS auxiliaram a compreensão dos depósitos fósseis de Campo Formoso principalmente para o reconhecimento dos tufos depositados em fluxo turbulento. A presença de monocotiledôneas em diferentes condições também permitiu melhor entendimento da preservação tão incomum desses vegetais. A partir dessas análises, outros sub-ambientes puderam ser definidos por comparação, através do conjunto de suas características.

Para o reconhecimento de fluxo mais turbulento, a principal característica é a presença de calcário laminado bem desenvolvido abaixo das folhas. Características auxiliares corresponde a pequena espessura ou mesmo ausência de calcário mais fibroso semelhante a aragonita, abaixo das folhas e maior presença de bolhas preservadas. O percentual de degradação microbiológica pode ser devido ao clima, já que o percentual mais baixo foi registrado no afloramento Salgadinho, depositado no máximo período glacial, mesmo que sua deposição tenha continuado ativa até o pós-glacial. Tal condição também pode ser utilizada para explicar a maior turbulência, provavelmente devido ao maior volume d'água presente neste período.

Nos demais afloramentos, percebe-se aumento no percentual de degradação microbiológica, compatível com o aumento da temperatura. Diferenças neste percentual de degradação nos afloramentos de idades mais recentes foram utilizadas para definir diferentes sub-ambientes de deposição.

Outra característica distintiva corresponde ao tipo de preservação de monocotiledôneas, visto que esses vegetais não apresentam abscisão sendo geralmente preservadas *in situ* ou em condições muito especiais.

6 - Resultados taxonômicos e suas interpretações

Durante os trabalhos realizados no Herbário ALCB da Universidade Federal da Bahia, foram descritas mais de 2.000 espécies pertencentes a 871 gêneros de 153 famílias. Não foram analisadas as famílias de monocotiledôneas, não só pela dificuldade ou mesmo impossibilidade de identificação taxonômica de suas folhas, normalmente de nervuras paralelas com poucas variações macroscópicas. Além disso, não permitem utilização em análises paleoclimáticas baseadas em fisionomia foliar.

A abundância de monocotiledôneas, entretanto, é de grande importância nas interpretações paleoclimáticas. Nas assembléias de Campo Formoso aparecem monocotiledôneas, principalmente no afloramento Salgadinho, com quatro morfologias foliares diferentes. Em alguns pontos, tanto de Salgadinho quanto dos outros afloramentos, é possível reconhecer a possível presença de bainhas das folhas de monocotiledôneas preservadas, indicando a possibilidade de preservação devido ao tipo de subambiente deposicional. Normalmente as folhas de monocotiledôneas tem pequeno potencial de preservação por não apresentarem abscisão, mas no caso de Campo Formoso parece que as bainhas foram recobertas por carbonato de cálcio, ainda com a planta em vida nas proximidades de um corpo aquoso.

Também não foram analisadas as leguminosas, que constitui um grupo numeroso e de grande diversidade tendo em vista a grande similaridade no padrão de nervação de seus *taxa*. O tempo para pesquisas, no entanto, foi o principal fator limitante. O trabalho de herbário foi realizado em apenas 1 mês, quando foram produzidas mais de 20.000 fotos. Por motivos semelhantes, as famílias Asteraceae, Melastomataceae e Cactaceae também não foram analisadas. As famílias Rubiaceae e Myrtaceae foram documentadas, mas não puderam ser descritas durante os trabalhos do herbário. As análises fisionômicas não serão prejudicadas, mas as comparações pelo padrão das nervuras não serão tão precisas em relação a essas duas famílias. O herbário SPF contribuiu nas comparações, com espécimes do Complexo Vegetacional Atlântico e do Cerrado encontradas em São Paulo, Minas Gerais e também outros locais, inclusive Bahia.

Na tabela 6 (páginas 94-96) registram-se as localidades e o tipo de vegetação nas quais as espécies que permitiram a identificação taxonômica dos espécimes fósseis foram documentadas. Tendo-se como base o herbário ALCB, a grande maioria das localidades registradas situa-se no Estado da Bahia. Sempre que o material estudado não se localizar neste Estado, o estado da federação será devidamente indicado.

6.1 - Identificação taxonômica

Ocorrência das diferentes características

a) Limbo foliar não inteiro

Nem sempre é fácil reconhecer a ocorrência de limbo foliar lobado, fendido ou mesmo dissecado, porque tal característica pode ser confundida com o processo de fossilização, mas corresponde também a importante feição diagnóstica. Mesmo só possuindo dois espécimes pentalobados provenientes do afloramento Salgado, único afloramento sem idade determinada, esta característica define o morfotipo 1.

O morfotipo 1 foi reconhecido como *Cecropia saxatilis* (Cecropiaceae) pertencente até há pouco tempo à família Moraceae. A espécie exibe a mesma característica de lobação do morfotipo, com o lobo central bem mais desenvolvido que os outros dois pares. A nervação é a que mais chama a atenção, devido a forte interconexão existente entre a nervação de cada lobo. Outras características comuns estão presentes como a nervação eucampódroma e o mesmo tipo de nervação percorrente. Baixo grau de incerteza na identificação.

A família Moraceae *latu sensu* possui 61 gêneros e mais de 1.000 espécies tropicais sendo plantas arbóreas ou arbustivas segundo Joly (1998) e possui cerca de 63 gêneros e 1.500 espécies tropicais e algumas temperadas, destes 28 gêneros e 340 espécies ocorrem no Brasil, sendo árvores, arbustos, ervas ou trepadeiras segundo Barroso *et al.* (2002). A espécie *Cecropia saxatilis* foi documentada em Salvador, Paraguaçu, Itaêto, São Sebastião do Passé, Lamarão do Passé e Cairú em vegetações de floresta ombrófila densa, floresta estacional e restinga.

b) Margem não lisa.

A margem não lisa é considerada um caráter de climas frios e, segundo as análises fisionômicas, o porcentual de folhas com dentes por si só poderia indicar a temperatura a qual a vegetação está ou estava submetida. Deve-se levar em conta, contudo, que esse critério é válido especificamente para o Hemisfério Norte, onde o clima é frio e seco. Espécies de algumas famílias tropicais sequer podem desenvolver dentes.

A vegetação da Caatinga é particularmente diferente. Das 153 famílias estudadas, 47 exibem pelo menos uma espécie sem margem lisa, conforme indica a tabela 9A (página 101-103).

A proporção de espécies por gênero que exiba uma determinada característica pode ser importante na relevância climática desta característica. Quanto mais espécies um gênero apresentar com esta característica, maior é a influência genética no caráter e menor a influência climática. Corresponderia a uma condição do próprio táxon. Nesses casos, a influência climática pode alterar o desenvolvimento da característica. No desenvolvimento da margem, por exemplo, gêneros que possuem espécies com dentes, podem ser mal desenvolvidos em clima úmido, constituindo apenas crenulações na margem foliar.

Figura 18 - Margem foliar com dentes bem desenvolvidos e margem crenulada.

Na assembléia de Campo Formoso, apenas dois espécimes exibiram dentes. São representados pelo morfotipo 2. Os espécimes apresentam tipos de dentes diferentes entre si, de forma que representam dois subgrupos. Ambos possuem nervação percorrente e se encontram fragmentados, dificultando as interpretações. Entretanto, o tipo de dente do morfotipo 2A, representado pelo espécime 14-1a mostrou-se similar ao gênero *Abutilon* (Malvaceae), permitindo o reconhecimento, com grau moderado de incerteza apenas pela falta de outros caracteres, porque os dentes são considerados bons critérios sistemáticos.

c) Assimetria foliar.

Apenas 28 famílias mostraram assimetria foliar. Esse número pode parecer pequeno, mas o limbo assimétrico ocorre mais comumente em folhas compostas.

Esta característica está presente no morfotipo 3, subdividido em morfotipo 3A e morfotipo 3B. O morfotipo 3B é reconhecido como Leguminosae. Dentre as Leguminosae, foram encontradas três espécies que não são possíveis de serem identificadas conforme anteriormente comentado, embora um espécime seja parecido com o gênero *Bauhinia*. O espécime em questão pode ser observado na figura 31 (página 111).

As Leguminosae, com ampla distribuição geográfica, possuem cerca de 650 gêneros e 18.000 espécies, em três subfamílias bem distintas. Caesalpinoideae e Mimosoideae são principalmente tropicais, enquanto Faboideae é mais freqüente em regiões temperadas (Barroso, 1991a). São plantas de hábito muito variado, desde grandes árvores a arbustos, subarbustos, ervas anuais e perenes e também trepadeiras (Barroso, 1991a; Joly, 1998). No cerrado são freqüentes as espécies de *Eriosema*, *Galectiae* e *Periandra* (Barroso, 1991a).

O morfotipo 3A reúne as folhas assimétricas sem relação com as leguminosas. Dois destes espécimes puderam ser identificados: o espécime 23-9 como *Tetrastylidium brasiliensis* (Olacaceae) e o espécime 4-5a como *Piper tectoniifolia* (Piperaceae).

O espécime 23-9 apresenta forma elíptica encurvada, característica bem observada em *Tetrastylidium brasiliensis*. Sua nervação secundária emerge em ângulo agudo e torna-se ligeiramente encurvadas. Nervação terciária visível, sem que se possa observar bem o seu padrão. Estas mesmas características estão presentes na espécie a qual foi comparado. Grau baixo a moderado de incerteza na identificação.

A família Olacaceae possui 27 gêneros e 230 espécies pantropicais (Barroso, 1991b). São plantas lenhosas, árvores ou arbustos com folhas inteiras. No Brasil ocorrem apenas 10 gêneros (Joly, 1998). A espécie *Tetrastylidium brasiliensis* não foi registrada em outras localidades além daquela do espécime que permitiu sua identificação.

Já o espécime 4-5a encontra-se fragmentado e poucos caracteres podem ser observados, com exceção de sua região basal. Ele chegou a ser comparado com espécies de três famílias, incluindo Malpighiaceae e Polygonaceae. A inclusão em Piperaceae ocorre devido ao curso e ao calibre das nervuras secundárias, por isso sua identificação apresenta grau moderado de incerteza. É importante ressaltar que a identificação de espécies vegetais através de suas folhas não corresponde a método seguro de identificação e a incerteza acompanha a identificação com maior ou menor grau. Sempre que o grau de incerteza não for baixo, o mesmo será informado porque pode não ser o táxon mencionado. Este cuidado é extremamente importante no momento de interpretar a vegetação como um todo.

A família Piperaceae apresenta de 10 a 12 gêneros e 1.400 espécies distribuídas em todas as regiões tropicais. No Brasil são apenas 5 gêneros e 460 espécies (Barroso *et al.*, 2002). Predominam os representantes herbáceos, mas existem trepadeiras, arbustos e até árvores, que possuem folhas inteiras. Seus gêneros mais diversificados são *Piper*, gênero do jaborandi e da pimenta-do-reino e *Peperomia*, usado como plantas ornamentais (Joly, 1998).

d) Textura coriácea.

O termo coriácea em botânica refere-se às folhas com textura resistente, em oposição a folhas denominadas membranosas. As folhas são coriáceas normalmente como proteção à perda de água, desenvolvendo uma cutícula mais espessa, embora esta característica também possa ser conseguida pela maior quantidade de tecidos de sustentação como colênquima e principalmente esclerênquima. Em geral, o primeiro caso pode ser reconhecido no registro fóssilífero, porque as folhas ficam com aparência diferenciada. No segundo caso, a folha precisaria ser manuseada com as mãos para se perceber esta resistência. Desse modo, apenas as folhas que apresentavam aparência coriácea foram consideradas neste estudo.

A aparência coriácea define o morfotipo 4. Como não é muito fácil observar outras características numa folha coriácea, esse morfotipo foi subdividido em 4 grupos baseados na forma foliar e na visibilidade das nervuras. Alguns espécimes não apresentam essas especificações e estão incluídas no morfotipo 4 como o espécime 20-1j que, no entanto, pode ser atribuída a *Maytenus cantingarum* (Celastraceae) baseando-se em características tão comuns quanto tamanho, espessura da nervura primária, visibilidade das demais nervuras e o tipo de resistência, característica decorrente da própria estrutura coriácea, que fornece a folha dobradura peculiar, bem delimitada.

A família Celastraceae possui 60 gêneros de ampla distribuição tropical e subtropical, de hábito arbustivo ou arbóreo, com cerca de 850 espécies (Joly, 1998; Barroso, 1991a). O gênero *Maytenus cantingarum* é registrado na região da Chapada Diamantina nos municípios de Lençóis e Mucugê em mata ciliar e campo rupestre assim como na Mata Atlântica em Entre Rios, mas possivelmente possui distribuição mais ampla.

Análises mais detalhadas mostraram que o morfotipo 4A não corresponde a uma única morfoespécie. O espécime 22-2m não chega a apresentar as nervuras em relevo, possui maior tamanho e no espécime 19-4r é possível observar nervuras terciárias. Ambos permanecem sem identificação. Entretanto, o espécime 23-4a pode ser comparado a *Banisteriopsis stellaris* (Malpighiaceae). A comparação foi possível devido à disposição das nervuras secundárias, assim como sua espessura. O curso das nervuras secundárias imprime-se no limbo, fazendo-o aparentar estar enrugado. Grau moderado a baixo de incerteza na identificação. A espécie *Banisteriopsis stellaris* está presente em Jacobina, Tucano, Morporá e Ribeira do Pombal em vegetação de caatinga e campo rupestre.

A família Malpighiaceae possui 63 gêneros e mais de 800 espécies pantropicais, sendo que no Brasil encontra-se distribuída em 32 gêneros e 300 espécies (Barroso, 1991a). São plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas ou mais frequentemente trepadeiras com folhas inteiras (Joly, 1998). As folhas podem alcançar maiores dimensões em *Byrsonima*. A consistência das folhas é coriácea ou ainda membranosa, são freqüentemente pequenas, de forma lanceolar ou linear (Barroso, 1991a).

O morfotipo 4B corresponde a um único espécime. Apresenta classe de tamanho maior e seu caráter coriáceo é mais forte, com menor visibilidade de suas nervuras. Devido ao tamanho, forma e caráter coriáceo foi comparado a três espécies: *Actinostemum* sp. (Euphorbiaceae) a *Ternstroemia alnifolia* (Theaceae) e a *Connarus suberosus* (Connaraceae). Foi identificado como *Connarus suberosus* devido a sua forma mais elíptica e espessura da nervura primária, mais constante ao longo do seu curso, ao contrário das outras duas espécies. Devido à presença de poucos caracteres diagnósticos há pequeno a moderado grau de incerteza nesta identificação, reduzido apenas por ter sido o espécime comparado a toda a coleção do herbário ALCB. Está se utilizando, então, o princípio de exclusão.

A família Connaraceae possui 8 gêneros de ampla distribuição tropical, segundo Joly (1998), mas possui 24 gêneros e entre 300 e 400 espécies, quatro deles ocorrendo no Brasil, segundo Barroso (1991a). São plantas lenhosas, arbóreas, arbustivas ou lianas de grande porte (Barroso, 1991a; Joly, 1998). No Brasil são freqüentes espécies de *Connarus* nos campos cerrados.

O morfotipo 4C, morfotipo de folhas coriáceas estreitas e mais alongadas, foi comparada a duas espécies: *Simaba cedron* (Simaroubaceae) e *Chaetocarpus echinocarpus* (Euphorbiaceae). Novamente o princípio da exclusão foi empregado, permitindo uma identificação possível como *Chaetocarpus echinocarpus*, visto que *Simaba cedron* apresenta margens revolutas, característica não observada em nenhum espécime do morfotipo. O grau de incerteza é moderado a baixo apenas devido às poucas características que podem ser preservadas em espécies coriáceas.

A família Euphorbiaceae possui 290 gêneros e cerca de 7500 espécies, sendo que 72 gêneros e em torno de 1100 espécies ocorrem no Brasil (Barroso, 1991a). Segundo Joly (1998) os centros de dispersão desta família encontram-se nas Américas e África e possui hábitos bem variados. Apresenta características foliares bastante presentes nos espécimes de Campo Formoso como presença de externas e nervação percorrente, mas o seu reconhecimento nos espécimes fósseis nem sempre é possível devido a grande diversidade presente na família. A espécie *Chaetocarpus echinocarpus* é registrada na Chapada Diamantina em Lençóis, Seabra e Serra da Chapadinha, Morro do Chapéu, Ituberá, Entre Rios e Santa Cruz da Cabrália em vegetações de restinga, mata ciliar, mata estacional e caatinga.

O morfotipo 4D não foi identificado por aparentar ser sementes. Os espécimes são bem simétricos com nervura mediana bem visível. Entretanto, existe a possibilidade de serem apenas folhas parcialmente dobradas e mal preservadas, já que não são visíveis outras nervuras.

e) Classes de tamanhos micro I ou II.

Como era previsto, estas classes são bem abundantes no material do herbário. Vegetações abertas ou de climas mais frios e secos tendem a ter folhas menores. Das 153 famílias pesquisadas no herbário, 98 possuem espécies com folhas de tamanhos micro I ou II, mas se considerarmos o total de espécies analisadas, 2228, 764 são micro I ou II, representando menos de 50% da flora.

Esta característica define o morfotipo 5, subdivido em 7 grupos ainda sem identificação.

f) Padrão de nervação actinódromo.

O padrão de nervação actinódromo ocorre mais comumente em climas frios e secos. Nessas condições as folhas tendem a ter dentes e lâmina foliar lobada. Normalmente a lobação do limbo é acompanhado pelo padrão actinódromo, no qual há uma nervura primária para cada lobo. A nervação actinódroma também pode ocorrer em folhas de base cordata, nas quais a região basal requer nervuras de maior calibre.

Apenas 18 famílias apresentaram este padrão, embora Malvaceae e Passifloraceae contêm muitas espécies com o primeiro par de secundárias semelhante à primária, o que faz com que aparentem ter nervação actinódroma principalmente no registro fossilífero.

Figura 19 - Folha de limbo lobado e folha de base cordata com nervação actinódroma

Em Campo Formoso esse padrão está representado pelo morfotipo 6, que pode ser subdividido em três. O morfotipo 6A possui cinco nervuras primárias que se bifurcam originando nervuras secundárias e terciárias. Foi comparada a duas espécies seguindo essas características básicas: *Cissampelos andromorpha* (Menispermaceae) e *Begonia grisea* (Begoniaceae).

Estudos mais aprofundados foram realizados com base no material do herbário SPF e pode-se constatar que cinco espécies de *Begonia* apresentam padrões de nervação muito similares ao morfotipo em questão. Algumas diferenças são notadas como a maior assimetria em *B. ramentacea*, maior lobação do limbo presente em *B. paleata* e grande tamanho desenvolvido por *B. boraceiensis*. A ocorrência de um único espécime dificulta a identificação mais segura do morfotipo, sendo que os estudos mostraram que *B. grisea* corresponde a identificação possível e que as espécies *B. fellereriana* e *B. convolvulacea*, descritas como espécies frequentes em Lençóis, seja em vegetação de campo rupestre (*B. fellereriana*) seja na mata de grotão da Serra da Chapadinha, são as espécies mais similares ao morfotipo. Por questões de confiabilidade o morfotipo 6A será considerado como *Begonia* sp..

A família Begoniaceae é largamente distribuída nos trópicos normalmente com hábito herbáceo mas também arbustivo. Possui 5 gêneros, Barroso *et al.* (2002) consideram cerca de 500 espécies e Joly (1998) considera cerca de 820 espécies. No Brasil ocorre apenas o gênero *Begonia* com 168 espécies (Barroso *et al.*, 2002), especialmente comuns nas matas úmidas da Serra do Mar (Joly, 1998). Entretanto, a espécie *Begonia grisea* foi registrada em vegetação de campos rupestres em Andaraí, Mucugê, na Serra da Chapadinha em Lençóis e na Serra do Tombador em Jacobina. Apesar de não ser tão similar ao morfotipo 6A, essa espécie possui similaridades também com o morfotipo 6C.

O morfotipo 6B corresponde a morfotipo de menor tamanho foliar, presença de nervação mais densa que a do morfotipo anterior e forma mais orbicular, originada pela fusão de sua base cordada. Foi comparado a *Begonia reniformis*.

Os estudos realizados no herbário SPF permitiram a comparação com uma segunda espécie: *Begonia fischeri*. Esta espécie pode atingir 1,2 metros de altura e seus caules são similares a alguns espécimes fósseis que permanecem sem identificação, que já foram tratados como bainha de folhas de monocotiledôneas. Seria possível, no entanto, que a presença de espécies de *Begonia* crescendo nas margens do corpo aquoso teria sido suficiente para promover a fossilização das folhas e de alguns de seus caules.

O morfotipo 6C apresenta um único espécime fragmentado, mas que possui caracteres suficientes para demonstrar tratar-se de uma espécie de *Begonia*. Com a complementação dos estudos com o material do herbário SPF foi possível verificar que tanto pode corresponder a uma terceira espécie de *Begonia* como ser um espécime dos morfotipos anteriores.

Dois espécimes fósseis de *Begonia* assim como as fotos que permitiram sua identificação podem ser observados na figura 25 (página 106).

g) Padrão de nervação pinado broquidódromo.

Padrão pinado é caracterizado pela presença de uma única nervação primária, ao contrário do padrão anterior. O padrão de nervação broquidódromo aparenta ser muito comum na vegetação brasileira como um todo e é um padrão de nervação secundária. Ele representa o encontro das nervuras secundárias formando arcos entre si. Em alguns casos ocorre arco de segunda, terceira ou mesmo quarta ordens, formados por nervuras de menor calibre. Este padrão é relativamente comum porque a grande maioria das folhas exibe margem lisa, sem dentes e normalmente são os dentes irrigados com uma nervura. Na ausência de dentes, o padrão broquidódromo pode ocorrer, assim como o padrão eucamptódromo. No padrão eucamptódromo as nervuras secundárias não formam arcos, mas vão se dividindo gradativamente, tornando-se mais fracas, até não serem mais perceptíveis. O padrão eucamptódromo será comentado no item seguinte.

Figura 20 - Ilustração do padrão pinado broquidódromo à esquerda e eucamptódromo à direita

É importante ressaltar que nem sempre estes dois padrões são facilmente reconhecidos e há casos em que os dois padrões estão presentes num mesmo espécime, conforme observado em herbário. Considerando que estes padrões serão reconhecidos em material fóssil, cada espécie que apresentava um padrão de difícil definição, broquidódromo ou eucamptódromo ou que possuía ambos os padrões foram adicionadas as duas listas de comparações.

Das 153 famílias pesquisadas, 88 apresentam alguma espécie com nervação broquidódroma, mesmo que em 22 delas só ocorra uma e que 17 famílias possuam 2 gêneros e 2 espécies. Parece pouco, mas observando-se o Anexo 1, pode-se notar que algumas famílias estão representadas por poucos gêneros e espécies. Maiores detalhes na tabela 9A (páginas 101-103).

A característica de nervação broquidódroma encontra-se presente principalmente no morfotipo 7, que apresenta 5 subdivisões. Por ser uma característica amplamente distribuída e com diferentes padrões de nervação terciária, as comparações ainda não foram bem analisadas.

O morfotipo 7A apresenta margem visivelmente lisa, característica nem sempre bem preservadas nos espécimes de Campo Formoso e ápice agudo. Sua forma pode ser estimada entre oval estreita a elíptica com classe de tamanho variando de Micro III a Meso I. Em relação a sua nervação, a nervura primária é forte e reta, secundárias também de curso retilíneo e terciárias em padrão reticulado ortogonal, chegando a formar nervuras intersecundárias denominadas compostas, por não saírem diretamente da nervura primária e ainda assim poder ser diferenciada da nervação terciária propriamente dita. Sua nervação quaternária é visível, embora não apresente padrão reconhecível. Conforme característica do morfotipo 7, o padrão geral de nervação é broquidódromo e são visíveis arcos de segunda ordem.

A partir de sua riqueza de caracteres, foi possível compará-lo a *Prunus sellowii* (Rosaceae) e a *Vismia latifolia* Guttiferae (= Clusiaceae). Tal riqueza de informações ainda não garante identificação muito precisa por ser reconhecidamente um padrão usual de nervação, também presente nas leguminosas, grupo não estudado. Normalmente, porém, as leguminosas apresentam folhas compostas, o que diminui o tamanho de cada folíolo. Considerando-se novamente o princípio de exclusão e que a espécie *Vismia latifolia* apresenta maior densidade de nervação, totalizando mais de 16 pares de nervuras secundárias, enquanto que os espécimes do morfotipo e *Prunus sellowii* apresentam em torno de 10 pares de nervuras secundárias além de todo o padrão acima descrito, a mesma está sendo considerada a identificação da espécie com grau moderado a baixo de incerteza. Um espécime fóssil e a espécie que permitiu a identificação estão ilustrados na figura 26 (página 107).

A família Rosaceae possui 124 gêneros e aproximadamente 3.500 espécies distribuídas principalmente no Hemisfério Norte. No Brasil ocorrem poucas espécies de *Prunus*, *Rubus* e *Quillaja* (Barroso, 1991a). São plantas de hábito muito variado: ervas anuais, arbustos, subarbustos, trepadeiras ou árvores. Suas folhas podem ser simples ou compostas (Joly, 1998). A espécie *Prunus sellowii* foi registrada em Santa Cruz da Cabrália e Rio das Contas.

O morfotipo 7B diferencia-se do morfotipo anterior por apresentar ápice obtuso. Seu limbo foliar aparenta se restringir à forma oval estreita. Sua nervura primária é mais larga na base e suas nervuras secundárias são mais densas, totalizando cerca de 14 pares visíveis. Como o grupo anterior, também foi comparado ao mesmo espécime de *Vismia latifolia*, sendo considerado a identificação da espécie com grau moderado de incerteza em decorrência não somente do acima exposto como também pelo tipo de ápice. Por ser o ápice uma característica mais variável, o mesmo não representa maiores problemas para a caracterização de uma espécie.

A família Guttiferae Juss (= Clusiaceae) possui 49 gêneros tropicais e subtropicais em todo o mundo, com apenas 1 gênero encontrado em região temperada. São cerca de 1.000 espécies, sendo que no Brasil ocorrem 183 espécies em 21 gêneros. São plantas primariamente lenhosas, arbóreas ou arbustivas com folhas inteiras, mas também podem ser ervas anuais ou perenes e mesmo epífitas (; Barroso *et al.*, 2002).

O morfotipo 7C apresenta nervura primária mais larga e profunda que os morfotipos anteriores. O padrão geral de nervação não é bem preservado, mas o padrão terciário é bem diferente, pois apresenta padrão oblíquo. Há presença de nervuras intersecundárias simples no terço proximal, surgindo intersecundárias compostas a partir do terço médio. Com base na presença dessas características o morfotipo foi comparado a *Davilla rugosa* (Dilleniaceae), mas o grau de incerteza é muito alto para realizar a identificação. Como comentado, este tipo de padrão é muito disseminado e os espécimes preservados deste morfotipo não preservam a margem foliar, perdendo-se importantes caracteres para comparações.

A família Dilleniaceae possui 12 gêneros e 280 espécies tropicais, sendo que no Brasil ocorrem 5 gêneros e 38 espécies. São árvores, arbustos ou lianas (Barroso *et al.*, 2002). Joly (1998) considera que a família apresenta nervação foliar peninervia muito regular e acrescenta ainda que os gêneros mais comuns no Brasil são *Davilla* e *Curatella*. A espécie *Davilla rugosa* foi registrada em Cairu, Caravelas, Ilhéus, São Sebastião do Passé, São Desidério e na Chapada Diamantina. As vegetações presentes nestas localidades são variadas incluindo restinga, floresta ombrófila densa e cerrado, podendo indicar

ampla valência ecológica dessa espécie, que também foi comparada ao morfotipo 14D conforme será comentado adiante.

O morfotipo 7D também apresenta nervação terciária diferenciada dos demais morfotipos 7, apresentando-se em cascata, padrão menos comumente encontrado. Outra diferença refere-se a classe de tamanho Micro II, menor que as dos morfotipos anteriores. O morfotipo foi comparado a *Sebastiania brasiliensis* (Euphorbiaceae), ocorrendo num bosque inundável da Argentina. Além das características mencionadas, o princípio de exclusão também foi utilizado e a identificação é considerada com pequeno a moderado grau de incerteza. Essa comparação é bem interessante porque a espécie também é registrada em Rio das Contas, Caetitê e Lençóis, localidades com campo rupestre e as duas últimas com vegetações na transição da caatinga para o cerrado. Será que se pode supor que a assembléia fóssil estava realmente sujeita a clima mais frio que o atual ? Ou que simplesmente essa espécie é capaz de sobreviver em condições adversas ?

O morfotipo 7E corresponde a um único fragmento preservado, possivelmente da classe de tamanho Micro III, mas que pode ser Meso I, dependendo da forma foliar. Diferencia-se dos morfotipos 7 anteriores não só pela classe de tamanho mas principalmente por apresentar nervação terciária menos densa formando grandes áreas com bom desenvolvimento da nervação quaternária. Pode-se observar arcos de segunda ordem. O morfotipo foi então comparado a *Banisteriopsis membranifolia* (Malpighiaceae). Não foi registrado nenhum outro espécime dessa espécie no herbário ALCB, além do presente na Mata Atlântica de Uma, embora isto não signifique que a mesma não ocorra em outras regiões da Bahia. O fato do espécime ser único e fragmentado acarreta pequeno grau de incerteza nesta identificação, apesar de todos os caracteres mencionados. Um espécime fóssil e a espécie que permitiu a identificação estão ilustrados na figura 26 (página 107).

h) Padrão de nervação pinado eucamptódromo.

A nervação eucamptódroma caracteriza o morfotipo 8, subdividido em 8A e 8B. O morfotipo 8A caracteriza-se por apresentar folhas de classe de tamanho maiores que Micro III, com nervura primária relativamente forte, secundárias sub-opostas com β agudo e curso suave e nervação terciária densa. O morfotipo foi inicialmente comparado a *Dioscophora guianensis* (Icacinaceae) e a *Sloanea dentata* (Elaeocarpaceae) que se mostrou mais similar ao morfotipo em questão por apresentar nervação primária mais forte na base, padrão oposto de seis pares de secundárias que pode variar para sub-oposto. Estudos realizados no herbário SPF puderam reconhecer que a família Icacinaceae exibe,

em sua maioria, folhas de nervação broquidódroma e indicaram que, de fato, o morfotipo apresenta similaridades com outras espécies de *Sloanea*, como *S. guianensis*, *S. latiflora*, *S. maximowicziana*, *S. nitida* e *S. synandra*. A característica fragmentada dos espécimes fósseis não permitiu caracteres para a diferenciação entre essas diferentes espécies, mas pode-se considerar seguro o reconhecimento do morfotipo como *Sloanea* sp..

A família Elaeocarpaceae possui 10 gêneros essencialmente tropicais segundo Joly (1998) e 7 gêneros e 125 espécies tropicais sendo que 2 gêneros e 5 espécies ocorrem no Brasil segundo Barroso *et al.* (2002). Corresponde a uma família basal com folhas simples e inteiras, sendo que apenas *Sloanea*, a urucuma da Amazônia, constitui um gênero nativo (Joly, 1998; Barroso *et al.*, 2002).

O morfotipo 8B apresenta folhas da classe de tamanho Micro II, nervura primária forte, nervuras secundárias sub-opostas com β obtuso e nervação terciária reticulada ortogonal formando intersecundárias compostas. Foi comparado a *Emmotum affine* (Icacaceae) e a *Eriope hypenioides* (Lamiaceae), sendo esta última admitida como a espécie dada a espessura da nervura primária, a variação no ângulo de emergência das nervuras secundárias e ao padrão de finalização da nervura secundária.

A família Lamiaceae corresponde a uma grande família contendo 200 gêneros e cerca de 3200 espécies cosmopolitas (Joly, 1998) ou contendo 150 gêneros e 2800 espécies entre ervas anuais ou perenes, subarbustos ou arbustos (Barroso 1991b). A espécie *Eriope hypenioides* foi registrada em Palmeiras, Lençóis, Serra da Chapadinha, Serra do Tombador (Rio das Contas) e em Mucugê em campo rupestre ou na transição de campo rupestre com caatinga ou cerrado.

i) Nervura primária de forte calibre.

Quarenta famílias exibiram nervura primária visivelmente de forte calibre, não sendo consideradas as ocorrências que exibem de forte calibre apenas na base foliar. A presença de nervação primária forte caracteriza o morfotipo 9 que foi subdividido em 4. Nas primeiras análises realizadas, considerou-se que os morfotipos 9A e 9C seriam variações da mesma espécie: *Terminalia actinophylla* (Combretaceae). Infelizmente constatou-se que se trata de espécie exótica e que, portanto, não pode corresponder ao morfotipo da assembléia de Campo Formoso. Novo estudo no herbário SPF foi realizado para completar essa identificação, mas não foi possível reconhecer outra espécie nativa deste gênero similar nem mesmo outro gênero desta família. O morfotipo 9A permanece sem identificação.

O morfotipo 9A representa agrupamento de fácil reconhecimento, pela presença de nervura primária muito forte e pecíolo bem marcado, com base cuneada. Sua nervação secundária é oposta ou, no máximo, sub-oposta, de curso bem relilíneo emergindo entre 40 e 60° aparentando ser acrótona.

O morfotipo 9B também apresenta nervura primária forte e bem delimitada, mas é mais fraca quando comparado ao morfotipo precedente. Sua base não se encontra bem preservada em nenhum espécime, mas aparenta ser mais arredondada, assim como a forma foliar é mais estreita que o morfotipo 9A. A nervação secundária é sub-alterna na base e alterna no terço médio. O ângulo de emergência não representa a inclinação do curso das secundárias. O morfotipo foi inicialmente comparado a *Hyptis salzmanni* (Lamiaceae). O gênero *Hyptis* é freqüente nos campos, mas *Hyptis salzmanni* foi registrado em Mata de São João, município baiano que apresenta cerrado e floresta ombrófila densa.

Para melhores comparações realizou-se estudo com o material do herbário SPF, que possui depositado 120 espécies do gênero *Hyptis*, enquanto que o herbário ALCB possui 58 espécies. Das 120 espécies do SPF, apenas 26 espécies apresentam folhas muito pequenas ou pequenas a ponto de não serem comparáveis com os espécimes preservados na assembléia fóssil de Campo Formoso. Por observações anteriores incluiu-se neste estudo o gênero *Eriope*, também da família Lamiaceae (=Labiatae).

Após análise, perceberam-se similaridades entre as espécies de *Eriope* e de *Hyptis* com os espécimes do morfotipo 9. Em relação ao morfotipo 9B, a espécie *Eriope salviifolia* mostrou-se similar, mas apresenta poucas nervuras no terço basal, ao contrário dos espécimes do morfotipo. A maioria das espécies de *Hyptis* que apresenta padrão de nervação similar possuem folhas menores e com ângulo de emergência das secundárias no terço basal mais agudo, com exceção da espécie *Hyptis lutescens*, permitindo identificação ao morfotipo. Fato digno de nota corresponde ao registro desta espécie em Mato Grosso e em São Paulo, cuja morfologia foliar difere da registrada no morfotipo 9B, tendo a mesma sido identificada a partir do espécime proveniente de Correntina, BA, arbusto pequeno em cerrado com floresta de galeria. O espécime em questão pode ser observado na figura 29.

Durante o processo de identificação um dos espécimes do morfotipo foi excluído do mesmo por não apresentar a mesma densidade de nervação na região basal. O espécime em questão, 17-6a, no entanto, não foi comparado a nenhuma espécie por apresentar ângulo de emergência de quase 90° e curso das secundárias a 60°. Havia sido considerado variações morfológicas, mas o não registro de tal variação não corroborou a interpretação original.

O morfotipo 9C, assim como o morfotipo 9A apresenta nervura primária muito forte, talvez até mais forte, a depender da largura de suas folhas, nem sempre bem preservadas. As principais diferenças são encontradas na região basal do limbo foliar. A base foliar, em si, é mais obtusa, mas as nervuras secundárias emergem em ângulo bem agudo e o curso das secundárias altera-se até atingir inclinação semelhante a das nervuras secundárias do terço médio, que são retilíneas. Os estudos no herbário SPF permitiram o reconhecimento desse morfotipo como *Eriope hypoleuca* (Lamiaceae), ocorrente em Grão Mogol, MG com grau baixo a moderado de incerteza. Não houve nenhuma evidência sugerindo que o morfotipo 9A corresponda a variações morfológicas do morfotipo 9C. As análises iniciais só reforçam a ideia da necessidade de realizar as comparações com as espécies que ocorrem nas proximidades da região de estudo, porque caso contrário podem ocorrer identificações errôneas.

O morfotipo 9D diferencia-se dos morfotipos 9 anteriores por apresentar folhas menores, da classe de tamanho Micro II e nervura primária bem forte na base afinando-se para o ápice, ao contrário das anteriores que possuem calibre quase constante durante o seu curso. O morfotipo foi comparado a *Jacaranda irwinii* (Bignoniaceae). Em decorrência do padrão comum de nervação e das características preservadas considera-se que o grau de incerteza nesta identificação é de moderado a alto.

A família Bignoniaceae é essencialmente tropical, com muitos gêneros e relativamente poucas espécies. São 120 gêneros e 650 espécies, sendo que o Brasil é considerado um centro de dispersão com muitas espécies endêmicas. São lenhosas predominantemente lianas embora possam ser arbóreas ou arbustivas (Barroso 1991b). A espécie *Jacaranda irwinii* foi registrada em Palmeiras, Rio do Pires, Andaraí, Mucugê, Piatã, Morro do Chapéu, Miguel Calmon, Lençóis, Rio das Contas e Jacobina, sendo que essas localidades apresentam vegetação de campo rupestre, mata ciliar, mata de grotão ou mata de altitude.

Durante o processo de identificação excluiu-se o espécime 4-9a do morfotipo 9D, optando-se por estabelecer o morfotipo 9E. Este único espécime, embora fragmentado, aparenta ter limbo foliar com maiores dimensões e suas nervuras secundárias apresentam curso arqueado, que inicia-se com ângulo maior que 60° e diminui gradativamente até cursar a cerca de 30° em relação a nervura primária. O morfotipo foi comparado aos gêneros *Eriope* e *Hyptis*. As espécies do gênero *Eriope* apresentam nervação primária mais forte na região basal e tendência à nervação secundária alterna, não corresponde ao espécime em questão. As espécies do gênero *Hyptis* apresentam-se mais similares, com calibre da nervura primária mais constante em seu curso, nervação oposta a sub-oposta e β amplo. Das espécies mais similares *H. proteoides* e *H. rubiginosa* apresentam nervuras secundárias encurvadas

muito suavemente; *H. lippioides* e *H. rotundiflora* apresentam apenas 4 pares de nervuras no terço basal, de modo que o morfotipo 9E corresponde à espécie *H. multiflora*, registrada no cerrado de Barreiras, BA.

j) Presença da primeira interárea bem mais ampla que as demais

Vinte e duas famílias apresentaram esta característica, relativamente comum nas assembléias de Campo Formoso. Essa característica foi utilizada juntamente com outras, não havendo morfotipo específico para ela, embora esteja muitas vezes associada a presença de nervuras externas.

Figura 21 - Ilustração de primeira interárea ampla

l) Presença de nervuras externas.

Figura 22 - Ilustração da nervação externa

A presença de nervuras externas também é característica comum nas associações de folhas de Campo Formoso, que é usado para diferenciar alguns grupos dos morfotipos 13 e 14, embora caracterize o morfotipo 10, que se diferencia por não apresentar nervação percorrente. Esse morfotipo é dividido em quatro grupos baseados na nervação secundária alterna ou oposta de curso retilíneo ou encurvado. Fragmentos sem o reconhecimento do padrão alterno ou oposto das secundárias permanecem no morfotipo 10 indiferenciado, mas o espécime 22-3p pode ser identificado a *Lundia cordata* (Bignoniaceae) baseando-se na amplitude da primeira interárea e no número e curso das nervuras externas ao primeiro par de secundárias. Outras características de menor relevância mas que auxiliam a identificação corresponde ao tamanho foliar e espessura da nervação. O grau de incerteza nesta identificação está sendo considerado baixo. Ilustrações na figura 35.

Lundia cordata pode ter como basônimo *Bignonia cordata* segundo a Veloso (1825-1829). Já foi descrita em remanescentes da Mata Atlântica em Pernambuco, em restingas do Espírito Santo e Rio de Janeiro, matas de dunas litorâneas no Rio Grande do Norte mas também na Caatinga e formações rupestres em Caetité e em cerrado em São Desidério, Bahia.

O morfotipo 10A representa o morfotipo 10 que possui nervuras secundárias opostas e encurvadas. Foi inicialmente comparado a 5 espécies: *Fevilea* cf. *passiflora* (Cucurbitaceae), *Pavonia huetzelbergii*, *P. cancellata* e *Sida micrantha* (Malvaceae) e também a *Melochia betonifolia* (Sterculiaceae), sendo *Fevilea* cf. *passiflora* a menos similar e *Pavonia cancellata* a mais similar, de acordo com o posicionamento das nervuras e forma foliar, mas a identificação não pode ser confirmada nem pelos estudos no herbário SPF. *Pavonia cancellata* é registrada em Abaeté, Palmeiras, Amélia Rodrigues, Itaberaba, Andaraí e Jacobina, em campo rupestre, caatinga arbórea, contato caatinga e mata estacional e em mata ciliar de grotão.

A família Malvaceae possui 88 gêneros e 2300 espécies, sendo que apenas 33 gêneros e 200 espécies ocorrem no Brasil. Apresenta distribuição tropical, subtropical e temperada, principalmente na América do Sul. São ervas, subarbustos, arbustos e raramente árvores, sempre de pequeno porte.

O morfotipo 10B apresenta nervuras secundárias opostas e retilíneas e foi inicialmente comparado a *Sida micrantha* (Malvaceae). Estudos comparativos para confirmação da identificação realizados no herbário SPF indicaram que não seriam possíveis comparações confiáveis. Espécimes de *Sida cordifolia* (Malvaceae) e de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) também se mostraram bastante similares. Os poucos caracteres disponíveis dificulta a identificação. Novos estudos seriam necessários para se excluir espécies de Tiliaceae e de Bombacaceae, famílias com padrões de nervações similares.

apresentados juntamente com as características que os definem, que corresponde respectivamente a classe de tamanho micro I ou II, nervura primária forte e primeira interárea ampla.

O morfotipo 11, caracterizado pelas secundárias alternas, foi subdividido em 5 grupos, baseados principalmente no ângulo e curso das secundárias.

O morfotipo 11A, caracterizado pelo ângulo de emergência menor que 50° e curso retilíneo, representa grande conjunto de folhas, visto ser um padrão bem comum. Não foi possível a identificação do morfotipo, mas alguns espécimes foram comparados isoladamente. O espécime 4-3a foi comparado a *Rollinia sylvatica* (Annonaceae) principalmente pela forma do limbo foliar, espessura e curso das nervuras secundárias. Grau moderado de incerteza na identificação, utilizando-se o critério da exclusão.

A família Annonaceae possui 122 gêneros e 1.100 espécies tropicais e subtropicais, embora apenas 36 gêneros sejam americanos, sendo que ocorrem 29 gêneros e 260 espécies no Brasil. Representa uma família bastante uniforme, sendo constituída de plantas lenhosas arbustivas ou arbóreas, crescendo nos campos ou em florestas (Joly, 1998; Barroso *et al.*, 2002).

O espécime 23-7c foi comparado a *Licania litoralis* (Chrysobalanaceae) principalmente pela forma do limbo foliar, espessura e curso das nervuras secundárias. Grau moderado de incerteza na identificação, utilizando-se o critério da exclusão.

A família Chrysobalanaceae possui 12 gêneros e 420 espécies tropicais sobretudo americanos. Sete deles ocorrem no Brasil. São plantas lenhosas arbustivas ou arbóreas (Barroso, 1991a; Joly, 1998). Na Amazônia e no cerrado ocorrem espécies arbóreas de *Licania*, conhecida como oiticica. A espécie *Licania litoralis* foi também registrada em Entre Rios e Itacaré, em Mata Atlântica.

O morfotipo 11B, possui as mesmas características do grupo anterior, mas o ângulo de emergência é maior que 50° e menor que 90°, permitindo a comparação a *Cabrlea* sp. (Meliaceae) e a *Drymonia coccinea* (Gesneriaceae). Trabalhos no herbário SPF permitiram a confirmação da identificação do morfotipo como *Drymonia coccinea*, baseando-se nas variações morfológicas das duas famílias, excluindo a família Meliaceae. Entretanto, o grau de incerteza é moderado devido aos poucos caracteres preservados no espécime fóssil.

A família Gesneriaceae possui 140 gêneros e 1.800 espécies tropicais e subtropicais, com alguns representantes temperados na Europa. São plantas herbáceas ou subarbustivas (Barroso, 1991b; Joly, 1998). A maioria vive nas matas, como plantas terrestres ou epífitas, geralmente em ambiente úmido (Barroso, 1991b).

O morfotipo 11C, possui o ângulo de emergência maior que 50° e menor que 90°, com secundárias de curso encurvado, sendo comparado a *Licania spicata* (Chrysobalanaceae) e a *Dicella macroptera* (Malpighiaceae) de acordo com os padrões gerais da forma foliar, espessura e curso das nervuras secundárias. Entretanto, os critérios morfológicos são escassos para permitir ao menos o reconhecimento da família, não sendo possível utilizar o critério da exclusão.

O morfotipo 11D é bem semelhante ao anterior nas suas características gerais, mas as secundárias são fortemente encurvadas tendo sido identificadas a *Centropogon cornutus* (Campanulaceae). Ao contrário do morfotipo anterior, estes caracteres morfológicos foram suficientes para o reconhecimento. Mais adiante se pode observar a confirmação desta identificação.

A família Campanulaceae possui 70 gêneros e 2.000 espécies, temperadas, subtropicais e tropicais segundo Barroso (1991b) e subtropicais e temperadas segundo Joly (1998). São geralmente herbáceas mas também arbustivas. No Brasil ocorre *Triodanis*, *Wahlebergia*, ervas comuns nos campos, *Centropogon*, semitrepadeiras nas matas, *Pratia*, *Laurentia*, *Lobelia* nos campos e *Syphocampylus* presente em brejos (Barroso, 1991b; Joly, 1998). A espécie *Centropogon cornutus* foi registrada em Bonito na Chapada Diamantina, Cairu, Jacobina, Lençóis, Una, Ilhéus (BA) e na Mata de Dois Irmãos (PE) e ocorre em praia, mata ciliar, mata de grotão, cerrado, floresta estacional e floresta ombrófila densa.

O morfotipo 11E embora diferenciado dos demais, com ângulo de emergência das secundárias menor que 50° de curso inicial retilíneo e inclinação posterior, se constitui de um pequeno fragmento, não sendo possível sua identificação.

O morfotipo 12 é caracterizado pela presença de nervuras secundárias opostas e seus grupos foram definidos baseando-se nos mesmos critérios do morfotipo anterior. O morfotipo 12A corresponde a um espécime fragmentado impossível de identificação. Apresenta nervuras secundárias de curso retilíneo emergindo com ângulo menor que 50°.

O morfotipo 12B também apresenta nervuras secundárias de curso retilíneo, mas seus ângulos de emergência são maiores que 50°. A nervura primária possui calibre de médio a fraco. O único espécime encontra-se mal preservado, podendo ser característica de folha muito membranosa. Apesar dessas feições diagnósticas não foi identificada nenhuma espécie similar durante os trabalhos de herbários.

O morfotipo 12C apresenta nervura primária relativamente forte e suas secundárias são de curso retilíneo no terço basal e encurvadas no terço apical, com ângulos de emergência menores que 50°.

Com base nestas características foi comparado a *Hirtella ciliata* (Chrysobalanaceae), mas o grau de incerteza na identificação é considerado moderado devido aos critérios utilizados. *Hirtella ciliata* foi documentada em Jacobina, Lamarão do Passé e Feira de Santana como arbusto em campo rupestre.

O morfotipo 12D representa folhas de classe de tamanho Meso I, com nervuras de calibre relativamente fortes no terço basal. As nervuras secundárias emergem retilíneas aproximadamente a 45° e encurvam-se no terço final. Pelas características gerais o morfotipo foi inicialmente comparado a *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae), a *Pouteria scytalophora* (Sapotaceae) e a *Centropogon cornutus* (Campanulaceae) através da mesma foto que identificou o morfotipo 11D. Estudando-se as variações na forma e tamanho do limbo foliar, espessura e curso das nervuras secundárias nos gêneros acima apresentados, pode-se reconhecer o morfotipo como *Centropogon cornutus*.

Foi interessante constatar que de fato os morfotipos 11D e 12D pertencem a mesma espécie, sendo o primeiro fragmentos da porção apical da folha, que possui nervação sub-alterna a alterna e o segundo morfotipo fragmentos da porção basal da folha que possui nervação oposta a sub-oposta. A identificação de ambos foi inclusive realizada a partir do mesmo espécime, reforçando esta constatação e confirmando a identificação de ambos os morfotipos.

n) Presença de nervuras terciárias percorrentes.

Esta característica se mostrou relativamente comum, embora com padrões bem diferentes.

No total foram 73 famílias com esta característica de padrão terciário de nervação, no qual as nervuras terciárias vão de uma secundária a outra, normalmente com quaternárias pouco desenvolvidas.

Muitos espécimes de Campo Formoso apresentam esta característica e são agrupados nos morfotipos 13 e 14, tendo o morfotipo 13, de nervação percorrente forte, seis subgrupos e o morfotipo 14, com nervação percorrente fraca, sete.

O morfotipo 13A caracteriza-se principalmente pela presença de nervação percorrente entre as nervuras externas. No terço basal apresenta nervuras secundárias de forte calibre. Na porção intermediária do limbo as nervuras percorrentes mostram-se em padrão menor regular. Estas características e demais caracteres de forma do limbo foliar, espessura e curso das nervuras secundárias e das externas entre outros, permitiram a identificação como *Plukenetia tamnoides* (Euphorbiaceae), conforme indica a figura 30. Ela é registrada em Ibicoara, Cachoeira, Feira de Santana, Paramirim e Caetité na Caatinga e na Floresta Estacional. Grau de incerteza é de moderado a baixo apenas pela alta frequência de alguns caracteres.

Figura 23 - Ilustração da nervação terciária percorrente

O morfotipo 13B diferencia-se do morfotipo anterior por apresentar nervuras primária e secundárias de mesmo calibre e de espessura moderada. O caráter broquidódromo é bem evidenciado, tanto pelas nervuras externas quanto nas nervuras próximas ao ápice. O morfotipo foi comparado a *Cordia trichoclada* (Boraginaceae) e a *Aloysia virgata* (Verbenaceae). A disposição das nervuras terciárias percorrentes ao longo do limbo foliar demonstra que o morfotipo não corresponde a Boraginaceae, sendo mais similar a Verbenaceae, mas o padrão das nervuras secundárias não possui correspondência, não sendo possível a identificação do morfotipo.

O morfotipo 13C engloba espécimes muito fragmentados, aparentemente menores que os dois morfotipos precedentes. Suas nervuras externas são visíveis e suas secundárias possuem fraco calibre. O caráter fragmentado dificulta identificação, mas considerando-se a inclusão do espécime 14-1a a este morfotipo, o mesmo estaria identificado como morfotipo 2A (*Abutilon* sp. - Malvaceae).

O morfotipo 13D é caracterizado por apresentar nervação percorrente entre nervações percorrentes, isto é, tanto as nervuras terciárias quanto as quaternárias possuem padrão percorrente. Foi inicialmente comparado a *Aloysia virgata* (Verbenaceae) e *Luehea grandiflora* (Tiliaceae). O estudo mais detalhado da nervação quaternária permitiu o reconhecimento do morfotipo como *Luehea grandiflora*, embora a ampla ocorrência de alguns caracteres confere grau moderado de incerteza na identificação.

A família Tiliaceae possui 38 gêneros e 420 espécies, sendo 14 gêneros e 65 espécies ocorrentes no Brasil. São árvores, arbustos ou subarbustos (Barroso *et al.*, 2002). A espécie *Luehea grandiflora* corresponde a uma espécie atlântica, que se estende do nordeste até o estado de São Paulo (Rizzini,

1997). Condizente com o autor citado, a espécie é registrada na encosta da Serra do Tombador, BA mas também em Abaíra em floresta estacional decidual.

O morfotipo 13E é constituído de quatro espécimes fragmentados mas que tem por característica distintiva nervura secundária de curso sinuoso. Esta característica peculiar e o padrão de nervação percorrente permitiu o reconhecimento do morfotipo como *Cordia trichoclada* (Boraginaceae), espécie que também apresenta similaridades com o morfotipo 13B. Foi registrada em Salvador e em São Sebastião do Passé, como árvore pouco freqüente ou arbusto ocasional. Grau moderado de incerteza pelo aspecto fragmentado dos espécimes e caracteres comumente encontrados, conforme já comentados para os morfotipos precedentes.

O morfotipo 13F apresenta nervação percorrente relativamente distante permitindo o desenvolvimento de nervação quaternária entre elas, que ao contrário do morfotipo 13D, não é percorrente. Essas características permitiram a identificação com grau moderado de incerteza como *Rollinia bahiensis* (Annonaceae). Foi registrada em Ilhéus e Una em Mata Atlântica.

O morfotipo 14A apresenta espécimes fragmentados, dificultando as comparações. Possui nervação percorrente fraca em padrão regularmente distribuído, primeira interárea ampla e nervuras externas. Pelas comparações efetuadas com o material do herbário ALCB, foi similar a três espécies: *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), *Urena lobata* e *Sida cordifolia* (Malvaceae).

Estudos realizados no herbário SPF indicaram que o morfotipo em questão não seria comparável a Malvaceae pelo fato desta família não apresentar nervuras externas verdadeiramente perpendiculares à nervura primária. Esta característica pode, no entanto, ser observadas em vários espécimes de Sterculiaceae. Na falta de outras características diagnósticas, o morfotipo só pode ser reconhecido ao nível de família.

O morfotipo 14B apresenta primeira interárea bem ampla e nervuras externas quase perpendiculares à nervura primárias que aparentam formar arcos. Pertence a classe de tamanho Meso I. Foi comparado a *Aparisthium cordatum* (Euphorbiaceae), mas as observações de todo o material do herbário ALCB pareciam sugerir que o morfotipo 13B juntamente com o morfotipo 14B possam corresponder a variações de *Apeiba tibouboi* (Tiliaceae).

Estudos mais detalhados mostraram que *Aparisthium cordatum* representa a identificação do morfotipo com grau moderado de incerteza devido à preservação apenas das bases dos espécimes. Apenas o espécime 16-3a poderia corresponder a variações de *Apeiba tibouboi* juntamente com os espécimes do morfotipo 13B, mas que, conforme discutido anteriormente, não apresenta caracteres

suficientes que permitam a identificação. O espécime em questão, o 16-3a é mostrado na figura 31 juntamente com a foto do espécime de *Aparisthmium cordatum* que permitiu a identificação, podendo-se observar a semelhança entre ambos, indicando que o morfotipo realmente não corresponda a *Apeliba tibouboi*, apesar da possível semelhança.

O morfotipo 14C apresenta primeira interárea mais ampla que as demais porém estreita na medida que o ângulo de emergência do primeiro par de secundárias não é obtuso. As nervuras externas acompanham esta tendência, sendo fortemente encurvadas para cima, sem alargamento da base. Após o primeiro par, as nervuras secundárias tornam-se opostas. O morfotipo foi inicialmente comparado a *Helicteres sacarolha* (Sterculiaceae). No ALCB, entretanto, só havia espécimes provenientes de Goiás e Mato Grosso. Comparações efetuadas no herbário SPF demonstraram o morfotipo apresenta similaridades com outras espécies de *Helicteres*, como *H. aspera*, *H. guazumaefolia* e *H. velutina*. Desse modo, opta-se por reconhecer o morfotipo apenas como *Helicteres* sp. (Sterculiaceae) mas com grau baixo de incerteza.

O morfotipo 14D apresenta nervação percorrente fraca e muito próxima entre si. Foi inicialmente comparado a *Lippia alnifolia* (Verbenaceae) e a *Davilla rugosa* (Dilleniaceae). O único espécime fragmentado não apresenta características suficientes que permitam a identificação nem mesmo para exclusão de alguma dessas famílias.

O morfotipo 14E é reconhecido como *Zizyphus joazeiro* (Rhamnaceae), possuindo similaridade surpreendente. A nervação percorrente é fraca, mas de padrão sinuoso e entre elas são visíveis nervação quaternária. Interessantemente só há um espécime neste morfotipo, que pode ser observado na figura 30 (página 111).

A família Rhamnaceae possui 58 gêneros e 900 espécies de distribuição temperada, subtropical e tropical, sendo pouco representada no Brasil. São árvores de 3 a 20 metros de altura, arbustos, lianas ou subarbustos (Barroso, 1991a).

Zizyphus joazeiro é espécie arbórea, típica do sertão nordestino, embora seja de vegetação secundária de caatinga (Rizzini, 1997). O joazeiro possui folhagem perene, capaz de resistir à longa estiagem do “verão” (Barroso, 1991a). É registrado no Raso da Catarina, Ituaçu, Caetité, Mucugê, Serra do Mulato, Miguel Calmon, Cruz das Almas, Cachoeira, Roncador e Monte Santo.

O morfotipo 14F corresponde a apenas um espécime fragmentado, sem possibilidades de identificação. Foi descrito isoladamente por apresentar nervação terciária percorrente associada a outros padrões, sendo, portanto, distinto dos demais.

O morfotipo 14G apresenta-se com nervação terciária bastante similar ao do morfotipo 14A, mas seus espécimes não preservam a região basal, dificultando interpretações e mesmo a inclusão no referido morfotipo, já que não é possível visualizar a primeira interárea ampla ou nervuras externas. Foi inicialmente comparado a *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) mas sua identificação não é possível, sendo considerado o alto grau de incerteza na sua inclusão na família Sterculiaceae.

o) Outras características observadas

Presença de nervuras intersecundárias.

Há vários tipos de nervuras intersecundárias, muitas delas decorre do simples encontro de nervuras terciárias reticuladas em padrão ortogonal, originando um tipo de nervura intersecundária descrita neste trabalho como nervura intersecundária composta, para diferenciar das verdadeiras nervuras intersecundárias, que seriam nervuras com calibre das nervuras terciárias que parte diretamente da nervura primária. Em alguns casos, as nervuras secundárias são alternas entre si mas são opostas a intersecundárias. Em outros casos, pode haver tantas intersecundárias que se torna difícil reconhecer a presença das secundárias, que são identificadas apenas pelo seu maior trajeto no limbo foliar. Pode ocorrer também que as intersecundárias tenham calibre intermediário entre as nervuras secundárias e terciárias. A ocorrência encontra-se sintetizada na tabela 9B.

Figura 24 - Ilustração de nervuras secundárias alternas entre si e opostas a intersecundárias. A diferenciação é feita pelo calibre das nervuras.

A presença desse tipo de nervação facilita a diferenciação de espécimes com padrões de nervação similares.

Densidade de nervação

Embora a densidade da nervação aparentemente possa variar nos diferentes estágios do desenvolvimento de uma folha, a quantidade final de nervuras secundárias ou mesmo de nervuras terciárias é característica relativamente fixa em cada espécie vegetal. Utilizou-se esta característica.

O morfotipo 15 foi definido pela presença de nervação terciária densa e encontra-se subdividido em 5 grupos. Os morfotipos 15A e 15B só puderam ser identificados com base nos trabalhos realizados no herbário SPF.

O morfotipo 15A representa espécimes de forma foliar oval estreita, com nervura primária levemente sinuosa, nervuras secundárias opostas na região basal e alternas na região apical sendo sua distribuição acrótona. São visíveis nervuras terciárias e quaternárias em padrão denso. Não foram encontrados espécimes com tal padrão de nervação durante os trabalhos no herbário ALCB, nem mesmo para comparações iniciais. Sua identificação ocorreu devido aos estudos no herbário SPF com o intuito de confirmar a identificação do morfotipo 16. Pode-se constatar que o morfotipo corresponde a *Annona crassiflora* (Annonaceae), baseando-se neste padrão denso de nervação. Encontra-se ilustrado na figura 34. O herbário SPF possui registro desta espécie em Formiga, Lagoa Santa, Joaquim Felício e Grão Mogol, MG; na Chapada do Céu e Mineiros, GO; Chapada do Guimarães, MT; Aurora do Norte, TO; e em Correntina, BA, todas ocorrendo em vegetação de cerrado, seja *stricto sensu* seja em campos e também em carrascal.

O morfotipo 15B possui características semelhantes ao morfotipo 15A, mas a sua nervação quaternária é mais densa e há muitas terciárias emergindo diretamente da nervura primária. O processo de identificação foi bastante similar ao do morfotipo anterior. Foi identificado como *Annona glabra* (Annonaceae). O herbário SPF registra esta espécie em Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia em diferentes vegetações, mas sempre em locais úmidos.

O morfotipo 15C apresenta nervação densa com nervuras percorrentes associadas com nervação reticulada, tendo sido inicialmente comparado às espécies *Passiflora alata* (Passifloraceae), mas que apresenta padrão terciário diferenciado, *Sterculia speciosa* (Sterculiaceae), apresentando padrão terciário similar ao espécime de Campo Formoso, mas com secundárias com curso mais retilíneo e com

padrão basítono que o espécime fóssil não apresenta e a espécie *Sloanea guianensis* (Elaeocarpaceae), considerada como a identificação do morfotipo, conforme ilustração da figura 35.

A espécie *Sloanea guianensis* foi documentada em Palmeiras (1080 metros de altitude), Porto Seguro, Santa Cruz da Cabralia, Lençóis, Ibicoara, Mata de Dois Irmãos em Recife, Pernambuco, em São Paulo e no Pará em Mata Atlântica, mata ciliar, mata de encosta ou em vegetações não informadas.

Estudos realizados no herbário SPF confirmam a identificação do morfotipo. O padrão de nervação é muito similar nas demais espécies do gênero, mas cada espécie possui suas peculiaridades, principalmente em relação a espessura das nervuras mas também em relação ao padrão terciário. As únicas espécies mais similares ao morfotipo, *S. floribunda*, *S. latifolia*, *S. rufa* e *S. synandra*, correspondem as espécimes amazônicos, espécies bem menos provável de representar a identificação, mas que por outro lado reforçam a identificação genérica.

O morfotipo 15D é constituído de um único espécime parcialmente fragmentado apresentando secundárias sub-alternas de padrão eucampdódromo e possuindo externas. Nervuras terciárias saindo diretamente da nervura primária. Foi inicialmente comparado a *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) e a *Passiflora alata*, com o padrão terciário aparenta ser ligeiramente diferente.

Estudos complementares no herbário SPF parecem sugerir que o morfotipo realmente não corresponda a uma Sterculiaceae, mas sim a espécie *Herissantia tiubae* (Malvaceae).

O morfotipo 15E apresenta nervuras intersecundárias propriamente ditas, perpendiculares à nervura primária, presentes em número de três a quatro por cada interárea. Foi inicialmente comparado a espécie *Solenostemon monostachyus* (Lamiaceae), mas com poucas similaridades. Os trabalhos no SPF confirmaram esta pequena similaridade. Estudos baseados em diferentes listas de características permitiram a identificação desse morfotipo como *Gallesia scorododendron* (Phytolacaceae). Por se tratar de outro conjunto de dados, optou-se por estudos comparativos no herbário SPF. Embora este herbário não possua a espécie em questão, as variações morfológicas presentes nas espécies deste gênero são compatíveis com o morfotipo, permitindo a confirmação da identificação.

A família Phytolacaceae possui 17 gêneros pantropicais, com distribuição principalmente nas Américas. São predominantemente herbáceas ou arbustivas, sendo raramente arbóreas. O gênero *Gallesia* corresponde a árvore de grande porte, considerada padrão de terras férteis, também conhecida como pau-d'alho (Joly, 1998). A espécie *Gallesia scorododendron* foi registrada em Belmonte, Ilhéus e Jussari.

Ângulo de emergência das nervuras secundárias

Conforme já comentado na definição de alguns morfotipos, o ângulo de emergência das secundárias pode ser característica útil na diferenciação de grupos. Esse ângulo normalmente varia entre 50° e 70°, mas pode ser muito variável. Pode ocorrer também do ângulo de emergência ser muito pequeno mas o curso da secundária ser em ângulo mais aberto em relação a nervura primária, é o caso do morfotipo 16. Além destas características o morfotipo apresenta forma oboval estreita, nervura primária forte, nervuras secundárias opostas na base tornando-se alternas em direção ao ápice, padrão broquidódromo e presença de intersecundárias no terço basal.

O morfotipo 16, no entanto, pode ser considerado como uma variação morfológica de *Annona coriacea* (Annonaceae) e identificado através dos trabalhos no herbário SPF. A espécie *Annona coriacea* foi documentada em Andaraí, Mucugê, Rio das Contas (1340 metros de altitude), Palmeiras, Lençóis, Salvador, Jacobina e São Desidério presentes em campo rupestre, campos gerais e cerrado.

A identificação de *Annona coriacea* não era possível apenas com os registros do herbário ALCB. Ao analisar o gênero no herbário SPF, constatou-se que não somente o morfotipo 16 correspondia de fato a espécie em questão, como se pode identificar duas outras espécies do mesmo gênero documentadas pelos morfotipos 15A e 15B, conforme comentado anteriormente.

O morfotipo 17, que exhibe nervuras secundárias emergindo em ângulo quase reto, inicialmente foi subdividido em 3, mostrou-se comportar quatro espécies.

O morfotipo 17A exhibe folhas elípticas com nervura primária larga e rasa, com maior espessamento na base e nervação secundária abundante. Foi inicialmente comparado a três espécies: *Brosimum guianensis* e *B. rubescens* (Moraceae) e a *Conchocarpus diadematus* (Rutaceae). Estudando-se o padrão de nervação terciária e o curso das nervuras secundárias, pode-se estabelecer, com grau de moderado a baixo de incerteza, que o morfotipo corresponda a *Conchocarpus diadematus*.

A família Rutaceae possui 150 gêneros e aproximadamente 1.600 espécies tropicais e subtropicais e também em regiões temperadas do Hemisfério Sul. No Brasil são 29 gêneros e 182 espécies. São árvores, arbustos, subarbustos ou ervas (Barroso, 1991a). A espécie *Conchocarpus diadematus* foi registrada em Cruz das Almas, Jussari e Ibicaí em floresta estacional e mata mesófila.

Um dos espécimes originalmente no morfotipo 17A, o 10-1a, apresenta nervura primária de menor calibre e menor densidade de nervuras secundárias e foi identificado isoladamente como *Rauvolfia brasiliensis* (Apocynaceae). Grau moderado de incerteza por si tratar de um único espécime fragmentado.

A família Apocynaceae apresenta mais de 2.000 espécies, em 200 gêneros segundo Joly (1998) e em 300 gêneros segundo Barroso (1991b), sendo plantas tropicais e subtropicais, ocasionalmente temperadas, árvores, arbustos, ervas ou trepadeiras. No Brasil ocorrem 41 gêneros e 376 espécies (Barroso, 1991b). Vive tanto nos campos quanto nas matas (Joly, 1998). Folhas geralmente simples sendo que *Stipecoma* e *Peltates* apresentam folhas peltadas (Barroso, 1991b). A espécie *Rauvolfia brasiliensis* foi registrada em Ilhéus e Una, em mata ombrófila densa.

O morfotipo 17B possui forma aproximadamente obovada, com nervura primária fraca, sendo identificado como *Ilex psammorpha* (Aquifoliaceae) de acordo com a espessura, ângulo de emergência e curso das nervuras secundárias. Grau moderado de incerteza por se tratar de um único espécime fragmentado.

A família Aquifoliaceae possui três gêneros de larga distribuição nas zonas temperadas segundo Joly (1998) e três gêneros e aproximadamente 450 espécies subtropicais e tropicais segundo Barroso (1991a). São árvores ou arbustos com folhas perenes e simples. No Brasil ocorrem muitas espécies de *Ilex*, com folhas pequenas ou bem desenvolvidas, lisas ou com dentes.

O morfotipo 17C também corresponde a um espécime fragmentado, mas possui características únicas: sua nervura primária é extremamente forte, mesmo para a região próxima ao pecíolo e suas secundárias emergem em ângulo reto. É comparado a três gêneros: *Protium bahianum* (Burseraceae), *Geissomeria nitida* (Acanthaceae) e *Helicotylis tomentosa* (Moraceae). Não há como reconhecer este morfotipo devido a falta de outras características.

O morfotipo 18 apresenta ângulo de emergência das secundárias bem pequeno e as secundárias curvam quase paralelas a nervura primária. A primeira interárea é ligeiramente mais ampla e ocorrem nervuras externas em padrão diferenciado por não expandirem a lâmina foliar com geralmente ocorre. As comparações vieram ressaltar a importância dessas últimas características porque elas foram comparadas, assim como os espécimes do morfotipo 10 a família Sterculiaceae e Malvaceae. O representante da família Sterculiaceae é *Helicteres guazumaefolia*, e o espécime utilizado para a identificação deste grupo foi a Malvaceae *Sida cordifolia*.

Comparações efetuadas no herbário SPF confirmaram que o morfotipo 18 corresponda a variações morfológicas presentes na espécie *Sida cordifolia*. Entretanto, outras espécies de *Sida*, como *S. caudata*, também apresentam tais variações, de modo que se considera mais seguro que o morfotipo seja apenas considerado *Sida* sp..

O morfotipo 19 apresenta feições particulares ao possuir nervuras secundárias em ângulo quase reto na porção basal da folha, juntamente com nervuras secundárias emergindo com 70 a 80°. Esta característica é observada em nervuras lobadas, conforme demonstra *Sterculia striata* (Sterculiaceae).

Estudos complementares efetuados no herbário SPF indicaram que nem sempre a espécie *Sterculia striata* apresenta nervação secundária oposta, embora possa corresponder ao morfotipo em questão. O problema reconhecido, no entanto, refere-se ao caráter fragmentado do fóssil, dificultando o levantamento de todas as características diagnósticas. Foi observado que as nervuras perpendiculares a nervura primária poderia corresponder a nervuras percorrentes simples, podendo ser comparadas a várias outras espécies. O morfotipo foi considerado sem identificação possível.

O morfotipo 20 não apresenta nenhuma característica que o enquadre nos morfotipos anteriores e não foi reconhecido pelas fotos disponíveis do herbário ALCB. O único espécime desse morfotipo apresenta nervura forte na base, que perde identidade em direção apical, as secundárias próximas a base se bifurcam mas não há indicações de nervação broquidódroma, o ângulo de emergência não se altera muito, mas as secundárias possuem cursos mais inclinados em direção ao ápice e a base para ser cordada e/ou assimétrica. Não foi possível a identificação deste morfotipo.

Considerando-se todas as onze características que permitiram identificação das espécies, houve identificação apenas entre as famílias de maior ocorrência da característica em questão. Os melhores desempenhos ocorreram entre os representantes com dentes e com presença de percorrentes, seguido de presença de externas, principalmente pela similaridade de nervação das famílias Malvaceae, Sterculiaceae, Bombacaceae e Tiliaceae. Presença de nervação broquidódroma permitiu a identificação de um morfotipo entre as famílias que mais apresentavam a características e dois morfotipos entre as famílias nas quais a característica era menos freqüente (tabela 9A e 9B). Entretanto, esta organização por características pode vir a ser muito útil na elaboração de chaves dicotômicas que facilitem a identificação de espécies baseando-se apenas em suas características foliares.

Todas as espécies utilizadas para o reconhecimento dos morfotipos encontram-se reunidas em três tabelas: a das espécies que permitiram identificação, a das espécies em estudo e dos espécimes que permitiram a identificação, diferenciando-se da primeira por apresentar somente as características do espécime utilizado e não todas as informações disponíveis sobre aquele táxon. A terceira tabela será utilizado para comparação com os estudos fisionômicos.

Espécie (família) Grau de incerteza	Localidades	Tipos de vegetação	Morfotipo
<i>Abutilon</i> sp. (Malvaceae) Moderado a baixo			2A / 13C
<i>Alchoernea triplinervia</i> (Euphorbiaceae) Moderado	Muito abundante nas matas do sul do Brasil (Schultz, 1990). No herbário ALCB: Jacobina, Lençóis, Morro do Chapéu, Piatã, Pindobaçu, Várzea do Poço, Ibirapitanga, Barra do Mendes, Rio das Contas e Jussari	Espécie atlântica de restinga (Rizzini, 1997). Mata ciliar, cerrado e cerradão. Mais comum na floresta pluvial atlântica (Lorenzi, 1992).	10D
<i>Annona coriacea</i> (Annonaceae) Muito baixo	Andaraí, Mucugê, Salvador, São Desidério, Jacobina, Rio das Contas, Palmeiras e Lençóis	Campo rupestre, campos gerais e cerrado	16
<i>Annona crasifolia</i> (Annonaceae) Muito baixo	Correntina, BA; Chapada dos Guimarães, Joaquim Felício, Lagoa Santa e Formiga, MG; Aurora do Norte, TO	Cerrado, campo cerrado e campo sujo	15A
<i>Annona glabra</i> (Annonaceae) Muito baixo	Salvador, BA; Santa Luzia do Italu, SE; Maragogi, AL e Ipojoca, PE	Cerrado, borda de mata e em alagados	15B
<i>Aparisthium cordatum</i> (Euphorbiaceae) Moderado	Lençóis, Ilhéus, Ituberá, Una, Wenceslau Guimarães, Santa Cruz da Cabralia, Eunápolis, Caravelas, Palmeiras, Jacobina	Floresta ombrófila densa, Mata Atlântica e floresta estacional semidecidual	14B
<i>Banisteriopsis membranifolia</i> (Malpighiaceae) - Baixo	Una	Mata Atlântica	7E
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Malpighiaceae) Moderado a baixo	Tucano, Jacobina, Morporá e Ribeira do Pombal	Caatinga e campo rupestre	4A
<i>Begonia</i> sp. (Begoniaceae) Muito baixo	Andaraí, Mucugê, Serra da Chapadinha em Lençóis e na Serra do Tombador em Jacobina	Campo rupestre	6A / 6C
<i>Begonia reniformis</i> ou <i>B. fischerii</i> (Begoniaceae) Baixo	Cachocira, Santa Cruz da Cabralia, Serra do Tombador, Ipirá, São Felipe, Jacobina e Itabuna	Floresta ombrófila densa, caatinga arbórea densa e floresta estacional	6B
<i>Cecropia saxatilis</i> (Cecropiaceae) Baixo	Paraguaçu, Itaête, São Sebastião do Passe, Lamarão do Passe, Cairú e Salvador	Floresta ombrófila densa, floresta estacional e restinga	1
<i>Centropogon cornutus</i> (Campanulaceae) Muito baixo	Cairu, Bonito, Jacobina, Lençóis, Una, Ilhéus e Mata de Dois Irmãos, PE	Praia, mata ciliar, mata de grotão, cerrado, mata estacional e mata ombrófila densa	11D/12D
<i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Euphorbiaceae) Moderado a baixo	Chapada Diamantina em Lençóis, Seabra, Morro do Chapéu, Ituberá, Entre Rios e Santa Cruz Cabralia	Restinga, mata ciliar, mata estacional e caatinga	4C
<i>Conchocarpus diadematus</i> (Rutaceae) Moderado a baixo	Ibicaraí, Cruz das Almas, Jussari	Mata higrófila perturbada e Mata mesófila	17A

Tabela 6 - Relação das espécies identificadas aos morfotipos descritos em Campo Formoso, BA

<i>Connarus suberosus</i> (Connaraceae) Baixo a moderado	São Desidério, Amazônia	Cerrado.	4B
<i>Cordia trichoclada</i> (Boraginaceae) Moderado	Salvador e São Sebastião do Passé	Vegetação não informada	13E
<i>Davilla flexuosa</i> (Dilleniaceae) Apenas comparação	Camaçari, Belmonte, Santa Cruz da Cabrália e Itapoã, Salvador	Dunas e restinga arbórea	7C
<i>Drymonia coccinea</i> (Gesneriaceae) Baixo	Igrapiúna	Mata ciliar	11B
<i>Eriope hypenioides</i> (Lamiaceae) Moderado	Mucugê e Barra do Estiva	Subarbusto de 2m em mata ciliar, campos gerais e campo rupestre	8D
<i>Eriope hypoleuca</i> (Lamiaceae) Baixo a moderado	Grão - Mogol e Itacambira, MG		9C
<i>Gallesia scorododendron</i> (Phytolacaceae) Baixo	Belmonte, Jussari e Ilhéus	Mata de cabruca	15E
<i>Helicteres</i> sp. (Sterculiaceae) Muito baixo			14C
<i>Herissantia tiubae</i> (Malvaceae) Baixo a moderado	Pesqueira, PE	Caatinga degradada	15D
<i>Hirtella ciliata</i> (Chrysobalanaceae) Moderado	Lamarão do Passe, Jacobina e Feira de Santana	Campo rupestre	12C
<i>Hyptis lutescens</i> (Lamiaceae) Baixo	Correntina, BA; Sonora, MT e São Paulo, SP	Cerrado com floresta galeria	9B
<i>Hyptis multiflora</i> (Lamiaceae) - Baixo	Barreiras	Cerrado	9E (4-9a)
<i>Ilex psammophila</i> (Aquifoliaceae) Moderado	Porto Seguro	Mata Atlântica	17B
<i>Jacaranda irwinii</i> (Bignoniaceae) Moderado a alto	Palmeiras, Rio do Pires, Andaraí, Mucugê, Piatã, Morro do Chapéu, Miguel Calmon, Lençóis, Serra da Chapadinha, Rios das Contas, Jacobina	Mata ciliar, mata de grotão, mata de altitude e principalmente campo rupestre	9D
<i>Licania litoralis</i> (Chrysobalanaceae) Moderado	Itacaré, Una e Entre Rios	Mata Atlântica	11A (23-7c)
<i>Luehea grandiflora</i> (Tiliaceae) Moderado	Encosta da Serra do Tombador e Abaira	Espécie atlântica (Rizzini, 1997). Floresta estacional decidua	13D

Tabela 6 (cont) - Relação das espécies identificadas aos morfotipos descritos em Campo Formoso, BA

<i>Lundia cordata</i> (Bignoniaceae) Baixo	Caetité, Lençóis e São Desidério	Caatinga, cerrado, floresta semidecidual e formações rupestres	10 (22-3p)
<i>Maytenus cantingarum</i> (Celastraceae) Baixo	Chapada Diamantina nos municípios de Lençóis, Mucugê e Entre Rios	Mata ciliar e campo rupestre	4 (20-1j)
<i>Pavonia cancellata</i> (Malvaceae) Apenas comparação	Abacté, Palmeiras, Amélia Rodrigues, Campo Alegre de Lourdes, Itaberaba, Andaraí e Jacobina	Campo rupestre, caatinga arbórea, contato caatinga e mata estacional e em mata ciliar de grotão	10A
<i>Piper tectoniifolia</i> (Piperaceae) Moderado	Lençóis, Serra da Chapadinha	Mata de grotão	3A (4-5a)
<i>Plukenetia tamnoides</i> (Euphorbiaceae) Moderado a baixo	Ibicoara, Cachocira, Feira de Santana, Paramirim e Caetité	Caatinga e floresta estacional	13A
<i>Prunus sellowii</i> (Rosaceae) Moderado	Santa Cruz da Cabrália e Rio das Contas	Cerrado arbustivo- arbóreo	7A
<i>Rauvolfia brasiliensis</i> (Apocynaceae) Moderado	Ilhéus, Una	Mata ombrófila densa	17A (10-1a)
<i>Rollinia bahiensis</i> (Annonaceae) Moderado	Ilhéus e Una	Vegetação não informada	13F
<i>Rollinia sylvatica</i> (Annonaceae) Moderado	Morro do Chapéu	Árvore de 2m em mata ciliar de campo rupestre	11A (4-3a)
<i>Sebastiania brasiliensis</i> (Euphorbiaceae) Baixo a moderado	Rio das Contas, Caetité, Lençóis	Campo rupestre, transição caatinga - cerrado	7D
<i>Sida</i> sp. (Malvaceae) Muito baixo			18
<i>Sloanea guianensis</i> (Elacocarpaceae) Baixo	Lençóis, Palmeiras, Ibicoara, Porto Seguro, Santa Cruz da Cabrália, Mata de Dois Irmãos, PE; PA, SP	Mata ciliar e mata de encosta	15C
<i>Sloanea</i> sp. (Elacocarpaceae) Muito baixo			8A
Sterculiaceae Muito baixo			14A
<i>Tetrastylidium brasiliensis</i> (Olacaceae) Baixo a moderado	Jussari, Serra do Teimoso	Floresta semidecidual	3A (23-9)
<i>Vismia latifolia</i> (Guttiferae = Clusiaceae) Moderado	Cairu, Eunápolis, Una, São Sebastião do Passe, Wenceslau Guimarães, Ilhéus.	Mata Atlântica, mata ombrófila densa e mata ciliar	7B
<i>Zizyphus joazeiro</i> (Rhamnaceae) Baixo	Raso da Catarina, Ituaçu, Caetité, Mucugê, Serra do Mulato, Miguel Calmon, Cruz das Almas, Cachocira, Roncador e Monte Santo	Caatinga	14E

Tabela 6 (cont) - Relação das espécies identificadas aos morfotipos descritos em Campo Formoso, BA

Espécie	Localidades	Tipos de vegetação	Morfotipo
<i>Actinostemum</i> sp. (Euphorbiaceae)	Campo Formoso, Macajuba, Morro do Chapéu, Itaberaba, Cachoeira, Wenceslau Guimarães e Una	Floresta ombrófila densa, mata ciliar em campo rupestre, floresta estacional e carrasco	4B
<i>Aloysia virgata</i> (Verbenaceae)	Cachoeira e Simões Filho	Floresta ombrófila densa	13B / 13D
<i>Apeiba tibourbou</i> (Tiliaceae)	Entre Rios, Porto Seguro, Miguel Calmon	Caatinga	13B / 14B
<i>Begonia grisea</i> (Begoniaceae)	Lençóis, Serra da Chapadinha, Andaraí, Jacobina, Serra do Tombador e Mucugê	Campo rupestre	6A
<i>Brosimum guianensis</i> (Moraceae)	Santo Amaro, Caravelas, Entre Rios, Belmonte, Barreiras, São Desidério e Mata de Dois Irmãos, PE	Mata de encosta, restinga e cerrado	17A
<i>Brosimum rubescens</i> (Moraceae)	Porto Seguro e Entre Rios	Mata Atlântica	17A
<i>Byrsonima sericea</i> (Malpighiaceae)	Palmeiras, Santa Cruz da Cabralia, Una, Mundo Novo, Riodas Contas, Salvador, Entre Rios, Andaraí, Lauro de Freitas, Mata de São João, e Mata de Dois Irmãos, PE	Campo rupestre, mata de grotão, Mata Atlântica, restinga e região de dunas	12D
<i>Cabralea</i> sp. (Meliaceae)	Santa Cruz da Cabralia	Vegetação não informada	11B
<i>Cissampelos andromorpha</i> (Menispermaceae)	São Francisco do Conde	Floresta ombrófila densa	6A
<i>Cordia trichoclada</i> (Boraginaceae)	Salvador e São Sebastião do Passé	Vegetação não informada	13A
<i>Davilla rugosa</i> (Dilleniaceae)	Camaçari, Belmonte, Santa Cruz da Cabralia e Itapoã, Salvador	Dunas e restinga arbórea	14D
<i>Dioscophora guianensis</i> (Icacinaceae)	Porto Seguro e Santa Cruz da Cabralia	Vegetações não informadas	8A
<i>Dicella macrotera</i> (Malpighiaceae)	Boa Vista do Tupim (Paraguaçu)	Floresta estacional semidecidual	11C
<i>Emmotum affine</i> (Icacinaceae)	Santa Cruz da Cabralia, Mata de São João, Entre Rios, Salvador, Camaçari, Conde e Cairu	Restinga arbórea e dunas	9D (4-9a)
<i>Fevilea</i> cf. <i>passiflora</i> (Cucurbitaceae)	Barra do Rocha	Mata ombrófila densa	10A
<i>Geissomeria nitida</i> (Acanthaceae)	Ilhéus e Caravelas	Mata de restinga e mata úmida	17C
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Sterculiaceae)	Desde a Argentina, incluindo MT e MS. Bahia: Rio das Contas, Cachoeira, Camaçari, Jacobina, São Desidério e Miguel Calmon	Mata ombrófila densa, mata de encosta, floresta estacional, cerrado e campo rupestre.	10B 14A 14G 15D
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Moraceae)	Ilhéus, Porto Seguro, Belmonte, Una, Wenceslau Guimarães e Mata de Dois Irmãos, PE	Floresta ombrófila densa	17C

Tabela 7 - Relação das espécies comparadas aos morfotipos mas que foram rejeitadas

<i>Helicteres guazumaefolia</i> (Sterculiaceae)	Chapada Diamantina, BA e Três Lagoas, MS	Cerrado	18
<i>Helicteres sacarolha</i> (Sterculiaceae)	Goiás e Mato Grosso	Cerrado	14C
<i>Licania spicata</i> (Chrysobalanaceae)	Ilhéus	Mata perturbada	12C / 11C
<i>Lippia alnifolia</i> (Verbenaceae)	Serra da Chapadinha, Palmeiras, Pico das Almas e Rio das Contas	Campo rupestre	14D
<i>Melochia betonifolia</i> (Sterculiaceae)	Cachocira, Ipacactá, Serra do Orobozinho	Mata ombrófila densa e capoeira	10A
<i>Passiflora alata</i> (Passifloraceae)	Conde, Una, São Sebastião do Passe, Porto Seguro, Prado, Camaçari e Santa Cruz da Cabrália	Floresta ombrófila densa, floresta estacional e restinga	15C 15D
<i>Pavonia huetzelbergii</i> (Malvaceae)	Morro do Chapéu, Serra da Chapadinha	Campo rupestre	10A
<i>Pouteria scytalophora</i> (Sapotaceae)	Entre Rios	Vegetação não informada	12D
<i>Protium bahiensis</i> (Burseraceae)	Santa Cruz da Cabrália, Cairu e Mata de São João	Restinga arbórea	17C
<i>Sida cordifolia</i> (Malvaceae)	São Sebastião do Passe, Jequié, Poções, Jacobina, Ruy Barbosa, Feira de Santana, Cruz das Almas, Cachoeira, Contendas do Sincorá e Campo Formoso.	Restinga, floresta estacional e caatinga	18 14A
<i>Sida micrantha</i> (Malvaceae)	Feira de Santana, Oliveira dos Brejinhos, Xique-Xique, Mundo Novo e Itaberaba	Contato caatinga e floresta estacional, campo sujo e caatinga	10A 10B
<i>Simaba cedron</i> (Simaroubaceae)	Santa Cruz da Cabrália e Alagoinhas.	Floresta ombrófila densa, floresta estacional	4C
<i>Solenostemon monostachyus</i> (Lamiaceae)	Nilo Peçanha	Margem de estrada	15E
<i>Sterculia speciosa</i> (Sterculiaceae)	Entre Rios e Porto Seguro	Vegetações não informadas	15C
<i>Sterculia striata</i> (Sterculiaceae)	Porto Seguro, Bom Jesus da Lapa, Santa Maria da Vitória e São Francisco	Mata atlântica e caatinga	19
<i>Terminalia actinophylla</i> (Combretaceae)	Ilhéus	Restinga	9A
<i>Ternstroemia alnifolia</i> (Theaceae)	Chapada Diamantina, em Prado, Andaraí, Salvador e Abaíra	Duna, restinga arbórea e campo rupestre	4B
<i>Urena lobata</i> (Malvaceae)	Picadão, Conde, Barrolândia, Valença, Simões Filho e nas dunas do Abacté, Salvador.	Floresta ombrófila densa	14A

Tabela 7 (cont.) - Relação das espécies comparadas aos morfotipos mas que foram rejeitadas

Espécie	Localidade	Vegetação	Morfotipo
<i>Alchoernea triplinervia</i> (Euphorbiaceae)	Serra do Brite, Jacobina.	Árvore na transição cerrado para mata ombrófila densa	10D
<i>Annona coriacea</i> (Annonaceae)	Rio das Contas	Campo rupestre	16
<i>Annona crasifolia</i> (Annonaceae)	Chapada dos Guimarães, MT	Campo cerrado	15A
<i>Annona glabra</i> (Annonaceae)	Embassaí, Salvador	Praia	15B
<i>Aparisthium cordatum</i> (Euphorbiaceae)	Lençóis		14B
<i>Banisteriopsis membranifolia</i> (Malpighiaceae)	Una	Liana em Mata Atlântica	7E
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Malpighiaceae)	Tucano	Trepadeira volúvel em caatinga	4A
<i>Begonia fischeri</i> (Begoniaceae)	Rio das Contas	Erva ereta e succulenta em brejo	6B
<i>Begonia reniformis</i> (Begoniaceae)	Ipirá	Arbusto em mata estacional	6B
<i>Cecropia saxatilis</i> (Cecropiaceae)	Salvador	Área antrópica	1
<i>Centropogon cornutus</i> (Campanulaceae)	Bonito, Chapada Diamantina	Arbusto em floresta estacional	11D / 12D
<i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Euphorbiaceae)	Serra da Chapadinha, Lençóis	Árvore em mata ciliar	4C
<i>Conchocarpus diadematus</i> (Rutaceae)	Jussari	Floresta mesófila	17A
<i>Connarus suberosus</i> (Connaraceae)	São Desidério	Subarbusto em cerrado	4B
<i>Cordia trichoclada</i> (Boraginaceae)	Salvador	Árvore de 3m em vegetação secundária	13E
<i>Davilla flexuosa</i> (Dilleniaceae)	Itapoã, Salvador	Dunas	7C
<i>Drymonia coccinea</i> (Gesneriaceae)	Igrapiúna	Subarbusto em mata ciliar de floresta ombrófila densa	11B
<i>Eriope hypenioides</i> (Lamiaceae)	Mucugê	Subarbusto de 2m próximo a rio	8B
<i>Eriope hypoleuca</i> (Lamiaceae)	Grão - Mogol, MG		9C
<i>Gallesia scorododendron</i> (Phytolacaceae)	Belmonte	Árvore em mata de cambruca	15E
<i>Herissantia tubae</i> (Malvaceae)	Pesqueira, PE	Caatinga degradada	15D
<i>Hirtella ciliata</i> (Chrysobalanaceae)	Lamarão do Passe	Árvore em campo rupestre	12C

Tabela 8 - Síntese das localidades e vegetações nas quais as espécies utilizadas na comparação com os morfotipos estavam presentes.

<i>Hyptis lutescens</i> (Lamiaceae)	Correntina	Arbusto em cerrado com floresta galeria	9B
<i>Hyptis multiflora</i> (Lamiaceae)	Barreiras	Cerrado	9E (4-9a)
<i>Ilex psammophila</i> (Aquifoliaceae)	Porto Seguro	Mata Atlântica	17B
<i>Jacaranda irwinii</i> (Bignoniaceae)	Rio do Pires	Árvore de 2,5m em mata de altitude	9D
<i>Licania litoralis</i> (Chrysobalanaceae)	Una	Árvore em Mata Atlântica	11A (23-7c)
<i>Luehea grandiflora</i> (Tiliaceae)	Abaíra	Árvore de 2,5m em floresta decidual	13D
<i>Lundia cordata</i> (Bignoniaceae)	Boqueirão, Lençóis	Arbusto escandente em floresta estacional semidecidual	10 (22-3p)
<i>Maytenus cantingarum</i> (Celastraceae)	Entre Rios	Árvore da Mata Atlântica	4 (20-1j)
<i>Pavonia cancellata</i> (Malvaceae)	Pai Inácio, Palmeiras	Erva em campos rupestres	10A
<i>Piper tectoniifolia</i> (Piperaceae)	Serra da Chapadinha, Lençóis	Árvore de 10m em mata de grotão	3A (4-5a)
<i>Plukenetia tamnoides</i> (Euphorbiaceae)	Caetité	Trepadeira herbácea em caatinga	13A
<i>Prunus sellowii</i> (Rosaceae)	Rio das Contas	Árvore de 4m em cerrado	7A
<i>Rauvolfia brasiliensis</i> (Apocynaceae)	Ilhéus	Arbusto de 3m em mata ombrófila densa	17A (10-1a)
<i>Rollinia bahiensis</i> (Annonaceae)	Ilhéus	Árvore de 10m em vegetação secundária	13F
<i>Rollinia sylvatica</i> (Annonaceae)	Morro do Chapéu	Árvore de 2m em mata ciliar de campo rupestre	11A (4-3a)
<i>Sebastiania brasiliensis</i> (Euphorbiaceae)	Argentina	Bosque inundável	7D
<i>Sloanea guianensis</i> (Elaeocarpaceae)	Morro do Pai Inácio (1080m), Palmeiras	Árvore de 7m em mata de encosta	15C
<i>Tetrastylidium brasiliensis</i> (Olacaceae)	Serra do Teimoso, Jussari	Árvore de 6m em floresta semidecidual	3A (23-9)
<i>Vismia latifolia</i> (Guttiferac = Clusiaceae)	Wenceslau Guimarães	Árvore em mata ombrófila densa	7B
<i>Zizyphus joazeiro</i> (Rhamnaceae)	Morro em Ituaçu	Árvore na beira da estrada	14E

Tabela 8 (cont.) - Síntese das localidades e vegetações nas quais as espécies utilizadas na comparação com os morfotipos estavam presentes.

Família	Dentes	Assimetria	Coriácea	Micro I ou II	Actinódroma	Broquidódroma	Eucampdódroma	Forte
Acanthaceae				15 spp em 8-10 gêneros		até 14 spp em 6-7 gêneros		7 spp em 7 gêneros
Anacardiaceae				14 spp em 8-10 gêneros		até 19 spp em 8-12 gêneros		
Annonaceae						até 19 spp em 8-12 gêneros		
Apocynaceae		5 spp em 5 gêneros		24 spp em 11-13 gêneros		34 spp em 19 gêneros	17 spp em 9 gêneros	27 spp em 20 gêneros
Aquifoliaceae				8 spp em 1 gênero		10 spp em 1 gênero		
Asclepiadaceae				24 spp em 11-13 gêneros		até 19 spp em 8-12 gêneros		
Begoniaceae					identificação			
Bignoniaceae				23 spp em 11-13 gêneros		até 19 spp em 8-12 gêneros	15 spp em 12 gêneros	13 spp em 6 gêneros
Bombacaceae				11 spp em 5 gêneros		até 14 spp em 6-7 gêneros		até 7 spp em 5 gêneros
Boraginaceae						10 spp em 2 gêneros	17 spp em 4 gêneros, 12 em <i>Cordia</i>	12 spp em 3 gêneros
Celastraceae			identificação					
Connaraceae			identificação					
Convolvulaceae				34 spp em 8-10 gêneros		15 spp em 5 gêneros	25 spp em 11 gêneros	
Chrysobalanaceae						até 14 spp em 6-7 gêneros		
Cucurbitaceae					6 spp em 5 gêneros			
Elaeocarpaceae							identificação	
Erythroxylaceae						16 spp em 1 gênero		

Tabela 9A - Número de gêneros e espécies com algumas das características analisadas.

Família	Dentes	Assimetria	Coriácea	Micro I ou II	Actinódroma	Broquidódroma	Eucampdódroma	Forte
Euphorbiaceae	22 spp em 17 gêneros	12 spp em 11 gêneros	identificação	43 spp em 24 gêneros	8 spp em 4 gêneros	41 spp em 26 gêneros identificação	23 spp em 19 gêneros	21 spp em 17 gêneros
Gesneriaceae								até 7 spp em 5 gêneros
Guttiferae						identificação		10 spp em 8 gêneros
Lamiaceae	42 spp em 9 gêneros			52 spp em 15 gêneros, 25 em <i>Hyptis</i> .		23 spp em 7 gêneros	29 spp em 8 gêneros, 16 em <i>Hyptis</i> identificação	identificação
Lauraceae						até 14 spp em 6-7 gêneros		
Lythraceae				17 spp em 8-10 gêneros			11 spp em 6 gêneros	
Malpighiaceae		identificação	identificação	57 spp em 15 gêneros		82 spp em 14 gêneros, mas 52 em apenas 3 gêneros		
Malvaceae	54 spp em 13 gêneros identificação			59 spp em 15 gêneros	muitas	até 14 spp em 6-7 gêneros	34 spp em 12 gêneros, com 15 spp de <i>Sida</i>	
Moraceae						até 19 spp em 8-12 gêneros		até 7 spp em 5 gêneros
Oleaceae		identificação						
Passifloraceae				10 spp em 1 gênero	muitas	12 spp em 2 gêneros		
Piperaceae		identificação						
Rosaceae						identificação		
Rutaceae				21 spp em 11-13 gêneros		29 spp em 16 gêneros		

Tabela 9A (cont.) - Número de gêneros e espécies com algumas das características analisadas.

Família	Dentes	Assimetria	Coriácea	Micro I ou II	Actinódroma	Broquidódroma	Eucampdódroma	Forte
Sapindaceae				10 spp em 8-10 gêneros		até 14 spp em 6-7 gêneros		até 7 spp em 5 gêneros
Sapotaceae			10 spp em 4 gêneros	17 spp em 5 gêneros		14 spp em 4 gêneros		
Scrophulariaceae				12 spp em 11 gêneros				
Solanaceae	17 spp em 4 gêneros			36 spp em 11-13 gêneros		53 spp em 16 gêneros , sendo 26 em <i>Solanum</i>	18 spp em 7 gêneros, sendo 10 em <i>Solanum</i>	
Sterculiaceae						até 14 spp em 6-7 gêneros		
Turneraceae	26 spp em 2 gêneros			27 spp em 2 gêneros			23 spp em 2 gêneros	
Verbenaceae	19 spp em 6 gêneros	4 spp em 2 gêneros		19 spp em 8-10 gêneros			19 spp em 6 gêneros	12 spp em 5 gêneros
até 10 spp em 3 a 5 gêneros						12	8	
até 8 spp em 1 ou 2 gêneros							10	
até 7 spp em 1 gênero					4	13		
6-8 espécies				17				
4-5 espécies		3		8				
3-4 espécies em até 3 gêneros			7				8	8
3 espécies					3			
2 espécies em 1 ou 2 gêneros	11	10	9	19		17	7	11
1 espécie	14	12	20	32	7	22	18	10
Total de famílias	47	28	35	98	18	88	62	40

Tabela 9A (cont.) - Número de gêneros e espécies com algumas das características analisadas.

Família	interárea ampla	externas	alterna	oposta	percorrentes	intersecundárias
Annonaceae			identificação		identificação	
Apocynaceae			6 spp em 6 gêneros	5 spp em 2 gêneros		13 spp em 11 gêneros
Asclepiadaceae						7 spp em 6 gêneros
Bignoniaceae		identificação			14 spp em 7 gêneros	
Boraginaceae					24 spp em 5 gêneros, 19 em <i>Cordia</i> identificação	
Campanulaceae			identificação	identificação		
Chrysobalanaceae			identificação	identificação		
Convolvulaceae		18 spp em 7 gêneros			20 spp em 7 gêneros	
Euphorbiaceae		11 spp em 10 gêneros identificação	14 spp em 14 gêneros		30 spp em 24 gêneros identificação	
Gesneriaceae			identificação			
Lamiaceae					23 spp em 6 gêneros	
Malpighiaceae					34 spp em 8 gêneros	36 spp em 7 gêneros
Malvaceae	15 spp em 9 gêneros	53 spp em 15 gêneros		4 spp em 4 gêneros	39 spp em 16 gêneros (identificação)	
Passifloraceae					11 spp em 1 gênero	
Rhamnaceae					identificação	
Rutaceae						21 spp em 14 gêneros
Solanaceae			8 spp em 5 gêneros		35 spp em 12 gêneros	22 spp em 7 gêneros
Sterculiaceae		11 spp em 7 gêneros			15 spp em 8 gêneros identificação	
Tiliaceae					identificação	

Tabela 9B - Número de gêneros e espécies com as demais características analisadas.

Família	interárea ampla	externas	alterna	oposta	percorrentes	intersecundárias
Turneraceae					11 spp em 2 gêneros	
Verbenaceae			9 spp em 6 gêneros		28 spp em 7 gêneros	
até 11 spp em 3 a 5 gêneros	5	4			11	12
até 13 spp em 5 a 6 gêneros					5	
até 6 espécies em 1 ou 2 gêneros					9	10
3-4 espécies em até 3 gêneros				3		
2-7 espécies em até 5 gêneros			20			
2 espécies em 1 ou 2 gêneros	4	4		11	16	10
1 espécie	12	16	30	20	19	19
Total de famílias	22	34	50	36	73	56

Tabela 9B (cont.) - Número de gêneros e espécies com as demais características analisadas.

Morfotipo 6A

Begonia grisea - Begoniaceae (18)

Begonia reniformis - Begoniaceae (8a)

Figura 25 - Foto da amostra 18-5 mostrando dois espécimes do morfotipo 6 identificados pelas fotos abaixo.

Morfotipo 7A

Prunus sellowii
(Rosaceae - 13a)

Morfotipo 7E

Banisteriopsis membranifolia
(Malpighiaceae - 27)

Figura 26 - Fotos das amostras 26-2 e 26-11 com espécimes do morfotipo 7 identificados pelas fotos abaixo dos mesmos.

Morfotipo 9B

14-4a

Hyptis lutescens
(Lamiaceae SPF - 1a)

Figura 27 - Foto da amostra 14-1 com o espécime do morfotipo 9B identificado pela foto abaixo do mesmo.

Morfotipo 13A

Figura 28 - Fotos das amostras 19-3 e 18-6 com espécimes do morfotipo 13A identificado pela foto abaixo das mesmas. Observar a fragmentação dos espécimes. Há outros espécimes fragmentados, mas não é possível garantir um grau baixo de incerteza na identificação.

Morfotipo 14B

Figura 29 - Foto da amostra 16-3 com o espécime do morfotipo 14B identificado pela foto ao lado do mesmo.

Morfotipo 14E

Figura 30 - Foto da amostra 10-2 com o espécime do morfotipo 14E identificado pela foto ao lado

Figura 31 - Foto da amostra 14-4 com dois espécimes não identificados, sendo o da direita, reconhecido pela letra c, uma possível *Bauhinia* (Leguminosae).

Morfotipo 15A

Figura 32 - Foto da amostra 22-2 com o espécime do morfotipo 15A identificado pela foto abaixo.

Morfotipo 10

Figura 33 - Foto da amostra 22-3 com espécime do morfotipo 10 identificado pela foto abaixo do mesmo. Embaixo no canto direito: foto da amostra 20-4 representativo do morfotipo 15C, identificado como *Sloanea guianensis* (Elaeocarpaceae).

6.2 - Composição florística da assembléia fóssil de Campo Formoso, BA

Dos 69 morfótipos que puderam ser descritos, 20 não puderam ser identificados, mas 49 morfótipos foram identificados, sendo um restrito à família Sterculiaceae, quatro à gêneros: *Abutilon* sp. e *Sida* sp. (Malvaceae), *Begonia* sp. (Begoniaceae) e *Helicteres* sp. (Sterculiaceae) e 44 chegando a nível de espécies, constituindo assembléia bastante diversificada. O percentual de identificação também pode ser considerado alto, salientando a importância de se realizar estudos em herbários próximos a área em estudo, de forma a permitir identificações confiáveis.

Das 44 espécies identificadas, 2 apresentam grau de incerteza de alto a moderado, sendo que *Davilla flexuosa* (Dilleniaceae) chega a ser considerada apenas como comparação, dado o alto grau de incerteza, o que não acontece com *Jacaranda irwinii* (Bignoniaceae). Quatorze chegam a ter identificação com grau de incerteza moderado, algumas vezes em decorrência do grande número de espécies na família, ou em muitos casos, devido ao tipo de preservação da folha fóssil: *Alchoernea triplinervia* e *Aparisthium cordatum* (Euphorbiaceae, figura 29, página 110); *Cordia trichoclada* (Boraginaceae); *Eriope hypenioides* (Lamiaceae); *Hirtella ciliata* e *Licania litoralis* (Chrysobalanaceae); *Ilex psammophila* (Aquifoliaceae); *Luehea grandiflora* (Tiliaceae); *Piper tectoniifolia* (Piperaceae); *Prunus sellowii* (Rosaceae, figura 26, página 107); *Rauvolfia brasiliensis* (Apocynaceae); *Rollinia bahiensis* e *R. sylvatica* (Annonaceae) e *Vismia latifolia* (Guttiferae = Clusiaceae).

Das 28 espécies restantes, 9 possuem graus de incerteza de moderados a baixos. Estes graus de incerteza refletem a preservação dos espécimes fósseis, muitas vezes fragmentados. Estas nove espécies são: *Banisteriopsis stellaris* (Malpighiaceae); *Chaetocarpus echinocarpus*, *Plukenetia tamnoides* e *Sebastiania brasiliensis* (Euphorbiaceae, figura 28, página 109); *Conchocarpus diadematus* (Rutaceae); *Connarus suberosus* (Connaraceae); *Eriope hypoleuca* (Lamiaceae); *Herissantia tiubae* (Malvaceae) e *Tetrastylidium brasiliensis* (Olacaceae).

Onze espécies exibem graus de incerteza baixos na identificação e quatro apresentam graus muito baixos, sendo que as três espécies de *Annona* possuem graus baixos devido ao estudo complementar realizado com as espécies de *Annona* presentes no herbário SPF (*A. coriacea*, *A. crasifolia* e *A. glabra* - Annonaceae, figura 32, página 112). Já *Centropogon cornutus* (Campanulaceae) foi identificada apenas pelo ápice e apenas pela base em afloramentos diferentes. Cada fragmento de *Centropogon cornutus* havia sido considerado de morfótipos diferentes, mas estudos mostraram tratar-se de uma única espécie. A presença de uma mesma espécie através de fragmentos inicialmente considerados distintos reforça a presença da espécie.

Entre as espécies com graus baixos de incerteza encontram-se: *Banisteriopsis membranifolia* (Malpighiaceae, figura 26, página 107); *Begonia reniformis* ou *B. fischerii* (Begoniaceae, figura 25, página 106); *Cecropia saxatilis* (Cecropiaceae); *Drymonia coccinea* (Gesneriaceae); *Gallesia scorododendron* (Phytolacaceae); *Hyptis lutescens* e *H. multiflora* (Lamiaceae, figura 27, página 108); *Lundia cordata* (Bignoniaceae, figura 33, página 113); *Maytemis cantingarum* (Celastraceae); *Sloanea guianensis* (Elaeocarpaceae, figura 33) e *Zizyphus joazeiro* (Rhamnaceae, figura 30, página 111).

Teoricamente, estas últimas 15 espécies, com graus de incerteza baixos e muito baixos, fornecem evidências mais confiáveis da composição florística da assembléia fóssil. Nestes termos, a família mais diversificada seria Annonaceae, com 3 espécies mais características do bioma cerrado, seguida de Begoniaceae e Lamiaceae, com 2 espécies cada, mas que, muitas vezes, não aparecem em listas florísticas devido aos seus hábitos herbáceos. Outras nove famílias apresentam uma única espécie, entre elas Malpighiaceae, família importante na flora da Caatinga.

Considerando-se o total da assembléia, tanto Annonaceae quanto Euphorbiaceae estão representadas por 5 espécies. Entretanto, a identificação com grau baixo de incerteza de espécies de Euphorbiaceae fora prejudicada pela grande diversidade da família, ausência de estudo comparativo no herbário SPF e fragmentação dos espécimes geralmente de grandes tamanhos, fazendo com que a família não conste da lista das 15 espécies mais confiáveis. Do mesmo modo, Lamiaceae e Begoniaceae também estão entre as mais representadas na assembléia total, embora a primeira seja constituída de 4 espécies, igual número apresentado por Malvaceae enquanto que Begoniaceae possui 3 espécies. A família Malvaceae, embora tenha sido estudada também através do herbário SPF, foi identificada em grau moderado principalmente pela grande similaridade que ocorre entre Malvaceae, Sterculiaceae e Tiliaceae, sendo que algumas vezes as folhas dessas três famílias sejam parecidas também com Bombacaceae e Elaeocarpaceae. Elaeocarpaceae e Sterculiaceae exibem duas espécies cada, Tiliaceae apenas uma e Bombacaceae não se encontra entre as identificadas na assembléia fóssil.

Outras três famílias estão representadas na assembléia total com 2 espécies cada: Bignoniaceae, Chrysobalanaceae e Malpighiaceae. Excluindo-se as famílias que apresentam mais de uma espécie, 10 outras famílias estão representadas na assembléia fóssil de Campo Formoso, totalizando 16 famílias com uma espécie cada.

O total das espécies registradas na assembléia fóssil estão presentes nos mais diversificados ambientes, considerando-se a distribuição das espécies conforme documentação feita no ALCB, 15,1% das espécies se distribuem no cerrado e 15,1% em vegetação de campo rupestre, podendo totalizar 30,2% para o Bioma Cerrado. Vegetações ombrófilas densas somadas a outras

consideradas como Mata Atlântica, corresponderiam a 13,7% das espécies, além de mais 13,7% descrita com mata ciliar. A vegetação de caatinga e de floresta estacional apresentariam cada 12,3%, seguidas por mata de grotão (5,5%), restinga (4,1%), campos gerais (2,7%) e até vegetação de praia, mata de cabruca (plantação de cacau com mata secundária), mata de altitude e mata de encosta, com 1,4% cada uma. Entretanto, a distribuição das espécies pode ser muito maior que a documentada no estudo realizado no herbário.

Considerando-se que cada espécie pode sofrer variações na morfologia foliar de acordo com o clima e estrutura da vegetação, opta-se por verificar a ocorrência do espécime que permitiu a identificação apenas das 15 espécies com grau baixo de incerteza, seis em florestas úmidas (40%), três espécies ocorrem no cerrado (20%), três ocorrem em florestas estacionais (20%), duas ocorrem na caatinga (13,3%) e apenas uma espécie ocorre no campo rupestre (6,7%). Analisando-se a assembléia total, poder-se-ia sugerir a ocorrência de floresta úmida com forte influência do cerrado, mas ao verificar apenas as morfoespécies com baixo grau de incerteza, observa-se mistura vegetacional com espécies hoje presentes em ambientes úmidos, possivelmente de dossel fechado. É interessante constatar no próximo capítulo, que a análise fisionômica da assembléia fóssil sugere interpretação semelhante.

Todas as famílias até então confirmadas no registro fóssil, são de distribuição tropical, algumas com distribuição também nas regiões subtropicais e outras poucas atingem a região temperada. A família Rhamnaceae se distribui, primariamente, na região temperada, mas *Zizyphus joazeiro* é típica da região de caatinga.

6.3 - Análise da distribuição das espécies registradas

As espécies registradas na assembléia fóssil de Campo Formoso foram comparadas com algumas listas florísticas publicadas: nove listas florísticas de caatinga (Alcoforado-Filho *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 1995; 2002; Ferraz *et al.*, 1998; Figueiredo *et al.*, 2000; Nascimento *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2002; Rodal *et al.*, 1998; Trovão *et al.*, 2004), nove listas de florestas estacionais (Carvalho *et al.*, 1995; 2000; Lopes *et al.*, 2002; Meira-Neto & Martins, 2002; Oliveira-Filho & Machado, 1993; Oliveira-Filho *et al.*, 1994; Rodrigues & Araújo, 1997; Silva *et al.*, 2004; Vilela *et al.*, 1995) e nove listas florísticas de cerrado (Andrade *et al.*, 2002; Barreira *et al.*, 2002; Costa & Araújo, 2001; Costa *et al.*, 2004; Felfili *et al.*, 2002; Imanã-Encinas *et al.*, 1995; Meira-Neto & Sapporetti Jr., 2002; Pedralli *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2002).

Considerando-se todas as espécies identificadas, independente do grau de incerteza na identificação, as espécies registradas em áreas com vegetação de cerrado representaria a maioria das espécies presentes, incluindo sete espécies: *Annona coriacea* e *A. crassiflora* (Annonaceae, figura 32, página 112), *Banisteriopsis stellaris* (Malpighiaceae), *Centropogon cornutus* (Campanulaceae), *Connarus suberosus* (Connaraceae), *Davilla elliptica* (Dilleniaceae) e *Hirtella ciliata* (Chrysobalaceae). Os elementos presentes em florestas estacionais também estão representados por sete espécies, mas muitas são de ampla distribuição geográfica. Correspondem basicamente à família Euphorbiaceae, que normalmente possui grau de incerteza moderado na identificação devido a grande diversidade da família. Estão registradas *Alchoernea triplinervia*, *Aparisthium cordatum*, *Chaetocarpus echinocarpus* e *Sebastiania brasiliensis* (Euphorbiaceae, figura 29, página 110), além de *Luehea grandiflora* (Tiliaceae), *Prunus sellowii* (Rosaceae, figura 26, página 107) e *Rollinia sylvatica* (Annonaceae). Na caatinga pode-se observar três espécies e quatro gêneros, sendo *Banisteriopsis membranifolia* (Malpighiaceae, figura 26, página 107) e *Hirtella ciliata* (Chrysobalaceae) registradas em apenas um levantamento florístico, *Zizyphus joazeiro* (Rhamnaceae, figura 30, página 111) em cinco deles, muito embora seja considerada espécie típica de caatinga e os gêneros *Cordia* (Boraginaceae), *Helicteres* sp. (Sterculiaceae), *Maytenus* (Celastraceae) e *Sida* sp. (Malvaceae).

6.3.1 - Análise das espécies presentes em cerrado

Annona coriacea (Annonaceae) foi registrada em seis trabalhos fitossociológicos desde a Chapada do Araripe, CE até São Paulo, em altitude que varia de 590 a 740m incluindo a Serra do Cipó, MG (Barreira *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2004; Felfili *et al.*, 2002; Fidelis & Godoy, 2003; Meira-Neto & Saporetti Jr., 2002; Saporetti Jr. *et al.*, 2003). A espécie distribui-se, no entanto, na Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins, segundo Mass *et al.* (2001), mas também no Ceará, Pernambuco e Mato Grosso segundo Fries (1931) *apud* Pontes *et al.* (2004). A espécie ocorre entre 80-1120 metros de altitude sendo muito comum nas vegetações savânicas. Normalmente constitui-se de arbusto ou árvore de 3 a 18 metros de altura, folhas coriáceas, elípticas, glabra nos dois lados, base sempre cordada e margem sempre ondulada (Mass *et al.*, 2001). Uma única coleta desta espécie foi realizada na Paraíba no domínio da caatinga (Pontes *et al.*, 2004).

Annona crassiflora (Annonaceae) foi registrada em seis estudos fitossociológicos realizados, do Maranhão a Minas Gerais, novamente incluindo a Serra do Cipó (Barreira *et al.*, 2002; Costa & Araújo, 2001; Imaña-Encinas *et al.*, 1995; Meira-Neto & Saporetti Jr., 2002; Saporetti Jr. *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2002). A ocorrência na Serra do Cipó é significativa neste estudo porque

encontra-se a 850 metros de altitude com precipitação anual de 1.500 milímetros. A espécie distribui-se na Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins no cerrado ou cerradão entre 400 e 1200 metros de altitude. Árvore pequena, de tronco sempre xeromorfo, folhas ovais a obovais, glabras (Maas *et al.*, 2001). Estudos mostram que áreas próximas, com vegetações similares, podem apresentar a espécie numa área e não apresentar em outra. É possível que as variações minerais ou até mesmo a drenagem do solo, influenciem na sua distribuição (Silva *et al.*, 2002).

Banisteriopsis stellaris (Malpighiaceae) foi registrada no estudo fitossiológico realizado em Uberlândia, MG e na Chapada do Araripe, CE (Costa *et al.*, 2004), muito embora tenha sido registrada em caatinga, segundo documentação do ALCB. *Centropogon cornutus* (Campanulaceae) foi registrado apenas em Uberlândia (Araújo *et al.*, 2002).

Já a espécie *Connarus suberosus* (Connaraceae) foi documentada em sete análises florísticas desde o sudoeste de Goiás passando por Mato Grosso e Minas Gerais assim como um único espécime foi registrado na fazenda Água Branca, em Brasília, uma área de cerrado *stricto sensu* (Andrade *et al.*, 2002; Cardoso *et al.*, 2002; Costa & Araújo, 2001; Fiedler *et al.*, 2004; Felfili *et al.*, 2002; Saporetti Jr. *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2002).

Hirtella ciliata (Chrysobalaceae) foi registrada no cerrado de Santa Quitéria, MA (Imaã-Encinas *et al.*, 1995) e na Chapada do Araripe, CE (Costa *et al.*, 2004).

A espécie *Luehea grandiflora* (Tiliaceae), comum em florestas estacionais, também foi registrada no cerradão da Reserva Particular do Patrimônio Nacional do Panga em Uberlândia, MG (Costa & Araújo, 2001).

Das sete espécies da assembléia fóssil de Campo Formoso, documentadas em vegetação de cerrado, três apresentam grau de incerteza muito baixo, sendo que *Ammona coriacea* e *A. crassifolia*, estão entre as melhores representações.

6.3.2 - Análise das espécies presentes em caatinga

Hirtella ciliata (Chrysobalaceae) foi registrada em levantamentos realizados na chapada de São José, no município de Buíque, PE: Rodal *et al.* (1998) analisou área a 4 quilômetros da sede do município em 800m de altitude, enquanto que Figueiredo *et al.* (2000) analisou área a 86 quilômetros da sede do município em 600m de altitude. Rodal *et al.* (1998) afirmam que a vegetação da área destaca-se da caatinga, que a circunda, principalmente pelo seu aspecto perenifólio e pela ausência de elementos espinhosos, mas também por exibir fisionomia arbustiva distinta dos padrões encontrados nos levantamentos de carrasco ou caatinga. A espécie em questão é descrita como elemento que ocorre em cerrado de altitude.

Ziziphus joazeiro (Rhamnaceae) foi registrado em cinco estudos florísticos em Pernambuco e Paraíba, tanto na margem de rio e em dique marginal, quanto em tabuleiros e locais de maior altitude como Caruaru, PE e entre os municípios de Areia e Remígio, PB, a 596 metros de altitude (Alcoforado-Filho *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 1995; Ferraz *et al.*, 1998; Nascimento *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2002). *Ziziphus joazeiro* é melhor registrado em áreas com ação antrópicas ou secundária (Pereira *et al.*, 2003), pelo menos na Paraíba. Entre as espécies em comum entre a floresta serrana e a caatinga propriamente dita, registra-se *Ziziphus joazeiro* (Rhamnaceae), embora o índice de similaridade seja inferior a 10% (Rodal & Nascimento, 2002). A espécie também é citada em áreas mais úmidas da caatinga nordestina (Rodal & Nascimento, 2002).

O gênero *Cordia* (Boraginaceae) é significativo, embora a nível genérico, por atestar que certos gêneros podem penetrar, de forma variável, em diferentes biomas: seis das nove listas florísticas de caatinga e em sete das nove listas de florestas estacionais. A presença de tal gênero sugere a possibilidade de vegetação com mistura florística de espécies dos dois biomas. Ressalta-se a ausência deste gênero nas listas florísticas de cerrado analisadas. O gênero *Helicteres* sp. (Sterculiaceae), por sua vez, é registrado em seis listas de caatinga e apenas em duas listas de floresta estacional.

A ocorrência do gênero *Maytenus* (Celastraceae) é interessante pela documentação na assembléia fóssil de Campo Formoso. Sugestiva de caatinga, pelo epíteto específico, não foi identificada nos levantamentos florísticos consultados. E o gênero *Sida* (Malvaceae) foi apenas documentado em quatro listas de vegetação de caatinga e em nenhuma outra, embora possa não constar destas listas em decorrência do seu hábito predominantemente arbustivo.

Também para o Bioma Caatinga, foram registrados sete gêneros e/ou espécies, como na vegetação de cerrado, só que apenas duas exibem graus moderados de incerteza na identificação, incluindo *Hirtella ciliata*, a espécie mais amplamente distribuída dentre as presentes na caatinga.

6.3.3 - Análise das espécies presentes em florestas estacionais

Alchoernea triplinervia (Euphorbiaceae) foi registrada em sete estudos florísticos todos em Minas Gerais, seja nas margens de rio ou em fragmento florestal em topografia acidentada (Carvalho *et al.*, 1995a; 1995b; Lopes *et al.*, 2002; Meira-Neto & Martins, 2002; Oliveira-Filho & Machado, 1993; Oliveira-Filho *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004), do mesmo modo que *Aparisthium cordatum* (Euphorbiaceae) embora essa última espécie ocorra em apenas quatro listas florísticas (Lopes *et al.*, 2002; Oliveira-Filho & Machado, 1993; Silva *et al.*, 2004; Vilela *et al.*, 1995). *Chaetocarpus echinocarpus* (Euphorbiaceae) foi registrada em Itambém do

Mato Dentro, MG (Carvalho *et al.*, 2000). E *Sebastiania brasiliensis*, também da família Euphorbiaceae, às margens do Rio Grande, em Itutinga, MG (Vilela *et al.*, 1995).

Luehea grandiflora (Tiliaceae) foi registrada em nove listas florísticas, todas em Minas Gerais. Ocorre desde mata de galeria periodicamente alagada quanto em região de serras, mesmo em topografia acidentada (Carvalho *et al.*, 2000; Lopes *et al.*, 2002; Meira-Neto & Martins, 2002; Meira-Neto *et al.*, 2003; Oliveira-Filho & Machado, 1993; Oliveira-Filho *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004; Vilela *et al.*, 1995).

Prunus sellowii (Rosaceae) encontra-se presente em quatro listas florísticas mineiras preferencialmente em lugares de maior altitude (Meira-Neto & Martins, 2002; Oliveira-Filho *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 2003; Vilela *et al.*, 1995).

Rollinia sylvatica (Annonaceae) foi registrada em sete trabalhos florísticos em Minas Gerais tanto nas margens do Rio Grande quanto na Serra de São José, Tiradentes (Carvalho *et al.*, 1995a; 1995b; Lopes *et al.*, 2002; Meira-Neto & Martins, 2002; Oliveira-Filho & Machado, 1993; Rodrigues *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004; Vilela *et al.*, 1995).

Considerando-se apenas as espécies presentes na floresta estacional, novamente registrariam-se sete espécies, como no cerrado e na caatinga, mas a grande diferença é que cinco delas (*Alchornea triplinervia*, *Aparisthium cordatum*, *Luehea grandiflora*, *Prunus sellowii* e *Rollinia sylvatica*), justamente as de ampla distribuição geográfica, possui graus moderados de incerteza na identificação e as outras duas (*Chaetocarpus echinocarpus* e *Sebastiania brasiliensis*), de baixo a moderados. Visto deste modo, constataria-se que a influência da floresta estacional na assembléia fóssil de Campo Formoso seria pequena. Por outro lado, dez espécies presentes em Campo Formoso apresentam gêneros representados na floresta estacional, sendo quatro com grau de incerteza de baixo a muito baixo (*Cecropia*, Cecropiaceae, em seis listas; *Helicteres*, Sterculiaceae, em apenas duas; *Maytenus*, Celastraceae em cinco listas; *Sloanea*, Elaeocarpaceae, em seis), quatro com grau de incerteza moderado (*Cordia*, Boraginaceae presente em sete listas; *Hirtella*, Chrysobalanaceae em quatro listas; *Piper*, Piperaceae em cinco; *Vismia*, Guttiferae em cinco listas) e os outros dois com grau de incerteza moderado a baixo (*Hyptis*, Lamiaceae) e moderado a alto (*Jacaranda*, Bignoniaceae). Desse modo, não ficaria descartada a possibilidade de “descida” de alguns elementos destas florestas para a região de Campo Formoso. É interessante comentar que os gêneros *Hyptis* e *Vismia* também foram registrados em lista florística de cerrado (Costa *et al.*, 2004).

6.3.4 - Análise das espécies presentes em outros tipos vegetacionais

Annona glabra distribui-se na Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, ocorrendo ao nível do mar em vegetações margeando mangues. Corresponde a árvore de 2 a 15 metros de altura com folhas subcoriáceas, elípticas e glabras (Maas *et al.*, 2001). Entretanto, não foi registrada em nenhuma das listas florísticas consultadas.

Cecropia saxatilis (Cecropiaceae) foi registrada apenas nas florestas secas sobre afloramentos de calcário. Estas florestas secas apesar de possuírem espécies em comum com outras áreas, apresentam composição florística peculiar e fisionomias bem diferenciadas, provavelmente devido ao tipo de solo (Silva & Scariot, 2003).

Sloanea guianensis foi registrada na floresta de planície em Ubatuba, SP, localiza-se na planície litorânea, distante cerca de 2,5 quilômetros da praia, na base de uma encosta. O dossel é alto, permitindo tênue distinção em dois estratos. Ocorre entre as cinco espécies mais importante no primeiro estrato (entre 15 e 25 metros) (Bencke & Morellato, 2002).

6.4 - Comparações florísticas

Conforme comentado anteriormente, considerando-se as quinze espécies que fornecem evidências mais confiáveis da composição florística da assembléia fóssil, a família mais diversificada seria Annonaceae, seguida de Begoniaceae e Lamiaceae (hábitos herbáceos). Outras nove famílias são representadas por uma única espécie, entre elas Malpighiaceae, família importante na flora da caatinga.

Considerando-se todas as espécies identificadas, independente do grau de confiabilidade, as famílias mais diversificada seriam Annonaceae e Euphorbiaceae, seguidas de Malvaceae e Lamiaceae, Begoniaceae seguidas por Bignoniaceae, Chrysobalanaceae, Elaeocarpaceae, Malpighiaceae e Sterculiaceae com duas espécies cada. Além de 16 famílias com uma espécie cada. A lista completa das espécies identificadas pode ser consultada na tabela 6 (páginas 94-96).

Além de listas florísticas publicadas, conforme comentado anteriormente, alguns trabalhos fitossociológicos discutem a abundância e a riqueza das principais famílias presentes numa associação, aumentando o número de trabalhos que podem ser usados nas comparações com a assembléia fóssil de Campo Formoso.

A primeira hipótese a ser testada refere-se a “descida” de espécies da floresta estacional para a região de Campo Formoso, consequência da menor sazonalidade das chuvas, isto é, chuvas distribuídas por mais meses, e pequena diminuição da temperatura. Muito embora um percentual pequeno de espécies presentes em florestas estacionais tenha permitido a identificação dos

espécimes fósseis da assembléia de Campo Formoso, o número de espécies que se distribuem na floresta estacional é similar aos de outros biomas. Mesmo sendo espécies de ampla distribuição geográfica, as espécies presentes nas florestas estacionais não ocorrem preferencialmente em região de caatinga. O grau moderado de incerteza na identificação é decorrente da fragmentação dos espécimes fósseis e da diversidade da família Euphorbiaceae.

Comparando-se então a diversidade nas florestas estacionais de acordo com doze áreas observa-se que as famílias mais diversificadas nem sempre são as mesmas em cada local. A família Euphorbiaceae é a única sempre presente entre as mais diversificadas, seguida pelas leguminosas, ausentes apenas na floresta estacional em afloramento calcário em GO (Silva & Scariot, 2003). Myrtaceae e Rubiaceae estão entre as mais diversificadas em dez associações estudadas, Annonaceae em oito associações, Lauraceae em sete, Flacourtiaceae em seis e Melastomaceae em cinco associações estudadas. Outras quatorze famílias estão entre as mais diversificadas, apenas em uma ou duas associações estudadas, como Bignoniaceae.

A importância de Myrtaceae foi registrada na floresta serrana de Triunfo, Estado de Pernambuco, e em florestas da costa atlântica brasileira (Peixoto & Gentry, 1990), sendo considerada como bastante comum no domínio atlântico (Rodal & Nascimento, 2002). Fato curioso é Myrtaceae não ter sido registrada na assembléia fóssil de Campo Formoso. Pode-se considerar a hipótese de não reconhecimento da família entre os espécimes fósseis, para o caso de espécies que não apresentam a nervação típica da família ou o espécime não ter sido amostrado, situação pouco provável já que foram analisados mais de 800 espécimes fósseis, que mesmo fragmentados, não apresentam a nervação típica da família. Poder-se-ia sugerir a pequena relevância das espécies mais tipicamente atlânticas na assembléia fóssil.

Na Serra da Capivara, PI, a família Bignoniaceae teve maior expressão na transição caatinga-de-areia e carrasco, não sendo registrada na caatinga. Já Euphorbiaceae é bem representada em áreas sedimentares e em áreas cristalinas, embora praticamente não ocorra sobreposição de espécies (Lemos & Rodal, 2002).

Em termos florísticos, as florestas estacionais presentes na Bahia aparentam maior afinidade com as florestas estacionais de Goiás, com 21,8% de similaridade, posteriormente com Minas Gerais, com similaridade entre 8,8 e 13,7% e São Paulo, com similaridade entre 5,8 e 8,6%. Estes índices podem ser utilizados apenas comparativamente, já que o levantamento realizado no ALCB foi parcial. Se determinada espécie ocorre em mais de um tipo vegetacional, ela pode ter sido documentada em apenas um destes tipos. Desse modo, os padrões de similaridade não são bem representativos, assim como a menor diversidade apresentada.

Entretanto, algumas informações são interessantes. Mesmo considerando-se que a lista gerada corresponde a diversidade mínima, é possível notar a maior diversidade específica de algumas famílias ou mesmo a sua presença. Esta diversidade é bem observada em Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Rutaceae e Sapindaceae, e, em menor proporção, em Anacardiaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae e Flacourtiaceae. Algumas famílias apresentam-se mais diversificadas por ter sido incluídas espécies herbáceas ou trepadeiras, nem sempre presentes nas listas florísticas, como Chrysobalanaceae, Convolvulaceae e Polygalaceae, mas também Passifloraceae, Malvaceae, Sterculiaceae, Ulmaceae e Verbenaceae. As principais exceções ocorrem em Minas Gerais, que apresentam maior diversidade de Annonaceae, Anacardiaceae e Flacourtiaceae. Esses dados reforçam a importância da família Euphorbiaceae nas florestas estacionais da Bahia, assim como Bignoniaceae e Malpighiaceae, embora elas só tenham duas espécies por família identificadas na assembléia fóssil. Rutaceae e Apocynaceae só possuem uma espécie na assembléia. Sapindaceae, Anacardiaceae e Flacourtiaceae, por sua vez, não possuem espécies que tenham sido identificadas.

Analisando-se tais dados, pode-se sugerir que as espécies de ampla distribuição geográficas, associadas com algumas outras, foram capazes de migrar para a depressão sertaneja em algum momento do último evento glacial. Que espécies da Caatinga resistiram a essas mudanças climáticas?

Comparando-se a diversidade da assembléia fóssil com a diversidade da vegetação de caatinga, de acordo com dez trabalhos, observa-se que as famílias mais diversificadas são mais variadas em relação a floresta estacional, mas também apresenta Euphorbiaceae presente em todas as associações estudadas, seguida das Leguminosas, ausentes apenas na Serra da Capivara, PI (Lemos & Rodal, 2002) e no cariri paraibano (Trovão *et al.*, 2004). Myrtaceae, Bignoniaceae e Anacardiaceae estão entre as mais diversificadas apenas em quatro associações estudadas, enquanto Apocynaceae e Cactaceae estão presentes em três associações. Outras dezessete famílias estão entre as mais diversificadas apenas em uma ou duas associações estudadas, incluindo Malpighiaceae e Malvaceae.

Aparentemente, poucas espécies da Caatinga puderam ser identificadas na assembléia fóssil, muito embora possam estar representadas nos morfotipos 5 (página 70), que representam pelo menos sete espécies. A identificação de espécimes pequenos é sempre mais difícil devido à dificuldade de se analisar todos os seus padrões de nervação.

Em termos florísticos, a caatinga mostra fortes ligações com a floresta estacional. Estas ocorrem em disjunções, principalmente nas áreas transicionais entre a mata atlântica e a caatinga, a leste, entre a caatinga e o cerrado, a oeste ou entre a caatinga e os campos de altitudes (cerrados e campos rupestres) na porção central do Estado. Nas regiões montanas, a altitudes entre 700 e 2000

metros, a caatinga é substituída pelos cerrados e campos rupestres, verdadeiros refúgios ecológicos em meio ao semi-árido, predominantes nos maciços montanhosos da Chapada Diamantina (Melo, 1999). Esta ligação florística com as florestas estacionais pode vir a mascarar a presença de algumas espécies de caatinga quando se tenta avaliar quais espécies da floresta estacional teriam “descido”.

Considerando-se que a altitude na região em estudo, varia de 400 a 800 metros e a precipitação varia de 300 a 500 milímetros por ano e que as chapadas presentes no entorno possuem altitude de 800 a 1.200 metros, com precipitação entre 800 e 1.100 milímetros por ano (SEI, 2005), a variação climática ocorrida no último máximo glacial corresponderia às condições climáticas atualmente presentes em altitudes de 900 metros e precipitação de no mínimo de 800 milímetros por ano. Este dado pode ser confirmado pela presença de *Annona crassifolia*, presente na Serra do Cipó, MG a 850 metros de altitude com precipitação anual de 1.500 milímetros (Meira-Neto & Saporetti Jr., 2002), muito embora a precipitação média do parque corresponda a 700 milímetros de chuva por ano (Fundação Rio Cipó, 2006).

Outra hipótese que precisa ser avaliada corresponde à migração de espécies de cerrado vindo principalmente de oeste. A princípio a hipótese parece improvável em vista da distância entre estes biomas. Ao se considerar o tipo de mudança climática que teria ocorrido na região, parece bastante provável que algumas espécies de cerrado teriam acompanhado a ocorrência de sazonalidade mais típica do cerrado, enquanto a própria região do planalto central carecia de chuvas regularmente sazonais e apresentava-se também mais frio, conforme indica dados palinológicos (Ledru, 1993; Salgado-Labouriau *et al.*, 1998). Tal situação poderia explicar a ocorrência de sete espécies de cerrado e outros dez gêneros que também ocorrem em florestas estacionais. Seriam espécies aptas à migração.

Em comparação com a diversidade da vegetação de cerrado, de acordo com dez trabalhos, as famílias mais diversificadas são em menor número, no cerrado, em relação às florestas estacionais e à vegetação de caatinga. Não ocorre uma única família que esteja presente em todas as associações. A família Leguminosae está ausente entre as mais diversificadas apenas em Ouro Preto, MG, que exibe associação florística com maior diversidade de Asteraceae e Melastomataceae (Pedralli *et al.*, 2000). A família Asteraceae é predominantemente herbácea e a família Melastomataceae é comum em vegetações secundárias, o que pode ter afetado a diversidade das Leguminosae. Outra família bem diversificada que parece ser bem comum no cerrado é Vochysiaceae, presente em sete das associações. Myrtaceae está entre as mais diversificadas em cinco associações e Malpighiaceae e Asteraceae em apenas quatro associações estudadas. Outras onze famílias, como Rubiaceae, Euphorbiaceae e Annonaceae, constam entre as mais diversificadas ou em uma ou duas associações estudadas.

No Nordeste do Brasil, as disjunções de cerrado ocorrem principalmente em baixas altitudes, de 0 a 500 metros, nos tabuleiros costeiros (Formação Barreiras), nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. O cerrado da Chapada do Araripe é uma disjunção situada a altitude de 800 a 900 metros, encravado no domínio semi-árido da caatinga, tendo em vista a altitude e, conseqüentemente, sob maior precipitação e menor temperatura que na caatinga do entorno (Costa *et al.*, 2004). Estas disjunções parecem indicar a possibilidade do cerrado migrar, caso as condições sejam apropriadas. Seria o caso da última fase glacial para a região de Campo Formoso.

Prado & Gibbs (1993) observam que poucos estudos têm sido realizados buscando compreender a influência das mudanças climáticas do Pleistoceno na expansão da vegetação decídua e semidecídua na América do Sul e que muitas espécies lenhosas, que estariam envolvidas nos processos de migrações cíclicas do Pleistoceno, são membros de comunidades florestais deciduais tropicais e subtropicais, tais como a caatinga e algumas matas semidecíduas de São Paulo e Paraná, entre outras.

Além da influência das formações vegetais adjacentes, a composição florística, de forma geral, pode ser influenciada por vários fatores em diferentes escalas. O clima, por exemplo, é considerado um dos principais fatores, atuando na composição florística em níveis regionais (Ledru 1993). Em escalas locais, a altitude, profundidade e composição química do solo, topografia, microambientes, entre outros, têm sido apontados como importantes na seleção das espécies. A ocorrência de espécies em habitats com condições ambientais variadas pode ser consequência não só de sua ampla tolerância, como também da presença de microambientes, como, por exemplo, clareiras ou sítios mais ou menos úmidos, que permitem o estabelecimento dessas espécies. Algumas espécies, apesar de terem ampla distribuição, exigem condições restritas de habitat (Rodrigues *et al.*, 2003), o que justificam as premissas acima.

7 - Análise fisionômica dos diferentes tipos de vegetação da Bahia

7.1 - Análise global

A análise fisionômica baseou-se no acervo do herbário ALCB. Todo o acervo, com exceção das monocotiledôneas, leguminosas, asteráceas e melastomataceas, foi observado, mas não totalmente fotografado. Utilizando o princípio, estatisticamente válido, de escolhas aleatórias, todas as espécies foram documentadas. As quantidades de espécimes documentadas para cada espécie variaram de acordo com suas abundâncias e diversidades: espécies muito abundantes chegaram a ter mais de 10 exemplares documentados e, quando a espécie apresentava variação em sua fisionomia foliar, todas essas variações foram documentadas, principalmente se ocorressem dentro de um mesmo tipo vegetacional. A presença de espécies em tipos vegetacionais diferentes também foi registrada e documentada quando possível, evitando escolhas não aleatórias. Desse modo a documentação é representativa da vegetação da Bahia como um todo, embora nem todas as espécies presentes num determinado tipo vegetacional tenham sido documentadas.

Após a completa análise de todos os dados obtidos no herbário, tentou-se estabelecer os padrões vegetacionais a partir da fisionomia foliar. Em princípio foram estabelecidas 144 “localidades” a serem comparadas com a assembléia de Campo Formoso. O termo “localidade” não se refere propriamente a uma cidade ou município, pois em alguns casos, um único município exibe diferentes tipos vegetacionais, e assim, cada tipo vegetacional foi considerado uma localidade. Estes casos são interessantes porque permitem verificar diferentes vegetações sujeitas a climas bem similares. Para melhor testar a hipótese de clima similar, foi estabelecida a “localidade total”, na qual todas as suas vegetações encontram-se reunidas. A fim de facilitar a leitura dos gráficos, a figura 34 ilustra os municípios abrangidos neste estudo. A PCA das 145 “localidades” mostra resultado muito poluído e de difícil leitura do gráfico gerado. A assembléia de Campo Formoso foi posicionada entre as vegetações atuais da Bahia.

Procurando melhorar as interpretações, análises adicionais foram realizadas até se chegar a resultados mais satisfatórios, visando garantir a reprodutibilidade da análise. Esta análise foi realizada tendo em vista que a caatinga não segue os padrões fisionômicos estabelecidos por Wolfe (1993). Ao se excluir “localidades” de vegetação não indicada na etiqueta do herbário e as “localidades” que apresentavam menos de 20 espécies, não foi observada variação significativa no posicionamento das “localidades”, o que demonstra confiabilidade na análise de uma forma geral, mesmo com “localidades” com pequeno número de espécies. Exceção apenas para quatro destas “localidades” com poucas espécies que estavam em pontos extremos no primeiro gráfico.

Municípios Estudados

Abaira (02) - c3
Aderêl (03) - c3
Alegoimhas (26) - b4
Barreiras (38) - b1
Belmonte (56) - d4
Bom Jesus da Lapa (33) - c3
Boa Vista do Tupim (12) - c3
Cachoeira (49) - c4
Caém (42) - b3
Caetitê (35) - c3
Caravelas (61) - a4
Castro Alves (29) - c4
Elísio Medrado (03) - c3
Entre Rios (45) - b4
Érico Cardoso (05) - c2
Esplanada (44) - b4
Eunópolis (59) - d3
Feira de Santana (25) - b4
Formosa do Rio Preto (39) - b1
Gentio do Ouro (16) - b2
Itaçu (30) - c3
Ibicoara (04) - c3
Ibipêba (17) - b2
Ihêus (52) - d4
Irecê (15) - b2
Itaberaba (11) - c3
Itacaré (51) - c4
Itaeté (07) - c3
Ituberá (33) - c4
Ituaçu (06) - c3
Jacobina (14) - b3
Jequié (31) - c3
Juazeiro (20) - a3
Jussari (54) - c4
Lençóis (09) - c3
Maracás (32) - c3
Marau (50) - c4
Mata de S. João (47) - c4
Mororá (40) - b2
Morro do Chapéu (13) - c3
Oliveira (53) - d4
Paulo Afonso (27) - a4
Pilão Arcado (19) - a2
Pindubáçu (43) - b3
Porto Seguro (58) - d4
Prado (60) - e4
Raso da Catarina (22) - a4
Ribeira do Pombal (41) - b4
Rodelas (21) - a4
Salvador (01) - c4
S. Cruz de Cabrália (57) - d4
Santa Terezinha (28) - c4
São Desidério (37) - b1
S. F. Conde (48) - c4
São Sebastião do Passé (46) - c4
Tucano (24) - b4
Uauê (23) - e4
Una (55) - d4
Vitória da Conquista (34) - d2
Wagner (10) - b3
Xique-Xique (18) - b2

Figura 36 - Mapa do estado da Bahia indicando os municípios estudados na análise fisionômica.

Gráfico 1 - Análise global: PCA de 144 "localidades" para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2. Abreviações utilizadas estão listadas na tabela 10

Nesta análise, representada no gráfico 1, a extremidade negativa do eixo 1 é baseada na ausência de dentes nas margens foliares, pelas maiores classes de tamanho, presença de ápice atenuado, base arredondada ou aguda (isto é, exceto base cordada), por formas foliares obovais ou elípticas com relação de delgadeza entre 2-4/1. Esses parâmetros, embora não correspondam exatamente aos padrões internacionais estabelecidos por Wolfe (1993), eles demonstram aumento de umidade, o que é corroborado pelas "localidades" de Mata Atlântica. A vegetação de Mata Atlântica, ou melhor dizendo, do Complexo vegetacional Atlântico, é denominada regionalmente de Mata higrófila sul-baiana e inclui "localidades" de floresta ombrófila densa e restinga. Algumas "localidades" de floresta estacional também apresentam características semelhantes, estando próximas as anteriormente citadas. É interessante comentar que a ocorrência de ápice emarginado sugere existência de problemas durante o desenvolvimento da folha, o que poderia indicar condições adversas ou vegetações ocorrendo no limite de seu habitat preferencial.

O eixo 2 não apresenta parâmetros de interpretações claras segundo os padrões vegetacionais, mas reúne em uma de suas extremidades, folhas lobadas e com dentes nas margens foliares, característica comumente apresentada por espécies de Euphorbiaceae. Além desses dois

parâmetros, a extremidade do eixo 2 difere do eixo um por englobar também base cordada e arredondada. A “localidade” mais distante nesta extremidade do eixo dois corresponde à vegetação de mata ciliar do município de Jacobina. Outras “localidades” nesta extremidade incluem Simões Filho, na região metropolitana de Salvador; Formosa do Rio Preto, município que faz fronteira com os estados de Tocantins e Piauí e exibe vegetação de cerrado; Iaçú e Joazeiro, com vegetação de caatinga; a estação da EMBASA em Cachoeiras, que contudo pode ter vegetação com influência antrópica; Itaberaba, Pindubaçu, que apresentam vegetação de floresta estacional; e São Sebastião do Passe com vegetação de restinga.

Algumas análises de PCA não serão demonstradas por inadequação de espaço e grau de interpretação necessário para o entendimento do estabelecimento do padrão fisionômico.

Cada vegetação foi analisada separadamente incluindo-se as regiões de contato. Em tese, as regiões de contato apresentam-se mais distantes das regiões da vegetação propriamente dita. Essas variações podem estabelecer o padrão fisionômico de cada vegetação. Para interpretar a assembléia fóssil de Campo Formoso, esta assembléia está presente em todas as análises realizadas.

Legendas das cidades nos gráficos de PCA		>800m de altitude	800-400m de altitude	< 400m de altitude	atlântica	estacional	caatinga	cerrado	restinga	mata ciliar	campo rupestre
Abaíra	Abaíra	5	5	0	0	0	3	3	0	3	0
Alag	Alagoinhas	0	0	10	0	10	0	0	0		0
AmRodPar	Amelia Rodrigues	0	10	0	0	0	0	0	0	0	-10
Andaraí	Andaraí	10	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Barreira	Barreiras	5	5	0	0	0	0	10	0	0	0
Belmonte	Belmonte	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
BVTu Par	Boa Vista do Tupim	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
Bom Jesu	Bom Jesus da Lapa	0	10	0	0	5	5	0	0	0	0
Bonito	Bonito	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
Cac	Cachoeira	0	0	10	5	5	0	0	0	0	0
CacBan	Cachoeira, Bananeiras	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
CacEMB	Cac, Estação EMBASA	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
CacIpuá	Cachoeira, Ipuáçu	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
CacMB	Cachoeira, Morro Belo	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
CacPedC	Cac, Pedra do Cavalo	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
CacPCA	Cac, Porto Castro Alves	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Caem	Caem	0	0	10	0	5	5	0	0	0	0
Caetitê	Caetitê	0	10	0	0	0	5	5	0	0	0
Cairú	Cairu	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
Camaçari	Camaçari	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
Caravela	Caravelas	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Castro A	Castro Alves	0	10	0	0	5	5	0	0	0	0
Con	Conde	0	0	10	0	3	0	3	0	3	0
Conind	Conde indeterminado	0	0	10							
Conde e	Conde e vegetações	0	0	10	0	3	0	3	0	3	0
Elísio M	Elísio Medrado	5	5	0	0	10	0	0	0	0	0
Entre Ri	Entre Rios	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Érico Ca	Érico Cardoso	5	5	0	0	0	0	10	0	0	0
Esplanad	Esplanada	0	0	10	5	5	0	0	0	0	0
Eunápoli	Eunápolis	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
FS	Feira de Santana	0	0	10	0	5	5	0	0	0	0
FSind	FS indeterminado	0	0	10							

Tabela 10 - Abreviações das “localidades” utilizadas nas PCA, suas altitudes e vegetações.

Legendas das cidades nos gráficos de PCA		>800m de altitude	800-400m de altitude	< 400m de altitude	atlântica	estacional	caatinga	cerrado	restinga	mata ciliar	campo rupestre
FSant	FS área antrópica	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0
FScat	Feira Santana, caatinga	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0
FSSJ,	FS, Serra de São José	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0
FStotal	Feira de Santana total	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0
Formosa	Formosa do Rio Preto	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0
Gentio d	Gentio do Ouro	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0
Iaçu	Iaçu	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
Ibipeba	Ibipeba	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Ibicoara	Ibicoara	10	0	0	0	3	0	3	0	3	0
Ibiraba	Ibiraba	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Ilh	Ilhéus	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
IlhMat,	Ilhéus, Mata Atlântica	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Ilhind	Ilhéus, indeterminado	0	0	10							
Ilherest	Ilhéus, restinga	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
Ilhcab	Ilhéus, mata de cabruca	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
IlhME	Ilh, Mata da Esperança	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Ilhomb	Ilhéus, ombrófila densa	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
IlhOI	Ilhéus, Olivença	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
Ilhtotal	Ilhéus, total	0	0	10	5	0	0	0	5	0	0
Ipecaetá	Ipecaetá	0	5	5	5	0	5	0	0	0	0
Irecê	Irecê	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Itaberab	Itaberaba	0	5	5	0	10	0	0	0	0	0
Itacaré	Itacaré	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Itanag	Itanagra	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Itaête	Itaête	10	0	0	0	5	5	0	0	0	0
Ituaçu	Ituaçu	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0
Ituberá	Ituberá	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
Jac	Jacobina	5	5	0	0	5	5	0	0	0	0
Jacmc,	Jacobina, mata ciliar	5	5	0	0	0	0	0	0	10	0
Jactest	Jacobina, estacionais	5	5	0	0	10	0	0	0		0
JacSerC ,	Jac, Serra do Cruzeiro	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jactotal	Jacobina, total	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Jequié	Jequié	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
Joazeir	Joazeiro	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0
Jussari	Jussari	0	0	10	5	5	0	0	0	0	0
LaP	Lamarão do Passe	0	0	10	0	0	0	0	5	5	0
LaPind	La P, indeterminado	0	0	10							
LaP1	Lamarão P, ponto 1	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0
LaPttotal	Lamarão Passe, total	0	0	10	0	0	0	0	5	5	0
Len	Lençóis	10	0	0	0	5	0	0	0	0	5
LenBo,	Lençóis, Boqueirão	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0
Lencr,	Len, campo rupestre	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Lenfoz	Len, foz do Capivara	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Lenmc,	Lençóis, mata ciliar	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Lentbd,	Lençóis, trilha do Bodão	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
SeChest	Lençóis, Serra da Chapadinha, mata ciliar	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
SeChgrt	Len, Serra Chapadinha, mata de grotão	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
SeChtota	Lençóis, Serra da Chapadinha total	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Lenttotal	Lençóis, Lençóis total	10	0	0	0	3	0	0	0	3	3
Lenfech	Lençóis, fechado	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Maracás	Maracás	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
Maraú	Maraú	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
2IrmPE	Mata Dois Irmãos, PE	0	0	10							
Mata de	Mata de São João	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
MiC	Miguel Calmon	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5
MiCcr ,	MiC, campo rupestre	5	5	0	0	0	0	0	0	0	10

Tabela 10 (cont.) - Abreviações das “localidades” utilizadas nas PCA, suas altitudes e vegetações.

Legendas das cidades nos gráficos de PCA		>800m de altitude	800-400m de altitude	< 400m de altitude	atlântica	estacional	caatinga	cerrado	restinga	mata ciliar	campo rupestre
MiCgal	MiC, floresta galeria	5	5	0	0	0	0	0	0	10	0
MiCind	MiC, indeterminado	5	5	0							
MiCtotal	Miguel Calmon total	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5
Morporá	Morporá	0	10	0	0	3	3	3	0	0	0
MC	Morro do Chapéu	10	0	0	0	5	5	0	0	0	0
MCind	MC, indeterminado	10	0	0							
MCcrup	MC, campo rupestre	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
MCcat	MC, caatinga	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
MCmc	MC, mata ciliar	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
MCTotal	MC, total	10	0	0	0	0	3	0	0	3	3
Mu	Mucugê	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mucam	Mucugê, campos gerais	10	0	0	0	0	0	0	0	0	-10
Mucrup	Mucug, campo rupestre	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Muind	Mucugê, indeterminado	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mutran	Mucugê, transição	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mutotal	Mucugê, total	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mundo No	Mundo Novo	0	10	0	0	5	5	0	0	0	0
Pal	Palmeiras	10	0	0	0	0	0	5	0	0	5
Palcal	Pal, cerrado de altitude	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
PalPice	Pal, Pai Inácio, cerrado	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Paulo Af	Paulo Afonso	0	0	10	0	5	5	0	0	0	0
Pilão Ar	Pilão Arcado	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Pindubaç	Pindubaçu	5	5	0	0	10	0	0	0	0	0
Porto Se	Porto Seguro	0	0	10	5	0	0	0	5	0	0
Prd	Prado	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Prdgrt	Prado, mata de grotão	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0
Prdrest	Prado, Prado, restinga	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
Prdtotal	Prado, Prado total	0	0	10	0	0	0	0	5	5	0
Raso da	Raso da Catarina	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Remanso	Remanso	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
RiP	Ribeira do Pombal	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
RiPcat	Ribeira P, caatinga	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
RiPeco	Ribeira P, ecótono	0	5	5	0	0	5	0	0	0	0
RiPtotal	Ribeira do Pombal total	0	5	5	0	0	5	0	0	0	0
RC	Rio das Contas	10	0	0	0	0	3	3	0	0	3
RCcrup	RC, campo rupestre	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
RCtotal	Rio Contas total	10	0	0	0	0	3	3	0	0	3
Rodelas	Rodelas	0	5	5	0	0	10	0	0	0	0
Ruy Barb	Ruy Barbosa	0	5	5	0	5	0	0	0	5	0
Salvador	Salvador	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Abaete S	dunas do Abaeté	0	0	10	0	0		0		0	0
aeroport	dunas do aeroporto	0	0	10	0	0		0		0	0
Itapaero	dunas Itapã + aeroporto	0	0	10	0	0		0		0	0
Itapoa S	dunas de Itapôa	0	0	10	0	0		0		0	0
SSC	Santa Cruz Cabralia	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SCCvera	SCC, Estação Veracruz	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SCCcomb	SCC, ombrófila densa	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SCCcedro	SCC, projeto CEDRO	0	0	10							
SCCrest	SCC, restinga	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
SCCES	SCC, ESPAB	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SCCind	SCC, indeterminado	0	0	10							
SCCtotal	SCC, total	0	0	10	5	0	0	0	5	0	0
StaTer	Santa Terezinha, Serra	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
SDesid	São Desidério	5	5	0	0	0	0	10	0	0	0
SFraCon	São Francisco Conde	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SSP	São Sebastião Passe	0	0	10	5	0	0	0	5	0	0
SSPrest	SSP, restinga antrópica	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
SSPpars	SSP, Panema	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
SSPpaid	SSP, P indeterminado	0	0	10							

Tabela 10 (cont.) - Abreviações das “localidades” utilizadas nas PCA, suas altitudes e vegetações.

Legendas das cidades nos gráficos de PCA		>800m de altitude	800-400m de altitude	< 400m de altitude	atlântica	estacional	caatinga	cerrado	restinga	mata ciliar	campo rupestre
SSPtotal	SSP, total	0	0	10	5	0	0	0	5	0	0
Simões	Simões Filho	0	0	10							0
Tucano	Tucano	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Uauá	Uauá	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
U	Una	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
UESMAI	Una, ESMAI	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
UMAt	Una, Mata Atlântica	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
UREBIO	Una, REBIO	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Uind	Una indeterminado	0	0	10							0
Utotal	Una total	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Uruçuca	Uruçuca	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Valença	Valença	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
VC	Vera Cruz	0	0	10	3	0	0	0	3	3	0
Vcind	VC indeterminado	0	0	10							
Vctotal	Vera Cruz total	0	0	10	3	0	0	0	3	3	0
Vitória	Vitória da Conquista	10	0	0	0	5	5	0	0	0	0
Wagner	Wagner	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0
Xique-Xi	Xique-Xique	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
Wencesl	Wenceslau Guimarães	0	5	5	5	0	0	0	0	5	0
Localidades em estudo:											
CAM FORM	Campo Formoso após morfotipos	0	10	0		?	?	??		?	
CForm	Campo Formoso final	0	10	0		?	?	??		?	
Pacui	Afloramento Pacuí	0	10	0		?	?	??		?	
FazBen	Afl. Fazenda Bento	0	10	0		?	?	??		?	
SALG	Afloramento Salgadinho	0	10	0		?	?	??		?	

Tabela 10 (cont.) - Abreviações das “localidades” utilizadas nas PCA, suas altitudes e vegetações.

É importante ressaltar que a formação de cada eixo é diferente em cada análise, visto que o eixo em si é determinado durante o processo de análise multivariada dos dados, pelo programa de estatística, procurando estabelecer as causas das variações desses dados. Posteriormente serão comparadas algumas vegetações para confirmar ou não as análises isoladas, pois a grande preocupação foi estabelecer a reprodutividade da estatística para o caso de estudos em vegetações nas regiões próximas à Bahia.

Como algumas análises são de difícil interpretação, as características isoladamente, foram examinadas para melhor definição de variações. Em algumas delas foram acrescentados dados de altitude, conforme tabela 10.

7.2 - Análises por tipo vegetacional

7.2.1 - Bioma cerrado

A análise da vegetação de cerrado está representada por menor número de “localidades” devido ao maior território dos municípios do oeste da Bahia, onde esta vegetação predomina. Formosa do Rio Preto, localizado no limite norte do bioma cerrado, distanciou-se das demais, pela frequência de ápices emarginados e apenas 42% das espécies sem dentes nas margens foliares. O ápice emarginado pode ser ocasionado por condições ambientais desfavoráveis.

Foi possível diferenciar as “localidades” que apresentam o contato do cerrado com floresta estacional das demais “localidades”, assim como leve distinção entre o cerrado próximo ao Estado de Goiás daquele mais próximo ao Estado de Minas Gerais, este em contato com a caatinga.

De qualquer forma, a assembléia fóssil de Campo Formoso aparenta não guardar muitas semelhanças fisionômicas com a vegetação de cerrado presente na Bahia.

7.2.2 - Bioma Complexo Atlântico

Na análise da vegetação do Complexo Atlântico, muitas “localidades” estavam disponíveis, principalmente quando se associam as denominadas florestas ombrófilas densas que ocorrem mais para o nordeste da Bahia. O eixo 1 da análise do Complexo Atlântico exibe quase os mesmos parâmetros da análise global, inclusive com os mesmos valores relativos. Pode-se perceber então, a grande relevância do complexo atlântico na análise global, justificando a análise das vegetações separadamente.

7.2.3 - Bioma Caatinga

Na análise da vegetação da Caatinga, muitas “localidades” estavam disponíveis e bem distribuídas ao longo do Estado da Bahia assim, tendo sido possível documentá-la no contato com quase todos os tipos vegetacionais. No total foram utilizadas 39 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso, atualmente localizado em área de ocorrência de caatinga (Gráfico 2).

A PCA pode individualizar as “localidades” com contatos vegetacionais, com exceção de Ituaçu, Bom Jesus da Lapa e Xique-Xique, “localidades” nas quais a caatinga faz contato com floresta estacional. Essas “localidades”, situadas em regiões mais elevadas, estão agrupadas mas não separadas de outras apenas com caatinga. Nesta PCA, nem todos os aspectos fisionômicos puderam ser explicados.

7.2.4 - Floresta estacional

A floresta estacional pode ou não ser considerada como bioma, conforme comentado no capítulo 2. Caracterizada pela decidualidade sazonal de seus elementos, é classificada como semidecídua ou decídua de acordo com o percentual de espécies que exibem decidualidade. Também é chamada de floresta caducifólia não espinhosa, podendo ser bem similar a algumas fisionomias da caatinga. Mesmo com certo grau de incerteza na classificação da floresta estacional pelo herbário ALCB, considera-se a análise particularizada bastante significativa devido ao grande número de “localidades” descritas como estacionais.

Gráfico 3 - Análise da vegetação de floresta estacional e regiões de contato: PCA de 34 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo-Formoso. Eixos 1 e 2. Abreviações na tabela 10.

O eixo 1 da PCA corresponde ao eixo 1 da análise global, incluindo valores de importância relativa, com apenas uma exceção: ao invés de utilizar base arredondada ou aguda, como ocorre na análise global, utiliza-se apenas a base aguda. Este resultado é muito importante por demonstrar que a fisionomia foliar reflete a fisionomia da vegetação e que quase nunca os biomas são uniformes em suas fisionomias. Por comparação, esse eixo pode ser considerado como representativo da umidade.

O eixo 2 da análise também é bem similar ao eixo 2 da análise global, com algumas exceções ou mudanças dos valores das importâncias relativas dos parâmetros utilizados. A ocorrência de margem foliar com dentes é de importância tão alta quanto na análise global, mas a margem lobada perde representatividade na formação do eixo. As classes de tamanho continuam sendo as maiores, mas meso II é menos significativa enquanto que a classe micro III possui maior representatividade. O ápice emarginado não é representado na extremidade negativa e os tipos de base cordada ou arredonda são menos relevantes.

Essas pequenas diferenças basicamente não alteram a disposição das “localidades” em relação a esses dois eixos, que podem ter sido alterados pela inclusão das “localidades” com menos de 20 espécies documentadas, conforme observado no gráfico 3.

Existe distanciamento de algumas “localidades” nas quais a floresta estacional encontra-se em contato com a vegetação de caatinga, mas não para todas. É difícil correlacionar esta distribuição com aspectos geográficos, pois Boa Vista do Tupim, por exemplo, e Itaberaba, estariam em condições muito similares e estão bem afastadas no gráfico 3. Portanto, para melhor compreensão desta vegetação, torna-se necessário utilizar o eixo 3 da PCA, bem caracterizado pela presença de ápice arredondado e também base arredondado na extremidade negativa. A extremidade positiva, no entanto, é caracterizada pela relação de delgadeza menor que 1:1. Embora de difícil compreensão, esse eixo acarreta a formação de três agrupamentos de “localidades”, conforme indica o gráfico 4.

No agrupamento denominado I encontram-se as “localidades” nas quais a floresta estacional está em contato com a vegetação de caatinga. Estas “localidades” estão nas proximidades da Chapada Diamantina. O clima varia de semi-árido a úmido-subúmido, segundo a classificação do SEI. Nesta análise, ao contrário do esperado, o tipo climático não corresponde ao principal fator de agrupamento provavelmente devido a grandes variações na estrutura da vegetação. O Estado da Bahia representa, de fato, o encontro de três grandes biomas brasileiros. Baseando-se nesta análise optou-se pela inclusão do caráter altitude, conforme anteriormente comentado.

No agrupamento denominado II, concentra-se o maior número de “localidades” com vegetação exclusivamente de floresta estacional e algumas “localidades” com a floresta estacional em contato com a vegetação de caatinga. Exibem clima semi-árido a subúmido-seco e localizam-se na porção centro-norte da Bahia, em altitudes intermediárias. Morporá constitui exceção, tanto de localização quanto de tipo de vegetação, já que a floresta estacional encontra-se em contato com a vegetação de cerrado.

Gráfico 4 - Análise da vegetação de floresta estacional e regiões de contato: PCA de 34 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 3. Abreviações na tabela 10.

O agrupamento III, distribuído na região central do eixo 3, concentra a maior parte das “localidades” que possuem contato da floresta estacional com floresta ombrófila. O clima dessas “localidades” varia de úmido a úmido-subúmido, mas também subúmido-seco, como no caso de Boa Vista do Tupim apenas com floresta estacional e de Jacobina, que são únicas pela situação em altitudes intermediárias. Interessante neste gráfico é o posicionamento da assembléia fóssil de Campo Formoso nas proximidades do maior agrupamento.

7.3 - Análises por características

Na tentativa de melhor compreender estas vegetações, realizou-se PCA de características mais específicas, procurando identificar a variação de cada parâmetro. Nestas análises, retirou-se algumas “localidades” da vegetação higrófila sul-baiana, para evitar concentrar as características desta vegetação muito bem representada.

Correlacionou-se os caracteres referentes à margem foliar e as classes de tamanho, dois parâmetros normalmente interpretados como diretamente relacionado ao clima. O PCA destas características encontra-se representado no gráfico 5.

O eixo 1 é constituído pela presença de margem sem dentes e classes de tamanho micro III e meso I em sua extremidade negativa. Essas características são comumente associadas a clima úmido e/ou vegetação fechada. O eixo 2 também é constituído pela presença de margem sem dentes, mas pelas menores classes de tamanho, fazendo com que não ocorram “localidades” distribuídas na porção inferior esquerda do gráfico. A melhor caracterização desse eixo ocorre pela extremidade positiva constituída pela presença de dentes regulares e próximos associados a classes de tamanho maiores que micro III. Essa associação estaria melhor representando vegetações fechadas. O gráfico não mostra agrupamento nítido entre as diferentes vegetações.

Gráfico 5 - Tipos de margem foliar e classes de tamanho: PCA de 72 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2. Abreviações na tabela 10. Vermelho para cerrado, azul para estacional e amarelo para caatinga.

Para melhor distinção da distribuição de cada tipo vegetacional, “localidades” de diferentes vegetações foram projetadas diretamente em cada eixo. As distribuições se sobrepõem, mas mostram espectro diferenciado. Não foram projetadas, contudo, as “localidades” com mais de uma vegetação porque elas estariam nos limites de sua distribuição, não caracterizando as condições normais do tipo vegetacional.

Interpretando essas distribuições em função da formação de cada eixo, pode-se dizer que as “localidades” de cerrado possuem maior disponibilidade hídrica para as plantas. As distribuições da floresta estacional e da caatinga se sobrepõem, mas a vegetação de caatinga teria menor disponibilidade hídrica, fatos bem aceitos. O cerrado, presente na Bahia, teria como característica, estruturas fisionômicas mais abertas que a estrutura da floresta estacional. A caatinga apresenta distribuição dispersa nos gráfico, podendo possuir estrutura aberta assim como estrutura ainda mais fechada que floresta estacional. Entretanto, estas interpretações estão baseadas na análise clássica das características foliares. Aparentemente, as diferentes adaptações fisiológicas das espécies de caatinga poderiam resultar em folhas condicionadas por outras características. De fato, foram essas características diferenciadas que induziram a realização da análise fisionômica da vegetação da Bahia. Observou-se que espécies presentes no ALCB exibiam folhas que se tornavam menores à medida que a vegetação de caatinga tornava-se mais fechada.

Em outra análise, correlacionou-se o tamanho foliar com a relação de delgadeza nas diferentes vegetações. A floresta estacional exibe ampla variedade de formas foliares, mas nenhum padrão pode ser estabelecido com apenas estes critérios. Como seria esperado, as folhas maiores e mais largas são encontradas principalmente em vegetações do Complexo Vegetacional Atlântico. Folhas menores e mais estreitas ocorrem nos biomas cerrado e caatinga. No entanto, esses agrupamentos ainda não permitem distinção nítida entre os diferentes biomas.

Ainda tentando melhor estabelecer os parâmetros morfológicos, procurou-se analisar separadamente a forma foliar propriamente dita com os diferentes tipos de extremidades foliares de ápice e de base, realizando outra PCA, representada no gráfico 6. O eixo 1 é definido pela presença de ápice atenuado, base arredondada e forma elíptica na extremidade negativa e forma oval, ápice agudo e base cordada na extremidade positiva. O eixo 2 é constituído pela presença de base aguda e forma oboval na extremidade negativa e pela presença de base arredondada ou cordada associada a ápice arredondado na extremidade positiva.

Embora não sejam as características mais marcantes nas análises multivariadas que já foram testadas, essas características permitiram agrupamentos interessantes. O agrupamento I inclui folhas elípticas com extremidades arredondadas, correspondendo as formas foliares mais comumente encontradas no Estado da Bahia, incluindo diferentes tipos vegetacionais. O agrupamento II

também corresponde a um tipo foliar comum, diferente do anterior por apresentar folhas ovais. Estudando as diferentes “localidades”, observa-se a presença da relação de delgadeza predominantemente 1-2:1 e que elas estão sujeitas a climas um pouco mais úmidos que o agrupamento anterior.

O agrupamento III inclui maior variedade de formas foliares e reúne vegetações próximas ao litoral ou em matas de grotão nas proximidades da Chapada Diamantina. O agrupamento IV contém maior porcentual de folhas ovais com base cordada e ápice agudo e reúne “localidades” nas quais a caatinga está em contato com vegetações mais úmidas. Os agrupamentos V e VI são formados por “localidades” úmidas, embora apresentem formas foliares diferenciadas. O agrupamento V possui folhas elípticas com base arredondada e ápice atenuado enquanto o VI, folhas predominantemente obovais com ápices arredondados e bases agudas.

Gráfico 6 - Forma foliar e tipos de ápice e de base: PCA de 72 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 2. Abreviações na tabela 10. Vermelho para cerrado, azul para estacional e amarelo para caatinga

É interessante observar que a assembléia fóssil de Campo Formoso não se posiciona em nenhum desses agrupamentos.

Em geral, analisando-se a representatividade de cada eixo em cada análise diferenciada, torna-se possível dizer que a vegetação de cerrado é a que apresenta características mais próprias, mais restritas, talvez porque sua distribuição não seja tão ampla no Estado da Bahia. A tabela 11 ilustra as comparações:

	Cerrado	Caatinga	Floresta estacional
Tamanho	Micro II a III	Micro II e III	Micro III, também II
Tipo de ápice	Arredondado, também agudo	Arredondado, também atenuado	Arredondado a atenuado
Tipo de base	Arredondada	Arredondada e aguda	Arredondada, também aguda
Delgadeza	1-2, também 2-3	1-2 ou espalhada	1-3
Forma foliar	Elíptica	Elíptica, também oval	Elíptica e oval
Tipo de margem	Alto índice de margem sem dentes (73-88%)	Cerca de 60% sem dentes, sendo maior percentual quando em altitude	Índice intermediário de margem sem dentes (65-88%)

Tabela 11 - Síntese das características fisionômicas das vegetações de cerrado, caatinga e floresta estacional na Bahia.

Pode-se perceber que as diferenças são sutis, tornando difícil separar as vegetações, mas, embora os agrupamentos sejam mais complexos, eles aparentam, ainda sim, algumas similaridades. O distanciamento da assembléia fóssil de Campo Formoso na maioria das análises, parece sugerir mistura de vegetações. Assim, o desafio consiste em descobrir a estrutura vegetacional dessa associação pretérita. Maior umidade transcrita em sazonalidade com menor duração da estação seca é provavelmente um dos fatores para explicar variação da vegetação.

7.4 - Análises de vegetações e características acrescidas do caráter altitude

Com objetivo de estabelecer relação entre características de vegetação e relevo, utilizou-se o caráter altitude nas PCAs. A presença de áreas montanhosas como a Chapada Diamantina e Serra

do Espinhaço na porção central e sul do Estado da Bahia, altera aspectos climáticos e favorece mistura vegetacional. Os dados de altitude tiveram como base o mapa hipsométrico da SEI. O mapa fornece quatro grupos de altitude. a) altitudes menores que 400 metros correspondente à planície litorânea, alguns planaltos como pré-litorâneo e o costeiro e parte da bacia sedimentar Recôncavo-Tucano; b) altitudes entre 400 e 800 metros corresponde a parte do planalto sul-baiano, grande parte do chapadão ocidental do São Francisco e parte das denominadas depressões periféricas e interplanálticas; c) altitudes entre 800 a 1.200 metros correspondente a grande parte da Chapada Diamantina e Serra Geral do Espinhaço e d) altitudes maiores que 1.200 metros, correspondentes às porções mais elevadas da Chapada Diamantina. Nas PCAs, a altitude foi definida com menores que 400 metros, entre 400 e 800 metros e maiores que 800 metros, sendo que os municípios presentes em mais de uma classe de altitude tiveram seu *score* dividido entre elas.

A tabela 10 (páginas 131-134) mostra que o contato entre vegetações ocorre preferencialmente em municípios localizados em áreas de transição entre planície e planalto.

No entanto, não houve mudança significativa na PCA da vegetação de Caatinga com ou sem altitude. Em relação a PCA da vegetação estacional e regiões próximas à mesma foram observadas variações em relação ao primeiro eixo da análise, que representa mais de 20% da variação de dados.

A inclusão da altitude nas análises por características foi importante para compreensão da variação de alguns parâmetros. Por exemplo, as PCAs com tipos de dentes e tamanho foliar apresentam a mesma distribuição das “localidades”, indicando que estes dois parâmetros variam em função do clima e conseqüentemente em função da altitude e as análises refletem tal relação, mas o mesmo não acontece nas PCAs com tamanho e delgadeza. Se, ao se incluir o parâmetro altitude, ocorre modificação na distribuição das “localidades”, significar dizer que tamanho e delgadeza não refletem variações ambientais relacionadas à variação climática decorrente da mudança de altitude. Especificamente o parâmetro delgadeza, talvez possa ser utilizado para diferenciar tipos de estruturas vegetacionais, mas provavelmente não temperatura e umidade.

Analisando-se apenas a forma foliar, isto é, apenas os diferentes tipos de ápice e base associados à forma geral oval, elíptica e oboval, houve apenas pequenos deslocamentos nas posições das “localidades”. Estas características estão classicamente relacionadas com a pluviosidade e somente parcialmente alteradas pelo relevo.

7.5 - Análises comparativas entre diferentes tipos de vegetações

Como mencionado anteriormente, a Caatinga foi a vegetação de mais difícil caracterização. O bioma em questão é mais complexo que o Cerrado, que possui gradiente bem estudado e bem definido entre o campo limpo e o cerradão. O mesmo não acontece com a Caatinga, que exibe diferentes composições florísticas entre sua ocorrência sobre o cristalino ou sobre áreas sedimentares (Lemos & Rodal, 2002), sem contar a presença do carrasco, que além de apresentar composição florística diferenciada, possui estrutura vegetacional própria (Rodal *et al.*, 1998). Em áreas mais úmidas também ocorrem brejos de altitude, de estrutura mais fechada mas, por outro lado, com vegetação menos decídua.

A Caatinga foi comparada com diferentes tipos vegetacionais para refinamento das análises previamente comentadas. Quando comparada com vegetações úmidas, a Caatinga manteve o mesmo padrão nas diferentes PCAs, padrão que só foi relativamente alterado quando comparada com florestas estacionais. Padrão este mostrado no gráfico 7.

A PCA Caatinga e Mata Atlântica explica 44% da variação dos dados nos dois primeiros eixos. As “localidades” da Caatinga distribuem-se no segundo e terceiro quadrantes, enquanto que as “localidades” de Mata Atlântica distribuem-se no quarto quadrante. O primeiro quadrante chama a atenção por apresentar tanto “localidades” de áreas de contato ou impactadas como Ilhéus e Santa Cruz da Cabralia como “localidades” de Caatinga representadas por Tucano, Rodelas e Santa Terezinha.

A PCA Caatinga e Mata Ciliar explica 45% da variação dos dados nos dois primeiros eixos gerados pela análise e 59% utilizando-se os três eixos. Como Mata Ciliar considerou-se todas as vegetações ribeirinhas identificadas, mesmo tratando-se de mata de galeria ou mata de grotão. Nesta análise, o primeiro com o terceiro eixos apresentam distribuição similar ao anterior, visto que o segundo eixo representa apenas as características da assembléia fóssil de Campo Formoso. Como comentado, a distribuição das “localidades” na PCA de Caatinga e Mata Ciliar é semelhante a da análise Caatinga e Mata Atlântica, mas as localidades de Mata Ciliar encontram-se apenas no quarto quadrante (Gráfico 7). No primeiro quadrante, além de Tucano, Rodelas e Santa Terezinha encontram-se as caatingas de Maracás, Morporá, dunas de Salvador e Morro do Chapéu.

O mesmo padrão de distribuição das localidades de caatinga ocorre na PCA caatinga e restinga, com a restinga no quarto quadrante. Mesmo a restinga sendo considerada um tipo vegetacional do complexo atlântico, ela exibe fisionomia própria. Esta PCA explica 40% da variação dos dados nos dois primeiros eixos. No primeiro quadrante encontram-se todas as localidades de caatinga presentes neste quadrante na análise caatinga e mata ciliar, acrescida de

localidades de restinga como Prado, São Sebastião do Passe, Ilhéus, Santa Cruz da Cabrália, Vitória da Conquista e “Jacobina total”.

Gráfico 7 - Análise das vegetações de caatinga e mata ciliar incluindo regiões de contato. PCA de 52 “localidades” para comparação com a assembléia fóssil de Campo Formoso. Eixos 1 e 3. Abreviações na tabela 10.

Ao se interpretar as três análises em conjunto, observa-se que não há relação de distribuição das localidades de caatinga em função da altitude, conforme já havia sido comentado nas interpretações das análises com acréscimo da altitude. O segundo e terceiro quadrantes representam, nessas três análises, “localidades” com maior quantidade de folhas nas menores classes de tamanho, empiricamente observadas nas vegetações mais fechadas da caatinga. As “localidades” com maior quantidade de folhas com dentes distribuem-se no segundo quadrante e as com maior quantidade de folhas sem dentes no terceiro. A variação das “localidades” distribuídas no primeiro quadrante deve-se principalmente a diferenças relativas entre a caatinga e demais vegetações estudadas.

De modo geral, pode-se considerar que algumas localidades de caatinga, mesmo situadas na região semi-árida, exibem características foliares semelhantes às localidades situadas na área de ocorrência de Mata Atlântica e restinga no litoral, onde predomina clima úmido. As características em comuns são as classes de tamanho maiores e sem dentes, ápice atenuado, base arredondada ou cordada e forma elíptica relativamente estreita.

Os dados de herbário são insuficientes para se saber se estas localidades são de clima mais úmido, estrutura vegetacional mais fechada (não corroborado pelos dados empíricos) ou variações na decíduocidade da vegetação.

Sugere-se que a semelhança fisionômica observada entre folhas de vegetação situadas em áreas com climas tão distintos, pode ser causada pela completa decíduocidade da vegetação de Caatinga. Esta hipótese parece ser bastante consistente, porque algumas localidades que apresentam tal fisionomia, encontram-se mais ao norte do Estado da Bahia, onde a caatinga é tipicamente decídua. Alta decidualidade exige menor adaptação fisionômica da folha, pois ela se desenvolve quase que inteiramente no período de chuvas e cai após o término do período úmido.

Por outro lado, localidades de caatinga situadas em áreas com estação seca mais curta, permitem que as folhas sejam mantidas na planta por tempo relevante durante a estação seca. Dessa forma, maiores adaptações são necessárias diante do crescente estresse hídrico após estação chuvosa. Por esse motivo, ao contrário da relação estabelecida no padrão internacional, folhas de vegetação mais fechadas seriam menores do observados em vegetações mais abertas. A diminuição do tamanho foliar seria adaptação ao período seco e não resposta à diminuição da intensidade luminosa. Normalmente as folhas de vegetações fechadas precisam ser maiores que as folhas da mesma espécie em vegetação aberta, devido à diminuição da intensidade luminosa.

O padrão de distribuição das localidades de caatinga é alterado quando as mesmas são comparadas a vegetações menos úmidas como o cerrado. A PCA caatinga e cerrado explica 41% da variação dos dados nos primeiros dois eixos da análise e pode ser observada no gráfico 8.

Na PCA caatinga e cerrado, as “localidades” de caatinga, até então distribuídas nos segundos e terceiros quadrantes, passa a ocupar o primeiro e segundo quadrante, mesmo a formação dos eixos sendo similar aos eixos formados pelas PCAs de Caatinga e Mata Ciliar. O cerrado e “localidades” com contato entre as vegetações distribuem-se no terceiro quadrante, como Abaíra e Caetité, juntamente com duas “localidades” de contato entre caatinga e floresta estacional, Caém e Gentio do Ouro. Mas outras “localidades” de contato entre caatinga e floresta estacional como Bom Jesus da Lapa, Ituaçu e Castro Alves, distribuem-se entre o primeiro e segundo quadrantes. Ao primeiro quadrante soma-se o município de Formosa, região de cerrado. O quarto quadrante é quase restrito a assembléia fóssil de Campo Formoso. É interessante notar que as

na qual o período seco não é tão intenso quanto o período árido existente em boa parte da distribuição da caatinga.

Para testar essa hipótese, analisa-se a PCA caatinga e vegetações estacionais conjuntamente. A análise não consegue diferenciar bem as duas vegetações, embora o segundo quadrante registre apenas caatinga e o terceiro quadrante registre localidades em áreas de contato entre vegetações. O primeiro quadrante mantém-se similar ao primeiro quadrante da PCA caatinga e mata ciliar, acrescido das localidades com presença de floresta estacional como Pindubaçu, Itaberaba, Ituberá e Wagner. No quarto quadrante encontra-se a assembléia fóssil, localidades com floresta estacional e em áreas de contato.

7.6 - Interpretação geral da assembléia fóssil de Campo Formoso com base nas diferentes análises realizadas

A análise fisionômica se constitui em ferramenta de grande valia nas interpretações de assembléias fósseis por permitir inferir a estrutura vegetacional correspondente a parâmetros como dossel aberto ou fechado ou vegetação com apenas um dossel, dois dosséis ou multiestratificada. Em alguns casos, é possível inferir conjuntamente temperatura e umidade, principalmente em vegetações subtropicais ou temperadas. Desde Wolfe (1993), sabe-se que a temperatura só pode ser inferida para regiões de temperatura média até 28°C.

Os resultados obtidos indicam que a fisionomia das folhas não é um bom indicador de biomas como um todo, mas permite boas indicações estruturais, que de certa forma refletem condições climáticas. A primeira conclusão importante decorrente desta análise refere-se ao entendimento das características fisionômicas da vegetação de Caatinga. A análise fisionômica da vegetação da Bahia foi norteadada pela observação empírica da não concordância da vegetação de caatinga aos padrões internacionais estabelecidos por Wolfe (1993). Não é comum a presença de vegetação decídua em áreas tropicais e a decidualidade da caatinga pode mascarar a deficiência hídrica, porque suas folhas estão adaptadas para os períodos mais favoráveis.

Ao se estabelecer esta condição fundamental, torna-se mais clara a interpretação das demais características. Os estudos de cada vegetação separadamente e de cada tipo de característica, permitiram a interpretação dos demais parâmetros, corroborados pelas análises comparativas entre duas vegetações e pelas análises de características incluindo o parâmetro altitude.

Considerando tais análises, pode-se interpretar que a fisionomia da assembléia fóssil assemelha-se a vegetações presentes em maiores altitudes que a presente em Campo Formoso atualmente, conforme sugere a PCA de caatinga acrescida por caráter altitude. Estando hoje em área de ocorrência de caatinga, vegetação decídua, a assembléia fóssil estaria sujeita a condições sazonalmente mais úmidas, como as florestas estacionais semidecíduas. Esta conclusão pode ser corroborada pela análise das características dentes e tamanho, na qual a assembléia fóssil encontra-se próximas a vegetações na Chapada Diamantina e a vegetações de dossel fechado.

Em relação ao tamanho foliar e delgadeza da mesma, embora as PCAs com ou sem altitude sejam muito diferentes, em ambas a assembléia fóssil de Campo Formoso é relativamente afastada das outras “localidades”. Como a situação pretérita possa ter sido diferente da atual, deve-se considerar a possibilidade de melhores chances de preservação fossilífera de folhas com determinada delgadeza, visto que, aparentemente, este é um dos principais parâmetros afetados sem equivalente vegetacional atual. Por outro lado, quando se considera apenas o posicionamento em relação a um eixo, verifica-se a proximidade com “localidades” com diferentes tipos vegetacionais, o que poderia sugerir mistura vegetacional, conforme já discutido pela análise florística.

A tabela 12 sintetiza todas as cidades associadas à assembléia fóssil de Campo Formoso, em relação a cada eixo analisado nas diferentes PCAs. Como nem sempre a proximidade de um eixo representa grandes concordâncias, a tabela mostra em negrito, a análise na qual a cidade em questão está associada a Campo Formoso em dois eixos, representando maior proximidade à assembléia fóssil na PCA em questão. As discussões são apresentadas após a tabela.

Cidades nos gráficos de PCA	Próximas a Campo Formoso em pelo menos três diferentes eixos
Abaíra	Cerrado3 Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza3 forma e altitude3 Caatinga e Estacional2 Cerrado e Mata Atlântica1 Mata ciliar2
Alagoinhas	Estacional e regiões próximas3 tamanho, delgadeza e altitude1 Cerrado, estacional e campo rupestre1 Caatinga e Estacional2
Amélia Rodrigues	tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza 1 e 3 formae altitude1
Andaraí	Estacional e regiões próximas3 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Estacional2 Mata ciliar e campo rupestre3
Barreiras	Cerrado2 forma e altitude1 dentes, tamanho e altitude2 dente e tamanho2 Cerrado, Estacional e Campo rupestre1
Belmonte	Restinga2 tamanho e delgadeza3 Caatinga e Restinga2 Cerrado e Mata Atlântica3
Boa Vista do Tupim	Estacional e regiões de contato2 dente e tamanho2 dente altitude Caatinga e Estacional1
Bom Jesus da Lapa	Caatinga3 Caatingae altitude3 Estacional e regiões próximas1 forma e altitude 1 dentes e altitude2 e 3 dentes e tamanho2 Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga2
Caem	Estacional, regiões próximase altitude3 Estacional e regiões próximas1 Caatinga e Campo rupestre2
Caetité	Cerrado3 Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 tamanho e delgadeza3 forma e altitude1 Caatinga e Estacional2 Cerrado e Mata Atlântica1 e 3

Tabela 12 - “Localidades” próximas a Campo Formoso em pelo menos três eixos das diferentes PCAs realizadas

Cairu	Restinga2 tamanho e delgadeza3 dentes e tamanho2 Caatinga e Restinga1
Caravelas	Mata Atlântica3 Mata Atlântica2 dentes e altitude1 e 3 dentes e tamanho1 Cerrado e Mata Atlântica3
Castro Alves	Caatinga3 Caatinga e altitude3 Cerrado, estacional e campo rupestre3
Conde e vegetações	Estacional, regiões próximas e altitude3 Caatinga e Restinga1 e 2 Mata ciliar e campo rupestre3
Entre Rios	Restinga2 tamanho e delgadeza1 forma e altitude3 Cerrado, estacional e campo rupestre1 Caatinga e Mata Atlântica
Érico Cardoso	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 Caatinga e Estacional2 Cerrado e Mata Atlântica1 e 3
Esplanada	Estacional e regiões de contato3 Estacional, regiões próximas e altitude3 Restinga2 Caatinga e Restinga2
Feira de Santana, caatinga	Caatinga3 Caatinga e altitude3 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Estacional1
Feira de Santana, Serra de São José	Caatinga3 Caatinga e altitude1 e 3 Cerrado, Estacional e campo rupestre3 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Campo rupestre3 Caatinga e Estacional1
Feira de Santana total	Estacional e regiões próximas3 tamanho e delgadeza1 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata ciliar3
Formosa do Rio Preto	tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza 1 e 3
Gentio do Ouro	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional, regiões próximas3 tamanho e delgadeza2 forma e altitude 1 e 3 dentes e tamanho3 Caatinga e campo rupestre2 Caatinga e Estacional2
Iaçu	Caatinga3 Caatinga e altitude3 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza3
Ibicoara	Estacional, regiões próximas e altitude3 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Estacional2 Caatinga e Mata ciliar1 Cerrado e Mata Atlântica3 Mata ciliar2 Mata ciliar e campo rupestre3
Ibiraba	Caatinga3 Caatinga e altitude3 tamanho e delgadeza3 dentes, tamanhos e altitude2 dentes e tamanho2 Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga2
Ilhéus, restinga	forma e altitude3 dentes, tamanho e altitude1 dentes e tamanho1 Caatinga e Restinga2
Irecê	Caatinga3 Caatinga e altitude3 forma e altitude 1 e 3 dentes, tamanho e altitude2 Caatinga e Estacional2 Caatinga e Restinga2
Itaberaba	Estacional e regiões próximas3 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza1 forma e altitude3 Caatinga e Estacional1
Itacaré	Restinga2 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Restinga1
Itaête	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 e 3 tamanho, delgadeza e altitude1 forma e altitude1 e 3 dentes, tamanho e altitude2 dentes e tamanho2 Caatinga e Estacional2
Ituaçu	Caatinga3 Estacional e regiões próximas3 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza1 forma e altitude3 Caatinga e mata ciliar3 Caatinga e Restinga2
Ituberá	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas3 tamanho e delgadeza3 dentes e tamanho3
Jacobina, estacionais	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Estacional e regiões de contato3 Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas3 forma e altitude3 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Restinga2 Caatinga e Mata ciliar1 e 3
Jacobina, Serra do Cruzeiro	Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Estacional1 Campo rupestre2
Jacobina, total	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Estacional e regiões próximas3 tamanho e delgadeza3 forma e altitude3 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Restinga1
Jequié	Caatinga3 Caatinga e altitude3 Estacional e regiões próximas1 e 3 forma e altitude1 dentes, tamanho e altitude2 dentes e tamanho3 dentes e altitude
Joazeiro	Caatinga3 Caatinga e altitude3 tamanho, delgadeza e altitude1
Jussari	Estacional, regiões próximas e altitude3 Caatinga e Estacional2
Lençóis, mata ciliar	Caatinga e Mata ciliar1 Mata ciliar2 Mata ciliar e campo rupestre3
Lençóis, mata de grotão	Caatinga e Mata ciliar1 Mata ciliar2 e 3 Mata ciliar e campo rupestre3
Lençóis, Serra da Chapadinha total	tamanho e delgadeza3 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e mata ciliar1 Mata ciliar2 e 3
Lençóis, Lençóis total	Estacional e regiões de contato2 tamanho e delgadeza3 Caatinga

Tabela 12 (cont.) - "Localidades" próximas a Campo Formoso em pelo menos três eixos das diferentes PCAs realizadas

	e campo rupestre1 Caatinga e Estacional2 Caatinga e Mata ciliar1 Mata ciliar2 e 3
Lençóis, fechado	tamanho e delgadeza3 dentes, tamanho e altitude1 dentes e tamanho1
Maracás	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga1 e 2
Mata de São João	Mata Atlântica3 tamanho e delgadeza1 forma e altitude3 dentes e tamanho2 Caatinga e Mata Atlântica Cerrado e Mata Atlântica3
Miguel Calmon total	tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza1 e 3
Morporá	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Cerrado3 Estacional e regiões próximas3 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e mata ciliar3 Caatinga e Restinga1
MC, campo rupestre	tamanho e delgadeza3 dentes, tamanho e altitude2 Cerrado, Estacional e campo rupestre1 Mata ciliar e campo rupestre3
MC, caatinga	tamanho e delgadeza1 e 3 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga2
MC, total	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas3 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza3 dentes e tamanho2 Caatinga e Estacional1 e 2 Mata ciliar e Campo rupestre3
Mucug, campo rupestre	tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza 1 e 3 dentes e tamanho2 Cerrado, Estacional e campo rupestre1
Mucugê, total	tamanho e delgadeza1 e 3 Cerrado, Estacional e campo rupestre1 Campo rupestre3
Pindubaçu	tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza1 Caatinga e Estacional1
Prado, mata de grotão	Mata Atlântica3 Caatinga e Mata ciliar1 Cerrado e Mata Atlântica3 Mata ciliar2 Mata ciliar e Campo rupestre3
Prado, Prado, restinga	Restinga2 tamanho, delgadeza e altitude2 tamanho e delgadeza3 forma e altitude3 dentes, tamanho e altitude3
Prado, Prado total	Mata Atlântica3 tamanho e delgadeza3 dentes, tamanho e altitude1 dentes e tamanho1 Caatinga e Mata ciliar3 Cerrado e Mata Atlântica3 Mata ciliar2 Mata ciliar e Campo rupestre2 e 3
Raso da Catarina	Caatinga3 Caatinga e altitude3 tamanho e delgadeza3 dentes, tamanho e altitude3
Ribeira P, ecótono	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 Caatinga e Estacional2
Ribeira do Pombal total	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas1 dentes, tamanho e altitude2 dentes e altitude Caatinga e Estacional2
Rodelas	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga1 e 2
dunas do Abaeté	Caatinga3 Caatinga e altitude3 tamanho e delgadeza1 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata ciliar3
dunas do aeroporto	Caatinga1 Caatinga e altitude1 Caatinga e Cerrado3 Caatinga e campo rupestre1 Caatinga e Estacional1
dunas de Itapóia	Caatinga e altitude1 e 3 forma e altitude3 Caatinga e Cerrado1 Caatinga e Campo rupestre1 Caatinga e Estacional1 Caatinga e Mata Atlântica Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga1
SCC, total	Estacional, regiões próximas e altitude3 Mata Atlântica3 tamanho e delgadeza3 Caatinga e Estacional2 Cerrado e Mata Atlântica3
SSP, total	tamanho e delgadeza3 dentes e tamanho3 Caatinga e Mata Atlântica
Tucano	Caatinga e Mata ciliar1 e 3 Caatinga e Restinga2
Uruçuca	forma e altitude3 dentes, tamanho e altitude1 e 3 dentes e tamanho1
Wagner	Estacional, regiões próximas e altitude3 Estacional e regiões próximas3 tamanho, delgadeza e altitude1 tamanho e delgadeza1 Caatinga e Estacional1
Xique-Xique	Caatinga3 Caatinga e altitude3 forma e altitude 1 e 3 dente e altitude Caatinga e Cerrado3 Caatinga e Mata ciliar3 Caatinga e Restinga2

Tabela 12 (cont.) - “Localidades” próximas a Campo Formoso em pelo menos três eixos das diferentes PCAs realizadas

Analisando-se as “localidades” que se encontram mais freqüentemente associadas a assembléia fóssil de Campo Formoso, verifica-se que quase todas as “localidades” associam-se em, pelo menos, um eixo estabelecido pelas diferentes análises. Entretanto, tendo, em vista ao grande número de análises realizadas, procurou-se observar quais “localidades” estão associadas em maior número de análises possível. Dezenove “localidades” estão associadas em pelo menos 7 eixos diferentes. O primeiro ponto interessante corresponde ao fato de que não há correlação entre a quantidade de eixos com a ocorrência de associação entre dois eixos de uma mesma análise. Das 19 “localidades” anteriormente comentada, 4 delas não estão associadas em dois eixos de uma mesma análise, sendo que “Jacobina estacional” e “Morporá” chegam a apresentar similaridades em mais de 10 eixos, conforme indica a tabela 12.

Das 15 “localidades” restantes, 4 estão associadas em dois eixos da mesma análise de características, sendo “Xique-Xique”, “Irecê” e “Gentio do Ouro” próximas na PCA de forma relacionada a altitude e “Bom Jesus da Lapa” na PCA de dentes relacionados a altitude. “Prado total” associa-se na PCA de mata ciliar com campo rupestre, “Lençóis total” na PCA de mata ciliar, “Rodelas” e “Maracás” na PCA caatinga e restinga, assim como a localidade “dunas de Itapoá e aeroporto, Salvador”, que também está associada a assembléia fóssil na PCA caatinga e altitude, juntamente com “Serra de São José, Feira de Santana”. “Morro do Chapéu total” associa-se na PCA caatinga e floresta estacional, enquanto “Itaête” e “Jequié” estão associadas na PCA floresta estacional e proximidades. “Itaête” também associa-se na PCA forma e altitude. Finalizando, “Caetité” encontra-se associada na PCA cerrado e Mata Atlântica.

O mais importante desses agrupamentos é que a maioria das “localidades” corresponde a áreas de transição entre vegetações, geralmente com a presença de caatinga ou correspondem a vegetação de caatinga, exceto “Lençóis total” e “Prado total”.

Outras localidades associam-se poucas vezes a assembléia fóssil de Campo Formoso, mas estão próximas em dois eixos de uma mesma análise. Entre as “localidades” associadas em análises de características, encontra-se “Amélia Rodrigues”, “Porto Castro Alves, Cachoeira”, “Formosa do Rio Preto”, “Miguel Calmon total”, “Morro do Chapéu, caatinga”, “Mucugê, campo rupestre” e “Mucugê total” na PCA tamanho e delgadeza e “Caravelas” na PCA dentes, tamanho e altitude. Estas “localidades” representam diversas vegetações, sendo de difícil interpretação.

Entre as “localidades” associadas em análises por vegetação, encontra-se “Andaraí” e “Castro Alves” na PCA caatinga e estacional, sendo interessante notar que ambas representam áreas de contato entre a vegetação de caatinga e de floresta estacional; “Conde e vegetações” na PCA caatinga e restinga, localidade que inclui vegetações de floresta estacional, cerrado e mata ciliar;

“Tucano” na PCA caatinga e mata ciliar representando vegetação de caatinga e “Érico Cardoso” na PCA cerrado e Mata Atlântica representando vegetação de cerrado.

“Caravelas”, “Ilhéus, mata ombrófila”, “Ilhéus, Mata da Esperança”, “Ilhéus, mata de cambruca”, “Ilhéus, Olivença” e “Santa Cruz da Cabrália” na PCA de Mata Atlântica, e “Serra da Chapadinha, Lençóis” na PCA mata ciliar não representam associações tão representativas por estarem em análises de apenas uma vegetação, indicando apenas que são as “localidades” mais similares à assembléia fóssil que as demais.

A assembléia fóssil de Campo Formoso encontra-se mais próxima a floresta estacional e regiões de contato entre a floresta estacional e caatinga, mas exibe fisionomia similar à Mata Atlântica. Quando comparada à vegetação de cerrado, a assembléia fóssil situa-se praticamente isolada, porém mais próxima do cerrado por se distribuir no quarto quadrante e não no primeiro, similarmente ao que ocorre quando a caatinga é comparada com a vegetação de campo rupestre, de fato um tipo especial de cerrado.

Pode-se concluir, portanto, que em termos fisionômicos, a assembléia fóssil de Campo Formoso representaria floresta de dossel fechado (como a vegetação atlântica) com características estacionais intermediárias à Caatinga e à Floresta Estacional Semidecidual.

8 - Discussões gerais

8.1 - Discussão das informações obtidas pelo estudo dos tufos calcários

Analisando-se os depósitos fossilíferos ocorrentes nas proximidades de Campo Formoso depara-se, de imediato, com o tipo de deposição, característico de ambiente com água em abundância. Os depósitos hoje se encontram parcialmente erodidos, sugestivo de deposição em ambiente chuvoso e/ou fluvial seguido de erosão.

Comparando-se o tipo de depósito com outros já descritos, observa-se que os mecanismos de deposição dos tufos calcários no Brasil não correspondem aos descritos para a Europa, embora sejam mais semelhantes aos tufos porosos porém duros, de acordo com a classificação de Jassen *et al.* (1999).

Entretanto, o que a assembléia fóssil foi capaz de dizer sobre esse tempo de abundância de água em pleno sertão baiano ? Inicialmente, obtiveram-se informações tafonômicas do depósito fossilífero, reconheceu-se os morfotipos presentes na assembléia fóssil e por fim, interpretou-se os aspectos fisionômicos das folhas presentes, até mesmo daquelas que não puderam ser identificadas taxonomicamente.

Na interpretação tafonômica, o estudo iniciou-se pela análise dos fósseis em si, ampliando-se as análises para as feições sedimentológicas do depósito, conforme apresentado no capítulo 5. Foi importante reconhecer o grau de transporte sofrido pelos espécimes fósseis para estimar a possibilidade de mistura de diferentes associações florísticas ou mesmo se os espécimes estariam ocorrendo em áreas com diferentes aspectos ambientais. A distribuição por classe de tamanhos das tafofloras nos três afloramentos estudados corresponde à distribuição segundo curva normal com tendência de classes de tamanhos maiores, indicando que o transporte aparentemente não interferiu na preservação das folhas. As frequências de folhas com aparência tauterizada nos três afloramentos são pequenas, mesmo com variações entre os diferentes pontos amostrados. Desse modo, o tempo de suas permanências em ambiente subaéreo teria sido pequeno ou mesmo inexistente e a grande maioria das folhas teria alcançado diretamente um corpo aquoso.

O ambiente geral de deposição, baseando-se apenas nas folhas, poderia ter sido de corpo aquoso de baixa energia, contudo, como a deposição de tufos calcários ocorre em ambiente de águas agitadas, a boa preservação pode ser atribuída ao pequeno transporte.

Associando-se características sedimentológicas às folhas propriamente ditas, foram observados canais de escoamento e canaliculos, estando os últimos sob folhas ou não. As folhas distribuem-se aleatoriamente, normalmente em vários planos distintos, com diferentes tipos de

preservação, sem contudo, fornecer dados sobre o sub-ambiente deposicional. Grandes espaços vazios normalmente estão presentes sem qualquer relação com as folhas, enquanto que a deposição de carbonato ocorre intimamente associada às folhas, eventualmente com pequena quantidade de sedimento agregado ao depósito.

Algumas características, quando analisadas em conjunto, permitiram o reconhecimento dos sub-ambientes deposicionais, principalmente através das comparações efetuadas nos depósitos atuais nas proximidades de Bonito, MS. Locais com fluxo de alta turbulência, precipitam o carbonato lentamente, formando camadas mais compactas e finamente laminadas. A deposição similar a fibras de aragonita ocorre principalmente no afloramento Salgadinho e requer associação de outras características tafonômicas para obter-se reconhecimento de sub-ambiente deposicional.

Nos afloramentos de Campo Formoso, percebeu-se aumento no percentual de degradação microbiológica, compatível com o aumento da temperatura. Diferenças neste percentual de degradação nos afloramentos de idades mais recentes, puderam ser utilizadas para definir diferentes sub-ambientes de deposição.

Conforme salientado anteriormente, estes padrões foram estabelecidos neste trabalho, visto que não há estudos sobre a deposição de tufos calcários semelhantes em ocorrências brasileiras entre as publicações pesquisadas. Os depósitos brasileiros atuais estudados referem-se aos da região de Bonito, MS, utilizados para comparação.

Em pontos específicos dos afloramentos de Campo Formoso, a calcita é mais porosa, a rocha é proporcionalmente mais clara e as folhas possuem menos contrastes. Além das dicotiledôneas, ocorrem também monocotiledôneas, a maioria das folhas como impressões. As paredes dos canais de escoamento e canalículos são finas ou grossas, mas sempre com uma luz relativamente ampla. Variações destas características nas amostras, sugerem depósitos em condições variáveis sazonalmente ou temporalmente.

8.2 - Discussão das informações obtidas pelo estudo taxonômico dos macrofitofósseis

Foram descritos 69 morfotipos, sendo identificados 49 morfotipos, 44 a nível de espécie, distribuídos em 37 gêneros e 26 famílias, todos com distribuição tropical, com exceção de Rhamnaceae, embora *Zizyphus joazeiro* seja típica da região de caatinga. A assembléia pode ser considerada bastante diversificada. O percentual e a confiabilidade de identificação foram considerados altos, com identificações de espécies pouco preservadas, auxiliadas por estudo em herbário próximo a área de estudo. Estudos complementares no herbário SPF, com registro de

plantas de cerrado de Minas Gerais e de espécies da Bahia foram realizados. Os espécimes baianos foram privilegiados no processo de comparação.

Ao se analisar a distribuição das espécies nos diferentes sub-ambientes deposicionais fósseis descritos na análise tafonômica, observa-se que as espécies não são as mesmas em cada sub-ambiente, mas tanto no sub-ambiente de alta turbulência quanto o sub-ambiente com precipitação mais rápida de carbonato a família Annonaceae é uma das mais diversificadas. Por outro lado, a distribuição das espécies mostram a tendência de manter a mesma estrutura da associação total. Também não há alterações em relação ao habitat preferencial das espécies presentes. Embora o afloramento Salgadinho aparente ter menos espécies de caatinga, ele contém *Zizyphus joazeiro*. Não há, portanto, grandes variações de vegetação nos diferentes sub-ambientes, que poderiam indicar mudanças vegetacionais ao longo de mudanças climáticas durante a deposição dos tufo calcários. Aparentemente, os sub-ambientes deposicionais refletem apenas a quantidade e o tipo do fluxo d'água, conforme esperado.

Mesclando-se dados obtidos pelos espécimes utilizados na identificação do morfotipo, registro da distribuição das espécies documentadas no ALCB e dados de literatura, pode-se constatar a ocorrência de mistura vegetacional, com espécies de ampla distribuição geográfica e espécies típicas da caatinga e cerrado, que teriam avançado vindo de oeste. A mistura vegetacional ainda sugere que possa ter havido migração de elementos das florestas estacionais presentes na encosta da Chapada Diamantina, principalmente aquelas que preferem ambientes úmidos. A melhor distribuição das chuvas é compatível com as migrações.

Sete espécies descritas são consideradas de cerrados, sete são consideradas elementos das florestas estacionais e três da vegetação de caatinga, muito embora o número de gêneros presentes sejam bem freqüentes nesta última. Entre as espécies de cerrado mais características estão *Annona coriacea* e *A. crassiflora* (Annonaceae) e entre os elementos das florestas estacionais encontram-se quatro espécies de Euphorbiaceae, além de *Luehea grandiflora* (Tiliaceae), *Prunus sellowii* (Rosaceae) e *Rollinia sylvatica* (Annonaceae). *Zizyphus joazeiro* (Rhamnaceae) caracteriza a presença de caatinga, mesmo que seja descrito como espécie de habitats mais úmidos ou mais perturbados (Pereira *et al.*, 2003; Rodal & Nascimento, 2002).

Analisando-se de acordo com a diversidade de cada família, as florestas estacionais normalmente exibem as famílias Euphorbiaceae, Leguminosae, Myrtaceae e Rubiaceae entre as mais diversificadas, a vegetação de caatinga também contém Euphorbiaceae, Leguminosae e Myrtaceae, mas associadas a Bignoniaceae e Anacardiaceae. Na vegetação de cerrado as mais diversificadas são Leguminosae e Myrtaceae, juntamente com Vochysiaceae, Malpighiaceae e Asteraceae. Interessante notar que as duas famílias mais diversificadas nos três tipos vegetacionais,

Leguminosae e Myrtaceae, não foram documentadas em Campo Formoso. Outras duas ausências significativas são de Rubiaceae e Vochysiaceae, o que parece sugerir que a maioria dos elementos da vegetação não corresponda nem as florestas estacionais nem ao cerrado.

A família Myrtaceae é considerada bastante comum no domínio atlântico (Rodal & Nascimento, 2002) e sua ausência poderia sugerir a pequena relevância das espécies mais tipicamente atlânticas na assembléia fóssil.

Alguns comentários podem ser feitos em relação às Leguminosae: há alguns espécimes que poderiam ser identificados como Leguminosae: uma possível *Bauhinia* e duas espécies de folhas compostas. O estudo florístico de Silva & Scariot (2003), mesmo tendo sido realizado em floresta estacional, corresponde ao único estudo que não apresenta as Leguminosae entre as mais diversificadas. Este dado parece relevante pelo fato de tal floresta encontrar-se em afloramento calcário, situação relativamente similar a de Campo Formoso, e pode sugerir que tal condição seja pouco propícia para o desenvolvimento de espécimes desta tão importante família.

Embora menos significativo em termos florísticos, devido à identificação apenas em nível de gênero, é interessante observar a maior ou menor penetrância dos gêneros nos diferentes biomas. O gênero *Cordia* (Boraginaceae), por exemplo, foi registrado em seis das nove listas florísticas de caatinga e em sete das nove listas de florestas estacionais, sugerindo que a presença de tal gênero seria bem provável numa vegetação com mistura florística de espécies dos dois biomas. Ressalta-se a ausência deste gênero nas listas analisadas de cerrado.

Em geral, os dados sugerem que é bem provável a “descida” de espécies da floresta estacional para a região de Campo Formoso, como consequência da melhor distribuição das chuvas, isto é, chuvas distribuídas por mais meses e/ou aumento da precipitação total, e pequena diminuição da temperatura e, devido aos mesmos fatores, a vinda de espécies de cerrado mais aptas à migração. A diversidade das famílias registradas seria compatível com a vegetação de caatinga, a qual teria permanecido em Campo Formoso, com as espécies mais adaptadas a condições climáticas mais amenas.

Vale salientar que, pelo menos, sete espécies de folhas pequenas não foram identificadas e que poderiam pertencer a associação de caatinga. Em termos florísticos, a caatinga mostra fortes ligações com a floresta estacional, conforme discutido por Melo (1999). Já foi comentado que esta ligação florística com as florestas estacionais pode vir a mascarar a presença de algumas espécies da caatinga quando se tenta avaliar quais espécies da floresta estacional teriam “descido”.

8.3 - Discussão das informações obtidas pela análise fisionômica dos macrofitofósseis

Os resultados obtidos pelas análises multivariadas indicam que a fisionomia das folhas não é um bom indicador de biomas como um todo, mas permite boas indicações estruturais, que de certa forma refletem condições climáticas. A primeira conclusão importante decorrente da análise refere-se ao entendimento das características fisionômicas da vegetação de Caatinga. A análise fisionômica da vegetação da Bahia foi norteadada pela observação empírica da não concordância da vegetação de caatinga aos padrões internacionais estabelecidos por Wolfe (1993). Não é comum a presença de vegetação decídua em áreas tropicais e a decidualidade da Caatinga pode mascarar a deficiência hídrica, porque suas folhas estão adaptadas aos períodos mais favoráveis.

Ao se estabelecer esta condição fundamental, torna-se mais clara a interpretação dos demais caracteres envolvidos na análise multivariada. O estudo de cada vegetação separadamente e de cada tipo de característica, permitiram a interpretação dos demais parâmetros estudados, corroborados pelas análises comparativas entre duas vegetações e pelas análises de características, incluindo o parâmetro altitude.

Considerando tais análises fisionômicas, pode-se interpretar que a fisionomia da assembléia fóssil assemelha-se a vegetações presentes atualmente em maiores altitudes, conforme sugere a PCA de caatinga acrescida pelo caráter altitude, corroborada pela análise das características dentes e tamanho, na qual a assembléia fóssil encontra-se próxima a vegetações na Chapada Diamantina e a vegetações de dossel fechado. Estando hoje em área de ocorrência de Caatinga, vegetação decídua, a assembléia fóssil estaria sujeita a condições sazonalmente mais úmidas, como as florestas estacionais semidecíduas.

A assembléia fóssil de Campo Formoso encontra-se mais próxima à floresta estacional e regiões de contato entre a floresta estacional e caatinga, mas apresenta fisionomia similar a Mata Atlântica. Caso seja comparada à vegetação de cerrado, a assembléia fóssil estaria praticamente isolada, similarmente ao que ocorre quando a caatinga é comparada com a vegetação de campo rupestre, tipo especial de cerrado.

Pode-se concluir, portanto, que, em termos fisionômicos, a assembléia fóssil de Campo Formoso representaria floresta de dossel fechado (como a vegetação atlântica) com características estacionais intermediárias à Caatinga e à Floresta Estacional Semi-decídua. Ao se associar aos dados florísticos a assembléia fóssil de Campo Formoso revela mistura de vegetações, incluindo espécies de cerrado em condições mais úmidas que as atualmente presente na região de caatinga e mais próximas a sazonalidade que ocorre nas regiões de cerrado e florestas estacionais.

8.4 - Discussão das informações obtidas referentes ao paleoclima

Considerando-se todas as informações expostas acima, pode-se concluir que o registro fossilífero de Campo Formoso melhor distribuiu chuvas, originando depósitos calcários ricamente fossilíferos, decorrentes de aporte de água durante, pelo menos, 800 milímetros por ano e melhor distribuída durante o ano, permitindo o avanço da vegetação de cerrado presente no oeste do estado e a descida da floresta estacional presente nas encostas da Chapada Diamantina, originando uma vegetação mista, provavelmente fechada ou parcialmente fechada, bastante diversificada, consequência natural da mistura vegetacional.

O nordeste possui outros importantes depósitos de tufos inativos como os situados em Russas no Ceará (Duarte & Nogueira, 1980) e Umbuzeiro na Paraíba (Muniz & Ramirez, 1971; Duarte, 1979; Duarte & Vasconcelos, 1980), que seriam indicativos de condições pretéritas mais úmidas, mesmo que de forma eventualmente não sincrônica. Estes estudos são de cunho paleontológico e os depósitos de tufos não foram estudados tafonomicamente. O aumento da umidade, associado a baixas temperaturas, permitiria a expansão de rica floresta galeria, que, segundo De Oliveira *et al.* (1999) poderia ser o meio pelo qual teria havido intercâmbio florístico entre as regiões amazônica e atlântica, teoria também aceita por estudos mais recentes como Wang *et al.* (2004). Entretanto, não há nenhum indício de formação de corredores vegetacionais conectando o complexo vegetacional atlântico com a vegetação amazônica, pelo menos não no norte da Bahia. A melhor distribuição das chuvas e/ou o aumento da precipitação anual aparentemente foi muito pequeno para permitir tal conexão.

9 - Interpretações paleoclimáticas para a América do Sul na fase final da última glaciação

9.1 - Fenômenos climáticos na América do Sul

As regiões tropicais da América do Sul são climaticamente diferenciadas pela variação na quantidade e distribuição de chuvas (Rao & Hada, 1990; Rao *et al.*, 1996). Reconstituições mais detalhadas dos padrões de precipitação ao longo do tempo podem fornecer imagem completa das oscilações climáticas. Atualmente a precipitação na América do Sul tropical é grandemente controlada por movimentos sazonais de deslocamento para norte ou para o sul da ITCZ, que por sua vez é o mecanismo responsável pelo transporte de umidade do oceano Atlântico para o interior da Bacia Amazônica, principalmente no verão e outono austrais. A movimentação da ITCZ é induzida pelo gradiente da temperatura da superfície do mar, entre as faixas tropicais do Oceano Atlântico Norte e Sul. A faixa de nebulosidade que caracteriza a ITCZ possui localização média a 3°N e desloca-se levemente para o Hemisfério Sul quando a temperatura superficial no Atlântico Sul é mais alta (Nobre & Shukla, 1996).

A margem leste do Oceano Pacífico, na região tropical, caracteriza-se por temperatura superficial relativamente fria, causada pela corrente oceânica fria de Humboldt, e relativamente quente no Pacífico oeste, resultando em circulação anticiclônica tanto no oceano quanto na atmosfera. A ressurgência nas costas peruana e equatoriana contribui com águas frias adicionais. A corrente equatorial carrega essas águas ao longo do Oceano Pacífico para oeste, estabelecendo um gradiente leste-oeste na temperatura superficial do mar, denominado Circulação Walker, que influencia fortemente o clima continental. Esse padrão é bastante alterado na fase positiva da Oscilação Sul (SO), fase na qual o evento El Niño pode ocorrer (Kousky *et al.*, 1984).

A fase positiva da SO refere-se à situação na qual o sistema de baixa pressão da Indonésia e o sistema de alta pressão do leste do Pacífico subtropical, estão mais fortes que o normal. Na fase negativa da SO estes dois sistemas são mais fracos (Kousky *et al.*, 1984).

Os distúrbios causados pelo El Niño ocorrem por dois fatores principais: deslocamento da ITCZ e bloqueio do sistema polar frontal do sul do Peru ao sul do Brasil, alterando os padrões de chuva nestas regiões (Martin *et al.*, 1993). O bloqueio é geralmente associado à presença anômala de baixa pressão em latitudes subtropicais e alta pressão em altas latitudes (Kousky *et al.*, 1984).

A SO também afeta a SPCZ, que se estende da Nova Guiné rumo ao sudeste para o Oceano Pacífico Sul. Na fase positiva da SO, a SPCZ permanece a oeste de sua posição usual, sendo importante no bloqueio de massas de ar nas médias altitudes (Kousky *et al.*, 1984).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ) corresponde à importante feição climatológica no verão austral da América do Sul, de atividade convectiva, no limite sul da massa de ar tropical úmido, trazida pelos alísios, com altas taxas de precipitação que se desenvolve entre 20-40°S, 50-20°W numa linha noroeste-sudeste. Estende-se da Amazônia ao sudeste subtropical e Oceano Atlântico extratropical. Tal fenômeno ocorre ao longo do ano todo, mas tem maior atividade no verão, de janeiro a março. Segundo Barreiro *et al.* (2002), aproximadamente 59% da variação da SACZ está relacionada a variações internas atmosféricas. Para efeito de comparação, apenas cerca de 20% da variação de precipitação ocasionada pela ITCZ corresponde à dinâmica interna atmosférica. A variação decadal da SACZ pode ser relacionada com anomalias na temperatura superficial do Oceano Atlântico, mas também está relacionada com ENSO, neste caso independente da temperatura superficial do Atlântico.

O deslocamento atual da ITCZ e da SACZ durante os meses de verão e inverno pode ser observado na figura 35.

Figura 35 - Precipitação sazonal total na América do Sul, em milímetros, de dezembro a fevereiro à esquerda e de julho a setembro à direita de acordo com Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation. Modificado de Cruz-Júnior *et al.* (2005).

A SACZ e a atividade convectiva na bacia amazônica são os componentes principais do sistema sul-americano de monções (SAMS) segundo Jones & Carvalho (2002), que demonstraram que as variações intersazonais que ocorrem entre dezembro e fevereiro no regime de ventos sobre a América do Sul tropical estão ligadas a fases de atividade e inatividade da SAMS. Por outro lado, em escala de tempo mais ampla, as variações interanuais estão associadas com a ENSO.

O desenvolvimento da SAMS inicia-se durante a primavera, de setembro a novembro, como uma convecção profunda, que se desenvolve primeiro no noroeste da Amazônia, progredindo em direção sudeste, atingindo o sudeste do Brasil na metade de outubro. O transporte de umidade e intensidade máxima da precipitação ocorrem no verão. Durante o inverno, o fluxo tende a ser zonal, enquanto que no verão, o fluxo é mais fraco e mais meridional, especialmente perto da costa leste e oeste da América do Sul. Durante o verão austral, o anticiclone troposférico superior, conhecido como Alto Boliviano, é observado sobre a Bolívia e uma região de baixa pressão aparece sobre o Oceano Atlântico próximo à costa do nordeste do Brasil. A convecção profunda inicia-se sobre a porção noroeste da América do Sul, com conexão a ITCZ do Pacífico, havendo posteriormente conexão com a ITCZ do Atlântico. Por outro lado, fortes frentes frias durante o verão podem, ocasionalmente, atingir as baixas latitudes, contribuindo com precipitações acima da média e pode ser um importante modulador da intensidade e posição da SACZ (Gan *et al.*, 2004).

A ENSO parece alterar a persistência da SACZ, independente da sua intensidade, sendo sua influência maior nas fases quentes. Os resultados também mostraram que a variabilidade da SACZ aparenta estar mutuamente relacionada com a SAMS, sugerindo que os mecanismos responsáveis pelas variações na intensidade do primeiro determina feições de larga escala no segundo (Carvalho *et al.*, 2004).

O sistema ENSO é normalmente considerado como o melhor exemplo da interação oceano / atmosfera e uma das mais relevantes manifestações da variabilidade interanual no sistema climático global. Embora o fenômeno seja observado primariamente no Oceano Pacífico equatorial, chega a induzir anomalias climáticas nas áreas tropicais e extratropicais (Ortlieb & Macharé, 1993).

A sigla ENSO refere-se então às feições de grande escala, sejam elas intertropicais, inter-oceânicas ou globais enquanto o termo El Niño refere-se especificamente às manifestações regionais centradas na margem leste do Oceano Pacífico e oeste da América do Sul. As atividades do El Niño representam o componente leste do fenômeno ENSO.

As manifestações do El Niño estão relacionadas às modificações da circulação Walker e no deslocamento da ITCZ para o sul, ocasionando mudanças nas precipitações: excepcionais em regiões costeiras normalmente áridas ou semi-áridas do noroeste do Peru e sul do Equador; intensificadas na região central do Chile, no Paraguai e no norte da Argentina; diminuídas

significativamente no altiplano sudeste do Peru e Bolívia e aumentadas no nordeste brasileiro, na porção norte da América do Sul e na parte sul da América Central (Ortlieb & Macharé, 1993). Os eventos quentes da ENSO enfraquecem a intensidade da ITCZ no Atlântico durante o verão austral. Durante o verão austral, a célula Hadley já é mais fraca que durante o inverno, ficando ainda mais fraca com o enfraquecimento da ITCZ. Além disso, a geração de uma anomalia ciclônica fora da costa do sul do Brasil e Uruguai, enfraquece o Alto Subtropical local (Barreiros *et al.*, 2002).

Do ponto de vista oceanográfico, o fenômeno ENSO é caracterizado pela elevação da temperatura superficial no Oceano Pacífico equatorial (a leste de 130°W) e pela diminuição da termoclina ao longo da costa oeste sul-americana, acompanhada pela alteração no sistema de ressurgência e conseqüente decréscimo na produtividade primária. A presença ou ausência de organismos nas seqüências sedimentares e modificações bioquímicas nos esqueletos de organismos marinhos como corais, moluscos, foraminíferos e dinoflagelados constituem evidências dessas alterações ao longo do tempo (Ortlieb & Macharé, 1993).

Pode-se observar a grande interrelação entre os diversos fenômenos climáticos apresentados. A variação de apenas alguns parâmetros pode alterar todo o quadro climático e até mesmo configurar períodos glaciais e interglaciais.

9.2 – Interpretação de fenômenos paleoclimáticos com ênfase nos períodos glaciais

As regiões temperadas do hemisfério norte exibem as maiores flutuações climáticas durante as glaciações quaternárias. Ocorreram modificações de padrões atmosféricos, da biota, dos processos isostáticos, da descarga de águas de derretimento de gelo, dos tipos de sedimentos de rios e oceanos e outros fenômenos. Todas essas variações têm mostrado forte assimetria entre os dois hemisférios.

As perturbações orbitais, ligadas às mudanças climáticas, ocorrem com frequência não inferior a 40.000 e 20.000 anos, de modo que outros mecanismos devem ser procurados para explicar flutuações de intervalos curtos. Para tanto, o tipo, magnitude e distribuição geográfica de tais flutuações devem ser determinadas. Breves alterações nos isótopos de oxigênio têm sido registradas em microfósseis calcários, refletindo mudanças na composição isotópica dos oceanos, assim como fracionamento isotópico durante evaporação e condensação e subsequente estoque de água nas calotas de gelo. Esses registros sugerem dois ou três estágios de redução do volume de gelo entre 15.000 e 8.000 anos atrás (Wright Jr., 1989).

Algumas subdivisões paleoclimáticas do Quaternário referentes à Escandinávia têm sido tentativamente utilizadas para o restante do mundo como Oldest Dryas, Bölling, Older Dryas, Alleröd, Younger Dryas e Pré-boreal. Esses estágios são locais ou no máximo regionais. Sugere-se que o intervalo correspondente a Alleröd seja denominado, mais adequadamente, de mudança climática européia. O resfriamento referente ao Younger Dryas representa um evento muito drástico. Embora sem correlação comprovada no restante do mundo, estes eventos demonstram que as oscilações climáticas podem ocorrer rapidamente e, às vezes, com efeitos locais.

Considerando-se que as fases glaciais são caracterizadas pelo aumento das calotas polares, a circulação oceânica é grandemente modificada durante estas fases. Em consequência, o padrão de circulação atmosférica também é alterado.

A circulação atmosférica na América do Sul durante o último máximo glacial é assunto controverso. Os estudos baseados primariamente em depósitos terrestres como os palinológicos, geomorfológicos, pedológicos e glaciológicos devem ser confrontados com dados obtidos de testemunhos marinhos para resolver esta controvérsia.

9.3 - Caracterização da circulação no Oceano Atlântico na última glaciação

		Ganopolski <i>et al.</i> (1998)	Pailler & Bard (2002)	Arz <i>et al.</i> (1999)	Weldeab <i>et al.</i> (2006)	Milne <i>et al.</i> (2005)
	9.000			Eventos de deglaciação		Elevação do nível do mar
	12.500			Restabelecimento da circulação termohalina. Eventos de deglaciação	Aumento de 1,7°C na temperatura da Corrente Norte do Brasil	
	14.000				Temperatura e salinidade baixas no Atlântico Oeste	
	15.000			Início dos eventos Heinrich	Temperatura e salinidade altas no Atlântico Oeste	
Última glaciação		Resfriamento entre 20°S e 20°N de 3.3°C no Atlântico, 2.4°C no Pacífico e de 1.3°C no Oceano Índico	Fortalecimento da circulação do giro subtropical do Atlântico Norte			
	Último máximo glacial				Similaridades térmicas entre as altas latitudes do norte e do sul	

Tabela 13 - Síntese dos principais dados sobre os eventos oceânicos durante a última glaciação e a transição para o pós-glacial.

As temperaturas dos oceanos tropicais vêm causando polêmicas desde que o CLIMAP estimou as temperaturas do planeta durante a última glaciação. O CLIMAP indicou, baseando-se em foraminíferos planctônicos, que as temperaturas dos oceanos tropicais quase não sofreram alterações (Weyl, 1978). Muitos trabalhos paleoclimáticos utilizaram esses dados como base de suas interpretações, até que o registro de corais mostrou evidências de resfriamento também nas regiões oceânicas tropicais, contradizendo as estimativas oriundas dos foraminíferos. A análise de isótopos de oxigênio associada às proporções de Sr/Ca, permitiram estimativas mais confiáveis indicando resfriamento de 5 a 6°C (Beck *et al.*, 1997).

Simulações posteriores, baseadas no acúmulo de informações cada vez mais precisas, auxiliam no registro dos últimos eventos glaciais e pós-glaciais. A simulação de Ganopolski *et al.* (1998), por exemplo, registrou resfriamentos entre as latitudes 20°S e 20°N de 3.3°C no Atlântico, 2.4°C no Pacífico e de 1.3°C no Oceano Índico, valores compatíveis com o resfriamento de cerca de 5°C no continente. Segundo Bush & Philander (1998) resfriamentos de 2 a 3°C nos oceanos durante o último máximo glacial seria resultado da diminuição do CO₂ atmosférico. As interações oceano-atmosfera responderam primariamente com o resfriamento tropical de 4 a 6°C no oeste do Pacífico, fortalecimento dos ventos, aumento da inclinação da termoclina e aumento na velocidade das correntes Equatorial Sul e Equatorial Profunda, que aumentaram a ressurgência, aumentando o resfriamento. As regiões interiores, sobre os continentes tropicais, teriam resfriamento de 5 a 6°C de acordo com Stute *et al.* (1995).

Conforme indicado pela tabela 13, na página anterior, a última fase glacial foi caracterizado pelo fortalecimento da circulação do giro subtropical do Atlântico Norte. Entre muitos trabalhos no Atlântico Norte, registros dos testemunhos MD95-2040 e MD9-2042 sugerem que durante a última glaciação, ocorreram diversas variações na produtividade e nas temperaturas superficiais relacionadas a cada evento Heinrich de derretimento dos escudos de gelo, que alteraram a circulação termohalina e os ciclos climáticos Dansgaard - Oeschger. (Pailler & Bard, 2002). As modificações climáticas decorrentes podem ser observadas nas figuras 37, 38 e 39 (páginas 171 a 173).

A transição do último glacial para o atual interglacial não foi contínua. Vários eventos de resfriamento de curta duração interromperam a deglaciação. Um efeito importante desse mecanismo foram os eventos Heinrich com conseqüente aumento do nível do mar em cerca de 120 metros. O derretimento episódico do gelo afetou a circulação termohalina a partir de 18.000 anos calibrados, que só se restabelece a cerca de 15.000 anos atrás calibrado (Arz *et al.*, 1999). Na circulação termohalina atual, as águas perdem calor para a atmosfera no Atlântico Norte, conseqüentemente ficam frias e mais densas, afundando e retornando ao sul como águas profundas. O enfraquecimento

desta circulação pelo derretimento de geleiras ou por outros meios, reduz o transporte de calor para o Atlântico Norte, resfriando o clima na região e retendo calor na região tropical, entre as profundidades 200 e 1.000 metros (Arz *et al.*, 1999; Chiang & Koutavas, 2004).

Wang *et al.* (2004) identificam sincronia entre os períodos úmidos no Nordeste Brasileiro com o enfraquecimento da monção de verão do leste asiático e com os eventos Heinrich, provavelmente devido ao deslocamento da ITCZ para o sul.

Águas superficiais mais quentes no Atlântico Sul, durante cada evento Heinrich induziram o enfraquecimento do gradiente de temperatura entre o oeste e o sul do Atlântico, resultando numa Corrente Norte do Brasil menos vigorosa (motivada pela redução da intensidade dos ventos) porém quente e salina. Corresponderia a um mecanismo adicional ao do enfraquecimento do giro subtropical para a acumulação de sal no Atlântico Oeste tropical, juntamente com a Corrente Norte do Brasil quente e salina, o deslocamento da ITCZ e o fortalecimento dos ventos de nordeste, resultando na acumulação e estagnação de massas de água quentes e salinas em todo o Atlântico Oeste tropical (Weldeab *et al.*, 2006). O registro de corais de Barbados evidencia este estoque de águas quentes (Guilderson *et al.*, 1994). Os registros da Bacia de Cariaco, Venezuela e das condições úmidas no Nordeste Brasileiro sugerem o deslocamento da ITCZ para o sul e a intensificação dos ventos de nordeste (Peterson *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2004).

Entretanto, os eventos Heinrich não correspondem ao único ciclo climático proeminente. Os eventos de duração milenar Dansgaard-Oeschger são registrados no gelo da Groenlândia e em registros paleoclimáticos detalhados no Hemisfério Norte. Nestes registros, os eventos Heinrich mostram-se secundários em relação à frequência e amplitude do ciclo Dansgaard-Oeschger. Outros registros mostram melhor correlação com os eventos Heinrich, entre eles, o testemunho sedimentar da margem continental brasileira (Broecker & Hemming, 2001).

Utilizando-se testemunhos no Atlântico Sul (GeoB 1711), no Atlântico Equatorial (GeoB 1515) e no Atlântico Norte (SU 90-08 e NA 87-22) também se pode constatar a relação entre os eventos de aquecimento que ocorreram 1.500 anos antes no Atlântico Sul em relação ao Atlântico Norte e que estão relacionados com a quebra da circulação termohalina (Vidal *et al.*, 1999).

Na transição da fase glacial para a interglacial, cerca de 70% do gelo sobre os continentes derreteram, causando grande aumento do volume os oceanos, acompanhados de resposta isostática da Terra sólida. O aumento do nível do mar foi relativamente rápido e uniforme, cerca de 7 a 8 milímetros por ano, durante o início do Holoceno (8.500 anos calibrados). Os dados também sugerem decréscimo na taxa de derretimento ao redor de 7.000 anos (Milne *et al.*, 2005)

9.4 - Situação paleoclimática durante o último máximo glacial na América do Sul.

As informações e discussões paleoclimáticas aqui expostas, se iniciam do sul do continente sul-americano, acompanham os Andes até a Amazônia para então atingir o Brasil Central e posteriormente o nordeste, área de estudo, muito embora as discussões estejam mais concentradas nas regiões brasileiras. Dados oceânicos são utilizados para melhor compreensão de alguns fenômenos envolvidos. Síntese de dados paleoclimáticos pode ser observada desde 22.000 anos não calibrados até 8.000 anos atrás (9.000 anos calibrados) em intervalos de 2.000 anos através das figuras 37 a 44 (páginas 171 a 178).

WESTERLIES OU VENTOS DE OESTE, CIRCULAÇÃO SUBTROPICAL E FRENTES POLARES.

Na América do Sul, as informações sobre a circulação oeste, intensidade da corrente de Humboldt e penetração das frentes polares, são relevantes porque podem explicar, em parte, a própria glaciação e, em parte, fornecer informações sobre o deslocamento de anticiclones atmosféricos e convergências oceânicas, que alteram praticamente todos os fenômenos climáticos.

A simulação realizada por Wyrwoll *et al.* (2000) para o Hemisfério Sul sugere o deslocamento dos ventos de oeste para o pólo, mas de forma generalizada, já que sua atuação latitudinal tornou-se maior, ocasionando diferenças regionais durante o último máximo glacial.

Como consequência destas diferenças regionais causada pela mudança do padrão de atuação dos ventos de oeste, têm-se condições mais úmidas durante o máximo glacial nos subtrópicos, como por exemplo nas latitudes médias e baixas ($< 30^\circ$) da região andina (Van Geel *et al.*, 2000), devido aos ventos mais fracos, enquanto em latitudes mais altas, com temperaturas superficiais dos oceanos mais frias, há menor influxo de umidade vindo do Atlântico (Wainer *et al.*, 2005).

Nesse ponto é importante ressaltar uma característica climática e paleoclimática da América do Sul: os registros climáticos do Pampa e da Venezuela são nitidamente diferentes, mas não são independentes um do outro, mostrando correlação inversa, com períodos secos no sul correspondem praticamente a períodos úmidos no norte e vice versa. No fenômeno El Niño, ocorrem fortes chuvas nos pampas e estiagens severas na Colômbia e Venezuela, ocorrendo o inverso no fenômeno La Niña. Essa hipótese, de climas opostos, vem se tornando mais forte em face às interpretações paleoclimáticas produzidas na América do Sul. Em ambos os lados da Cordilheira do Equador, no lado leste dos Andes no Peru e Bolívia e na região dos lagos do Chile, são descritos paleoclimas semelhantes aos padrões da Patagônia. Por outro lado, a Amazônia Central, o Altiplano Boliviano e o norte do Chile seguem os padrões presentes na Venezuela. Um terceiro padrão de evolução climática é observado ao sul da latitude 40° na Patagônia e Terra do Fogo, devido à descontinuidade

da cordilheira, baixa altitude e porção continental estreita, com influências na migração das ondas de oeste e posição da frente polar (Iriando, 1999; Paegle & Mo, 2002; Pessenda *et al.*, 2005; Wainer *et al.*, 2005).

As informações sobre a posição dos ventos de oeste, anticiclone do Atlântico Sul, frentes polares e sobre os diferentes paleoclimas estão ilustrados nas figuras 37 a 43 (páginas 171 a 177).

AMAZÔNIA E SUA COBERTURA VEGETACIONAL

Inferências paleoambientais palinológicas sugerem dois cenários alternativos para as terras baixas da Amazônia durante a última glaciação:

- a) floresta sempre-verde permanente, com invasões de elementos adaptados ao frio durante a fase glacial, quando a temperatura era cerca de 6°C mais fria (Haberle & Maslin, 1999; Bush *et al.*, 2000; Colinvaux & De Oliveira, 2001);
- b) substituição da comunidade arbórea por comunidade herbácea xerófita (Absy *et al.*, 1991; Van der Hammen & Absy, 1994; Behling & Hooghiemstra, 2000).

Reanalizando oito registros polínicos, Van der Hammen & Hooghiemstra (2000) interpretam a evolução da vegetação amazônica desde o Terciário. A temperatura durante o último máximo glacial teria sido 8°C mais fria nos Andes e possivelmente de 4 a 5°C mais fria nas terras baixas. A diferença entre a fase pleniglacial fria e úmida (60.000 a 28.000 anos atrás, não calibrado) e a fria e seca do pleniglacial tardio (28.000 a 13.000 anos atrás), que inclui o último máximo glacial, é evidente através do registro de palinomorfos tanto nos Andes quanto nas terras baixas tropicais. Durante o pleniglacial superior o clima foi relativamente frio e seco na Amazônia. Há regiões com savanas e florestas tropicais secas. Dunas se desenvolveram em áreas atualmente com savanas. As chuvas no norte da América do Sul podem ter sido reduzidas em 30 a 50%. Ao redor de 20.000 anos atrás, essa redução de precipitação seca totalmente vários lagos na Amazônia e nos Andes.

Em Rondônia, a distribuição da savana e/ou cerrado não depende de fatores edáficos. Dados de subsolo sugerem maior desenvolvimento em tempos pretéritos desta vegetação, inclusive com dados sugestivos da ocorrência de fogo, embora a datação deste evento não seja possível devido às limitações dos isótopos de ^{14}C . Aparentemente o pleno desenvolvimento das florestas tropicais ocorreu entre 10.000-9.500 a 8.000 anos, enquanto as savanas e/ou cerrados começam a se desenvolver há 8.000 atingindo o máximo a 6.000 - 5.000 anos (Desjardins, *et al.*, 1996).

Pessenda *et al.* (1998) estudaram solos de três localidades em Rondônia: Vilhena, mais ao sul, representativa de cerrado; Pimenta Bueno correspondente à transição entre cerradão e floresta e Ariquemes mais ao norte, com vegetação de floresta. Os dados isotópicos de carbono orgânico dos solos sugerem que não houve mudanças significativas na localidade que hoje apresenta floresta,

enquanto que as áreas hoje dominadas por cerrado e cerradão, testemunhariam a expansão da floresta ao longo do Holoceno Inferior (10.000 - 8.000), expansão das savanas no Holoceno Médio (8.000 - 4.000) e novamente a expansão da floresta no Holoceno Superior.

Em relação à transição campo-floresta em Humaitá, sul do Amazonas, quase no Estado de Rondônia, Gouveia *et al.* (1997) interpretam que entre 12.000 e 8.000 anos, toda a área de estudo teria sido coberta por floresta, estando a vegetação predominante de plantas C₃ mais desenvolvida e com maior biomassa ao redor de 10.800 anos.

Comparando-se os dois cenários alternativos com outros registros sul-americanos, o primeiro cenário (floresta sempre-verde) parece ser mais provável. Há poucas indicações de grandes mudanças nas estruturas vegetacionais, relacionadas às rápidas mudanças climáticas que ocorreram ao longo deste intervalo. A hipótese de substituição da comunidade arbórea pela comunidade herbácea sugere o deslocamento de cada bioma como um todo, hipótese associada à teoria dos refúgios, na qual a floresta se retrai, permitindo a expansão dos campos, enquanto que as “ilhas” de floresta representariam verdadeiros refúgios de fauna e flora. Na hipótese de manutenção da estrutura florestal, as espécies mais susceptíveis tenderiam a desaparecer, enquanto que algumas espécies de regiões vizinhas aptas a migrarem, acompanhariam as mudanças climáticas, alterando a composição florística ao formar mosaicos de espécies de diferentes biomas atuais. Algumas espécies não são aptas a migrarem pela ausência de polinizador ou dispersor que sejam aptos a migrarem. As comunidades em mosaico pode ser melhor caracterizadas em associações de macrofitofósseis como é o caso em Campo Formoso, principalmente devido à evidência de pequeno transporte dos seus elementos constituintes. Deve-se levar em consideração que ao contrário de associações polínicas que são sempre de caráter regional, os registros macrofitofossilífero refletem melhor os aspectos locais da cobertura vegetal e corroboram a hipótese de manutenção da floresta.

A Amazônia foi predominantemente florestada durante o último máximo glacial, embora haja evidência de expansão de savanas em suas margens. O que os novos dados biogeográficos modernos sobre disjunções de espécies sugerem é a possibilidade da Bacia Amazônica ter sido recoberta por florestas sazonalmente secas ao invés de floresta pluvial. Entre o último máximo glacial e a metade do Holoceno, teria havido grande expansão da floresta sempre-verde sobre a floresta decídua, atribuída ao aumento da temperatura e dos níveis atmosféricos de CO₂. As similaridades entre o padrão de mudanças no ecossistema amazônico e o registro de metano na Groenlândia, implicam que a Amazônia desempenhou importante papel na diminuição do fluxo de metano atmosférico durante a transição da última glaciação para o Holoceno (Mayle & Beerling, 2004).

ITCZ: CONSIDERAÇÕES SOBRE O POSICIONAMENTO TEMPORAL DA ITCZ DESDE TEMPOS MAIS ANTIGOS QUE 8.000 ANOS.

Fenômenos que ocorrem a partir de 8.000 anos podem ser utilizados por fornecer subsídios ao entendimento das variações climáticas ao longo da última fase glacial. O norte da América do Sul fornece subsídios para as discussões sobre o posicionamento temporal da ITCZ.

Os estudos feitos no norte da América do Sul, especialmente Venezuela, mostram climas periodicamente mais úmidos que os atuais durante o Quaternário, contrariamente ao observado no Brasil e Bolívia. Por analogia às mudanças atuais, estima-se que tais mudanças climáticas seriam causadas por variações na posição da ITCZ, associadas a reforço dos anticiclones subtropicais nas latitudes sul (Servant *et al.*, 1989).

No início dos eventos Heinrich, a intensidade da precipitação aumentou rapidamente nas regiões nas quais o verão austral é chuvoso, mas essa maior precipitação não ocorreu ao longo do ano inteiro, mas somente nos meses de verão. O Nordeste Brasileiro apresenta clima semi-árido, com estação seca de 8 meses, e as florestas pluviais não resistem a secas mais prolongadas que 4 meses, mas a medida que o evento Heinrich se estabelece, a precipitação se distribui melhor ao longo do ano, permitindo o desenvolvimento de florestas pluviais. Os eventos Heinrich anteriores a deglaciação foram menos intensos, provavelmente não alterando a sazonalidade das chuvas, não sendo possível modificações na vegetação. Jennerjahn *et al.* (2004) sugerem o deslocamento para o sul da ITCZ, conforme pode ser observado na figura 36, no Holoceno, este deslocamento acaba por afetar a ENSO, pois a migração da ITCZ para o sul aquece as águas superficiais do Pacífico, originando o fenômeno El Niño. Desse modo, fica claro como eventos oceânicos (Heinrich) podem alterar a circulação atmosférica (ITCZ) que por sua vez é capaz de modificar os padrões oceânicos (ENSO), sendo, muitas vezes, difícil caracterizar causa e efeito.

SACZ: A RELAÇÃO ENTRE A AMAZÔNIA E O OCEANO ATLÂNTICO DEFININDO O CLIMA DO SUDESTE BRASILEIRO

A área palinologicamente bem estudada e considerada pelos seus autores como situada no Brasil Central, corresponde de fato ao Estado de Minas Gerais com apenas dois registros fora dele: Águas Emendadas, DF e Cromínea, GO (Barberi-Ribeiro, 1994; Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Barberi *et al.*, 2000). Os registros de Minas Gerais são extensos: Lagoa dos Olhos, Lagoa Santa, Lagoa Campestre em Salitre, Serra Negra, Catas Altas, Lago do Pires e Lago Dom Helvécio (De Oliveira, 1992; Parizzi, 1993; Behling, 1995; Ledru *et al.*, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Behling & Lichte, 1997; Behling, 1998; Parizzi *et al.*, 1998; Turcq *et al.*, 2001). De modo geral os registros dessa região indicam clima seco durante a última glaciação, com vegetação

campestre e secamento de lagos. Há algumas variações no início e no final dessa fase seca, mas não há muitas discrepâncias entre os registros.

Figura 36 - Posição da ITCZ atual e seu possível deslocamento durante os eventos Heinrich. NBC - Corrente Norte do Brasil, SEC - Corrente Sul Equatorial e BC - Corrente do Brasil, na região do Giro Subtropical. Modificado de Jennerjahn *et al.* (2004).

Os dados da Amazônia, como o aumento do nível do Lago Valência, e do Brasil Central sugerem que, no intervalo de 10.000 a 8.000 (11.400 a 8.900 anos atrás calibrado), correspondente ao ótimo climático em Carajás, o clima seria mais úmido. Em Salitre, após um breve episódio frio e seco ao redor de 10.500 anos (12.400 anos atrás calibrado), houve rápido restabelecimento da cobertura arbórea. Em contraste, os níveis dos lagos diminuem no altiplano boliviano ao redor de 8.000 anos (8.900 anos atrás calibrado). De 10.500 e 8.000 (11.400 e 8.900 anos atrás calibrado) na Bolívia, as condições eram mais secas no Lago Sibéria e Titicaca enquanto persistem condições quentes e úmidas no leste da Amazônia, ao mesmo tempo em que ocorreu fase fria e úmida no Brasil central, como em Salitre.

Figura 37 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 22.000 anos não calibrado.

- Altiplano Boliviano (Seltzer *et al.*, 2002 - Condições relativamente úmidas)
- Lago Jotaordó, Colômbia (Berrio *et al.*, 2000 - Clima mais frio e úmido)
- Lagoa da Pata, AM (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Clima frio e úmido)
- Carajás, AM (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Clima seco)
- Águas Emendadas, DF (Barberi *et al.*, 2000 - Floresta de clima frio)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Não há presença de árvores)
- Catas Altas, MG (Behling & Lichte, 1997; Behling, 1998 - Clima seco e frio)
- Lagoa Santa, MG (Prous, 1992; Parizzi *et al.*, 1998 - Clima quente e úmido)
- Serra Negra, MG (De Oliveira, 1992 - Clima frio mais seco, com várias florestas)
- Rio Tamanduá, São Simão, SP (Turcq *et al.*, 1997 - pântano)
- Colônia, SP (Lorscheitter *et al.*, 1990; Ricconine *et al.*, 1991 - Frio e árido)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1997b; 1998 - Clima frio e seco, sem árvores)

Figura 38 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 20.000 anos não calibrado.

Figura 39 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 18.000 anos (21.500 anos calibrado)

- Altiplano Boliviano (Seltzer *et al.*, 2002 - Condições relativamente úmidas)
- Lago Jotaordó, Colômbia (Berrio *et al.*, 2000 - Floresta diversificada desde 20.000)
- Venezuela (Coltrinari, 1993 - Savanas áridas)
- Nordeste da América do Sul e costa caribenha (Coltrinari, 1993 - Savanas úmidas)
- Carajás, AM (Colinvaux & De Oliveira - Presença de savanas)
- Águas Emendadas, DF (Barberi- Ribeiro, 1994; Barberi *et al.*, 2000 - Desertificação)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Longa fase seca)
- Catas Altas, MG (Behling & Lichte, 1997; Behling, 1998 - Clima seco e frio com fortes geadas. Campos e pequenas áreas de floresta galeria subtropical com presença de araucária)
- Salitre, MG (Alexandre *et al.*, 1999; Turcq *et al.*, 1997; Ledru, 1992 - fase fria e seca)
- Colônia, SP (Lorscheitter *et al.*, 1990; Riccomine *et al.*, 1991 - Frio e árido)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1997b; 1998 - Clima frio e seco, sem árvores)

Figura 40 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 16.000 anos (19.500 anos calibrado).

- Vale do Ribeira, SP (Cruz-Júnior *et al.*, 2005 - Período seco entre 20.000 e 18.000 anos atrás calibrados)
- Altiplano Boliviano (Seltzer *et al.*, 2002 - Condições relativamente úmidas)
- Lago Jotaordó, Colômbia (Berrio *et al.*, 2000 - Floresta diversificada desde 20.000)
- Águas Emendadas, DF (Barberi-Ribeiro, 1994; Barberi *et al.*, 2000 - Semi árido)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Longa fase seca)
- Salitre, MG (Alexandre *et al.*, 1999; Turcq *et al.*, 1997; Ledru, 1992 - fase fria e seca)
- Serra Negra, MG (De Oliveira, 1992 - Clima frio e seco, com savana e floresta)
- Lagoa dos Olhos, MG (De Oliveira, 1992 - Clima seco, início de resfriamento)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1998 - Frio com certa umidade, floresta araucária)
- Rio Tamanduá, São Simão, SP (Turcq *et al.*, 1997 - floresta aberta e muita precipitação)
- Campo Formoso, BA (este trabalho - Floresta, clima úmido)

Figura 41 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 14.000 anos (17.000 anos calibrado).

- Região dos Lagos do Chile (Ashcuorth & Hoganson, 1993 - Ambiente quente)
- Rio Rastro e Morro da Igreja, SC (Behling, 1998 - Geadas, florestas e campos)
- Boa Vista, SC (Behling, 1998 - Frio e seco, floresta e campos)
- Botuverá, SC (Cruz-Júnior *et al.*, no prelo - Seco entre 18.000 a 16.000 anos calibrados)
- Norte dos Andes (Peru e Chile) (Coltrinar, 1993 - Período frio)
- Altiplano Boliviano (Sylvestre *et al.*, 1999 - Lagos secos)
- Lago Chorreras, Equador (Hansen *et al.*, 2003 - Frio e mais úmido que o atual)
- Lago Jotaordó, Colômbia (Berrio *et al.*, 2000 - Clima mais frio e seco. Florestas)
- Lago Valência, Venezuela (Leyden, 1985 - Aumento da umidade, savana e árvores)
- Lagoa da Pata, AM (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Aquecimento)
- Carajás, AM (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Aumento dos elementos arbóreos)
- Lagoa do Caço, MA (Ledru *et al.*, 2001 - Clima úmido, cerrado)
- Águas Emendadas, DF (Barberi-Ribeiro, 1994; Barberi *et al.*, 2000 - Semi árido)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Longa fase seca)
- Lagoa Santa, MG (Prous, 1992; Parizzi *et al.*, 1998 - Clima mais seco que o atual)
- Salitre, MG (Alexandre *et al.*, 1999; Turcq *et al.*, 1997; Ledru, 1992 - Fase fria e seca)
- Serra Negra, MG (De Oliveira, 1992 - Savana, floresta sazonal e floresta de galeria)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1997b; 1998 - Frio com certa umidade, floresta araucária)
- Rio Tamanduá, São Simão, SP (Turcq *et al.*, 1997 - Floresta aberta e muita precipitação)

Figura 42 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 12.000 anos (14.000 anos calibrado).

Figura 43 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 10.000 anos (11.500 anos calibrados).

- Região dos Lagos Chile (Ashcuorth & Hoganson, 1993 - Sazonalmente secos e frios)
- Cordilheira Domeyko, Chile (Latorre *et al.*, 2003 - Úmido entre 13.500 e 9.700)
- Aparados da Serra, RS (Roth & Lorscheelter, 1991 - Semi-árido, baixas temperaturas)
- Boa Vista, SC (Behling, 1998 - Frio e seco, floresta de campos)
- Poço Grande, SC (Behling, 1998 - Floresta atlântica e floresta tropical)
- Serra de Campos Gerais, SC (Behling, 1997a; 1998 - Úmido e frio com fortes geadas)
- Lago Chorreras, Equador (Hansen *et al.*, 2003 - Aquecimento e sazonalidade moderada)
- Lago Jotaordó, Colômbia (Berrio *et al.*, 2000 - Clima mais frio e seco. Savanas herbáceas)
- Lago Valencia (Salgado-Labouriau, 1980; Leyden, 1985 - Maior umidade, savana e árvores)
- Lagoa do Curuçá, PA (Behling 1998 - Floresta fechada e densa com alguns *Podocarpus*)
- Carajás, PA (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Máximo desenvolvimento de florestas)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Longa fase seca)
- Águas Emendadas, DF (Barberi- Ribeiro, 1994; Barberi *et al.*, 2000 - Semi árido.)
- Lago do Pires, MG (Behling, 1995b; 1998 - Baixa precipitação)
- Salitre, MG (Ledru, 1996 - Ausência da estação seca)
- Serra Negra, MG (De Oliveira, 1992 - Savana, floresta sazonal e floresta de galeria)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1997; 1998 - Frio com certa umidade, floresta araucária)
- Rio Tamanduá, São Simão, SP (Turcq *et al.*, 1997 - Muita precipitação)
- Campo Formoso e norte da Bahia (Este trabalho - floresta e clima úmido; De Oliveira *et al.*, 1999 - Densa floresta com espécies atlânticas)

Figura 44 - Mapa paleoclimático da América do Sul há 8.000 anos (9.000 anos calibrados).

- Serra de Campos Gerais, SC (Behling, 1997a; 1998 - Úmido, frio com fortes geadas)
- Boa Vista, SC (Behling, 1998 - Frio e seco, floresta e campos)
- Lago Chorreras, Equador (Hansen *et al.*, 2003 - Sazonalidade moderada)
- Lago Valencia, Venezuela (Leyden, 1985 - Quente. Úmido nas encostas, seco no planalto)
- Lago Calado, AM (Behling *et al.*, 2001 - Floresta de várzea, igapó, floresta aberta)
- Lago Crispin, PA (Behling & Costa, 2001 - Floresta amazônica)
- Lagos Geral e Comprida, PA (Bush *et al.*, 2000 - Precipitação aumenta a partir de 8.800)
- Rio Curuá, PA (Behling & Costa, 2000 - Presença de buritizal)
- Carajás, PA (Colinvaux & De Oliveira, 2001 - Período seco)
- Águas Emendadas, DF (Barberi- Ribeiro, 1994; Barberi *et al.*, 2000 - Semi árido)
- Cromínea, GO (Ledru *et al.*, 2001 - Longa fase seca)
- Lago do Pires, MG (Behling, 1995b; 1998 - Fase úmida)
- Lago Dom Helvécio, MG (Turcq, 2001 - Clima seco com rebaixamento do lago)
- Serra Negra, MG (De Oliveira, 1992 - Savana, floresta sazonal e floresta de galeria)
- Salitre, MG (Ledru, 1992 - Clima frio)
- Morro de Itapeva, SP (Behling, 1997b; 1998 - Floresta seca de montanha)
- Norte da Bahia (De Oliveira *et al.*, 1999 - Clima quente e úmido aumento de cerrado)

As pesquisas limnológicas no Lago Caracaranã, Roraima (3°51'N, 59°48'W) mostram que este lago registra menor nível entre 9.000 e 7.500 anos (não calibrado). Quando comparado com outros estudos limnológicos, como os realizados no Lago Dom Helvécio, MG (19°40'S, 42°35'W), pode-se notar algumas semelhanças, pois os dados indicaram que o Lago Dom Helvécio estava 22 metros abaixo do seu nível atual a 8.200 anos (não calibrado) e 13 metros abaixo do seu nível atual a 5.000 anos (não calibrado), confirmando clima mais seco na região sudeste. Entretanto, como o Lago Caracaranã já se encontra no Hemisfério Norte, embora ainda bem próximo ao equador, não pode ter sua fase seca explicada por menor insolação de verão, explicação geralmente fornecida pelos autores que trabalham com o sudeste brasileiro (Simões-Filho, 2000). Os estudos palinológicos no médio São Francisco indicam período mais úmido entre 11.000 e 6.800 anos (não calibrado) (De Oliveira *et al.*, 1999). O aumento de precipitação no nordeste também não pode ser explicado por diferenças no padrão de insolação (Turcq *et al.*, 2002).

O mesmo conjunto de dados pode conduzir a diferentes interpretações paleoclimáticas, dependendo da explicação sugerida para o evento. Regiões próximas podem ser interpretadas com climas variados, conforme pode ser observado nas figuras 37 a 44 (páginas 171 a 178), mas torna-se difícil concluir se a questão é paleoclimática ou de interpretação de dados.

A variação sazonal da posição da ITCZ pode mudar dependendo da posição da SACZ nas latitudes médias. A interconexão dessas duas zonas de convergência regula as estações e a precipitação na porção norte do nordeste (Ledru *et al.*, 2006). Os dados paleoclimáticos do sudeste brasileiro mostram clima mais seco no Holoceno Inferior e Médio (10.000 a 4.000) que indicaria atividade mais fraca da SACZ. Este enfraquecimento é provavelmente ligado à insolação mais fraca no verão, porque sua formação depende da troca de calor e da intensa atividade convectiva na Amazônia. O clima mais úmido, observado no médio São Francisco durante o Holoceno Inferior a Médio, poderia corresponder à posição mais ao sul da ITCZ no Oceano Atlântico no verão, e o clima mais seco no norte de Roraima poderia estar relacionado à posição mais ao norte da ITCZ no inverno.

9.5 - Situações paleoclimáticas no Nordeste Brasileiro e suas relações com a caatinga.

A paleoecologia da caatinga é fundamental para testar hipóteses biogeográficas como as possíveis conexões com as vegetações amazônica e atlântica e também para compreender o resfriamento tropical citado nos trabalhos palinológicos. A vegetação da caatinga também pode auxiliar na compreensão dos efeitos climáticos possivelmente relacionados aos fenômenos ENSO (*sensu* Kousky *et al.*, 1984) e de deslocamento da ITCZ.

O número de endemismos na floresta costeira do Brasil, assim como disjunções com a Amazônia, são evidências da estabilidade da floresta costeira brasileira. Em relação ao Nordeste Brasileiro, pode-se analisar os refúgios contemporâneos. A floresta é atualmente persistente em algumas encostas com maior umidade, a temperatura é menor que em outras regiões circundadas pela caatinga. Essas manchas de florestas denominadas brejos, são consideradas como refúgios atuais. A composição florística com muitas espécies amazônicas sugere que sejam remanescentes de florestas e não produtos de interferências antrópicas. Os brejos também exibem espécies do complexo atlântico, indicando que são interessantes relíquias com mistura de espécies (Prance, 1982).

As evidências botânicas são baseadas em centros de endemismo e distribuição disjunta e, em menor extensão, em adaptações xerófitas de plantas de florestas chuvosas e na variação dos padrões de espécies polimórficas. São ainda pouco estudadas as possibilidades de cada área representar refúgios de diferentes vegetações de forma a acumular espécies de cada época de refúgio, um processo denominado “padrão de distribuição multiestratificado”. O Brasil precisa de maior quantidade de amostragens das diferentes vegetações para a efetuação desse tipo de trabalho, uma vez que podem ocorrer centros de endemismos edáficos, que não apresentam relação com mudanças climáticas (Prance, 1982).

As interpretações paleoclimáticas no Nordeste Brasileiro durante a última glaciação constituem grande desafio. Suas características climáticas atuais ainda são pouco conhecidas e diferentes regimes pluviométricos podem ser identificados. No norte do Nordeste, a principal época de chuva é de março a abril; no sul, a chuva ocorre de dezembro a fevereiro; e no leste do Nordeste, chove de maio a julho. A variação espacial da precipitação anual também é alta. Enquanto porções do interior recebem menos que 600 milímetros, a costa leste recebe em torno de 2.000 milímetros por ano (Rao *et al.*, 1993). A precipitação média sobre o Nordeste e sua variabilidade interanual constituem importantes desafios a serem resolvidos pela meteorologia tropical. Devido à localização geográfica, esperar-se-ia a precipitação típica das áreas tropicais. Entretanto, a precipitação média da região, que é imediatamente vizinha à maior floresta tropical do mundo, é muito menor que a média equatorial (Moura & Shukla, 1982).

A correlação entre a anomalia quente na superfície do Oceano Atlântico em março com a precipitação, pode ser explicada pelo aumento do fluxo convergente úmido devido aos ventos de sudeste que se direcionam para o Nordeste, aumentando a precipitação. Por outro lado, menores temperaturas superficiais no oceano teriam o efeito contrário. O aumento da precipitação produz convecções mais profundas na ITCZ com movimento ascendente no norte e descendente sobre o Nordeste e região oceânica nas proximidades. Uma possível razão para não encontrar correlações

negativas amplas com a região Norte pode ser a natureza dinâmica do relacionamento entre a anomalia da temperatura superficial dos oceanos e a precipitação. Enquanto temperaturas superficiais quentes no oceano produzem uma ITCZ intensa e associada ao movimento descendente sobre o Nordeste, temperaturas superficiais frias não necessariamente induzem movimentação. Desse modo, a correlação é bem mais forte em relação aos eventos de seca que aos períodos úmidos (Moura & Shukla, 1982).

Em alguns aspectos, o Oceano Atlântico tropical é similar ao leste do Pacífico tropical, em relação, por exemplo, a temperatura superficial logo ao sul do Equador (estreita faixa de água fria) e nos ventos que originam a ITCZ. A ITCZ e esta faixa de temperaturas frias possuem ciclo anual mais proeminente no Atlântico, do mesmo modo que a ENSO é mais proeminente no Pacífico. Estudos sugerem que a variabilidade na precipitação no Nordeste Brasileiro e na região centro-ocidental da África está intimamente relacionada a variações no gradiente da temperatura superficial do oceano ao longo do equador. A precipitação no Brasil tende a estar mais fortemente relacionada com o dipolo da temperatura superficial atlântica que com o El Niño do Pacífico (Chang *et al.*, 1997).

A quantidade de precipitação recebida pela área costeira do Nordeste Brasileiro também está relacionada com os ventos de sul. Atualmente, o máximo de precipitação ocorre durante o inverno austral, quando as correntes de vento ganham o máximo de intensidade e massas úmidas de ar atingem as montanhas costeiras (Arz *et al.*, 1999).

Os períodos glaciais exibem contrastes climáticos acentuados em relação aos interglaciais. É bem conhecido mundialmente que o padrão de climas mais secos durante o máximo glacial é freqüentemente interrompido por áreas com aumento pluviométrico.

O Nordeste apresenta várias características sugestivas de clima pretérito mais úmido, como vales fluviais meandantes atualmente secos, terraços fluviais indicativos de rios de alto gradiente, precipitação química em cavernas indicando infiltrações generalizadas, tufos calcários fossilíferos e horizontes calcíticos em solos (Auler, 2000).

Outro fator atuante no Nordeste Brasileiro seria um tipo de circulação Walker entre a América do Sul e o Atlântico Sul, entre os meses de dezembro e fevereiro, que também seria afetado pela ENSO, ficando mais fraco durante eventos El Niño (Kousky *et al.*, 1984).

Conforme comentado anteriormente, as modificações dos padrões de circulação oceânica alteram os padrões atmosféricos, como por exemplo o posicionamento da ITCZ, que culmina em aumento da precipitação sobre o Nordeste Brasileiro enquanto que outras áreas no Brasil experimentaram condições glaciais mais secas que as atuais.

O aumento da umidade associado a baixas temperaturas, permitiria a expansão de rica floresta galeria, que, segundo De Oliveira *et al.* (1999) poderia ser o meio pelo qual teria ocorrido intercâmbio florístico entre as regiões amazônica e atlântica.

O presente estudo demonstrou que, pelo menos na porção norte da Bahia, a Caatinga propriamente dita não estava presente do último máximo glacial até o início da deglaciação, muito embora algumas de suas espécies tenham resistido às mudanças climáticas. Por outro lado, foi possível sugerir aumento de precipitação conforme comentado no capítulo anterior. Segundo discussão anterior, os eventos Heinrich não teriam promovido alterações na sazonalidade da precipitação, embora possa ter ocorrido aumento na quantidade da precipitação (Jennerjahn *et al.*, 2004). O registro espeleológico da Toca da Boa Vista, na região de Campo Formoso, também parece sugerir sazonalidade na precipitação (Auler & Smart, 2001). A vegetação, não fornece dados que permitam inferir a duração da estação seca e conseqüentemente não há como determinar alterações ou não na sazonalidade da precipitação.

Ocorreram flutuações de até 2 metros no nível da água na Toca da Boa Vista, em resposta a sazonalidade da precipitação. Os depósitos parecem representar dois eventos episódicos.

Não há indícios de intercâmbios florísticos entre o complexo vegetacional atlântico e amazônico como proposto por De Oliveira *et al.* (1999), embora seja provável que tal intercâmbio possa ter ocorrido mais ao norte, visto que o registro polínico é de caráter regional.

Os tufos calcários exibem importantes depósitos de macrofitofósseis, muitos deles em excelentes condições de preservação além de registros de fósseis de animais. Tufos calcários podem ser datados pelo método U/Th e por isso vem sendo bastante estudados em diversas regiões do mundo.

O Brasil possui importantes depósitos de tufos inativos como os situados no centro e norte da Bahia (Auler, 1999), Russas no Ceará (Duarte & Nogueira, 1980), Umbuzeiro na Paraíba (Muniz & Ramirez, 1971; Duarte, 1979; Duarte & Vasconcelos, 1980) e o da Serra das Araras em Mato Grosso (Almeida, 1945). Os depósitos ativos estão situados principalmente na região da Serra da Bodoquena, MS (Boggiani & Coimbra, 1995; Boggiani *et al.*, 1999).

O estudo mais detalhado destes depósitos em conjunto, poderia contribuir para melhor compreensão das mudanças climáticas e vegetacionais do Quaternário.

10 - Considerações finais

O presente trabalho procurou caracterizar o registro fitofossilífero de tufos calcários situados no município de Campo Formoso, norte da Bahia. Realizaram-se três análises independentes para melhor controle dos resultados, evitando-se raciocínio circular. Embora as três análises tenham utilizado diretamente os fitofósseis, cada análise utiliza dados isoladamente. A tafonômica costuma permitir interpretações ambientais como sub-ambientes deposicionais e mesmo aspectos climáticos. A taxonômica envolve o reconhecimento sistemático do registro fóssil, gerando lista florística que possa ser comparada a outras listas florísticas, visando, a identificação da vegetação presente na região. A análise taxonômica dificilmente permite o reconhecimento da estrutura da vegetação, embora possa sugerir vegetação mais ou menos arbórea; o registro fóssil de espécies herbáceas normalmente é bastante limitado. A análise fisionômica não requer a identificação taxonômica dos espécimes fósseis, apenas o reconhecimento de quantas morfoespécies estariam presentes na associação. Este tipo de análise pode permitir o reconhecimento da estrutura vegetacional, assim como de alguns parâmetros climáticos como pluviosidade. A deposição de tufos calcários requer água em abundância, mesmo que sazonalmente

Através da análise tafonômica foi possível observar que:

- a) há poucas semelhanças dos tufos fósseis brasileiros com os depósitos de tufos calcários quaternários da Europa, mas foram possíveis comparações tafonômicas com os depósitos atuais da região de Bonito, MS
- b) os fitofósseis indicam ter sofrido pouco transporte, motivado, em parte, pela rápida precipitação do calcário. Este pequeno transporte é importante por permitir a caracterização de uma assembléia fóssil proveniente de uma mesma região
- c) foi possível o reconhecimento de dois sub-ambientes deposicionais: o de alta turbulência, preservando camadas laminadas mais compactas e espessas de carbonato, normalmente associadas às folhas fósseis e o de menor turbulência, com a ocorrência de calcário poroso, semelhante à deposição de fibras de aragonita e de mais sedimentos. Condições intermediárias entre estes dois sub-ambientes parecem sugerir condições variáveis sazonalmente, principalmente porque essas diferenças ocorrem num mesmo afloramento

- d) ocorrem pequenas variações na deposição entre os três afloramentos estudados, havendo alguns indícios de que o afloramento Salgadinho estivesse sujeito a condições mais frias, mas os dados são poucos para permitir interpretação segura.

A análise taxonômica gerou uma lista florística bem diversificada:

- a) foram descritos 69 morfotipos, sendo reconhecidos taxonomicamente 49 morfotipos, 44 a nível de espécie, distribuídos em 37 gêneros e 26 famílias.
- b) quinze espécies puderam ser identificadas com grau de incerteza baixo ou muito baixo e foram usadas preferencialmente em algumas análises
- c) nove espécies foram identificadas com o grau de incerteza entre baixo e moderado, quatorze com grau moderado de incerteza e duas com grau alto de incerteza. A maior incerteza na identificação foi causada, tanto pelo tipo de preservação do espécime, quanto devido à sua fragmentação, principalmente se o morfotipo é composto por apenas um espécime, mas algumas vezes a incerteza na identificação foi causada pela grande diversidade da família estudada ou pela ocorrência do mesmo padrão de nervação em diferentes famílias.
- d) foram registradas cinco espécies de Annonaceae e Euphorbiaceae, quatro espécies de Malvaceae e Lamiaceae, três espécies de Begoniaceae, duas espécies de Bignoniaceae, Chrysobalanaceae, Elaeocarpaceae, Malpighiaceae e Sterculiaceae, além de uma espécie de Apocynaceae, Aquifoliaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Cecropiaceae, Celastraceae, Connaraceae, Dilleniaceae, Guttiferae (=Clusiaceae), Olacaceae, Phytolacaceae, Piperaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae e Tiliaceae, independente do grau de incerteza na identificação
- e) foi possível observar a preservação de alguns elementos herbáceos, incluindo quatro tipos de monocotiledôneas que não puderam ser identificados.
- f) não foi observada diferença vegetacional significativa entre os diferentes sub-ambientes ou entre os três afloramentos, muito embora haja diferenças na composição das espécies em cada ponto.
- g) pode-se verificar mistura vegetacional, com espécies de ampla distribuição geográfica e espécies típicas da caatinga e cerrado. O cerrado teria avançado vindo de oeste. Pode ainda ter havido migração de elementos das florestas estacionais presentes na encosta da Chapada Diamantina, principalmente aquelas que preferem ambientes úmidos.
- h) A mistura de floras parece indicar a melhor distribuição das chuvas e/ou aumento na precipitação anual. Mais especificamente, corresponderia a uma “descida” aproximada de cerca de 300 a 400 metros de altitude e um aumento de 300 a 700 milímetros de chuva por ano, visto que Campo

Formoso encontra-se entre 400 e 800 metros de altitude e apresenta precipitação atual entre 300 a 500 milímetros por ano.

- i) a ausência de Myrtaceae poderia sugerir a pequena relevância das espécies mais tipicamente atlânticas na assembléia fóssil.
- j) não há indícios de formação de corredores vegetacionais conectando o complexo vegetacional atlântico com a vegetação amazônica, pelo menos não no norte da Bahia

A análise fisionômica fornece informações adicionais relacionadas à estrutura vegetacional da assembléia fóssil:

- a) após a necessidade de se obter os padrões fisionômicos específicos para a região da Bahia, constatou-se que a fisionomia foliar não permite por si só o reconhecimento dos diferentes biomas presentes na Bahia.
- b) pode-se concluir que a vegetação de caatinga não segue os padrões fisionômicos internacionais por se tratar de vegetação decídua em área tropical. Desse modo, suas folhas estão adaptadas somente ao período das chuvas, visto não haver folhas no período seco. Em regiões com maior umidade, a vegetação é mais densa, e parte dos espécimes não perdem as folhas no período seco, fazendo com que, paradoxalmente, folhas menores se conservem no registro fossilífero, enquanto que normalmente, vegetações fechadas possuem folhas maiores que as correspondentes em área aberta devido à menor luminosidade.
- c) pode-se interpretar que a fisionomia da assembléia fóssil assemelha-se a vegetações presentes em maiores altitudes atualmente, indicativas de vegetação de dossel fechado.
- d) a assembléia fóssil estaria sujeita a condições sazonalmente mais úmidas, mas próximas às condições atualmente presentes na região de cerrado.

Considerando-se os mapas paleoclimáticos propostos, verifica-se a possibilidade de condições climáticas relativamente distintas em regiões próximas, seja por questões meramente locais seja por compensações nas correntes atmosféricas, que transportam umidade de uma região para outra. Deste modo não se pode generalizar a maior umidade presente no norte da Bahia com o restante do nordeste. Outros depósitos de macrofitofósseis deveriam ser mais bem estudados, inclusive com dados cronológicos, para aperfeiçoar os conhecimentos paleoclimáticos das últimas fases de sedimentação do Quaternário.

- ABBOTT, M.B.; SELTZER, G.O.; KELTS, K.R. & SOUTHON, J. (1997) - Holocene paleohydrology of the Tropical Andes from lake records. *Quaternary Research*, **47**: 70-80.
- ABSY, M.L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; FERREIRA-SILVA, M.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. & VAN DER HAMMEN, T. (1991) - Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60.000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. *Comptes Rendus Académie de Sciences*, série II, **312**: 673-678.
- ALCOFORADO-FILHO, F.G.; SAMPAIO, E.V.S.B. & RODAL, M.J.N. (2003) - Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifolia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta botânica brasileira*, **17**(2): 267-303.
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.D.; MARIOTTI, A. & SOUBIES, F. (1999) - Late Holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. *Quaternary Research*, **51**: 187-194.
- AMBRIZZI, T.; SOUZA, E.B.; PULWARTY, R.S. (2004) - The Hadley and Walker regional circulations and associated Enso impacts on South America seasonal rainfall. In: DIAZ, H.F. & BRADLEY, R.S. (2004) (eds.) The Hadley circulation: present, past and future. Dordrecht Kluwer Academic Publisher. Pp. 203-235.
- ANDRADE, L.A.Z.; FELFILI, J.M. & VIOLATTI, L. (2002) - Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília, DF. *Acta botânica brasileira*, **16**(2): 225-240.
- ARAÚJO, E.L.; SAMPAIO, E.V.S.B. & RODAL, M.J. (1995) - Composição florística e fitossociológica de três áreas de caatinga de Pernambuco. *Revista brasileira de Biologia*, **55**(4): 595-607.
- ARAÚJO, G.M.; BARBOSA, A.A.A.; ARANTES, A.A. & AMARAL, A.F. (2002) - Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. *Revista brasileira de botânica*, **25**(4): 475-493.
- ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J. & WEFER, G. (1999) - The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, **167**: 105-117.
- ASHWORTH, & HOGANSON (1993) - The magnitude and rapidity of the climate change marking the end of the Pleistocene in the mid-latitude of South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **101**(3/4): 263-270.
- AULER, A.S. (1999) - Karst evolution and palaeoclimate of eastern Brazil. Ph.D. thesis. University of Bristol.
- AULER, A.S. (2000) - O clima no nordeste do Brasil durante o período glacial. *O Carste*, **12**(3): 150-151.
- AULER, A.S. & SMART, P.L. (2001) - Late Quaternary paleoclimate in semiarid Northeastern Brazil from U-series dating of travertine and water-table speleothems. *Quaternary Research*, **55**: 159-167.
- AXEROLD, D.I. & BAILEY, H.P. (1969) - Paleotemperature analysis of Tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **6**: 163-195.
- BAILEY, I.W. & SINNOTT, E.W. (1915) - A botanical index of Cretaceous and Tertiary climates. *Science*, **41**: 831-834.
- BAILEY, I.W. & SINNOTT, E.W. (1916) - The climatic distribution of certain types of angiosperm leaves. *American Journal of Botany*, **3**: 24-39.
- BARBERI-RIBEIRO, M. (1994) - Paleovegetação e paleoclima no Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendadas, DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. & SUGUIO, K. (2000) - Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**: 241-254.
- BARREIRA, S.; SCOLFORO, J.R.S.; BOTELHO, S.A. & MELLO, J.M. (2002) - Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um cerrado sensu stricto para fins de manejo florestal. *Scientia forestalis*, **61**: 64-78.
- BARREIRO, M.; CHANG, P. & SARAVANAN, R. (2002) - Variability of the South Atlantic Convergence Zone simulated by a atmospheric general circulation model. *Journal of Climate*, **15**: 745-763.

- BARRETO, A.M.F.; PESSENDA, L.C.R. & SUGUIO, K. (1996) - Probable drier Holocene climate evidenced by charcoal bearing middle São Francisco river paleodunes, State of Bahia, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, **68**(Supl.): 43-48.
- BARROSO, G.M. (1991a) - *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. Vol. 2. Editora da Universidade Federal de Viçosa. 377p.
- BARROSO, G.M. (1991b) - *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. Vol. 3. Editora da Universidade Federal de Viçosa. 326p.
- BARROSO, G.M.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.; GUIMARÃES, E.F. & COSTA, C.G. (2002) - *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. Vol. 1. Segunda edição. Editora da Universidade Federal de Viçosa. 309p.
- BECK W.J.; RÉCY, J. TAYLOR, F.; EDWARDS, R.L. & CABIOCH, G. (1997) - Abrupt change in early Holocene tropical sea surface temperature derived from coral records. *Nature*, **385**: 705-707.
- BEHLING, H. (1995) - A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, **14**: 253-268.
- BEHLING, H. (1997a) - Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **97**(1/2): 109-121.
- BEHLING, H. (1997b) - Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **129**: 407-422.
- BEHLING, H. (1998) - Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **99**: 143-156.
- BEHLING, H. & COSTA, M.L. (2000) - Holocene environmental changes from the Rio Curuá record in the Caxiuanã Region, eastern Amazon Basin. *Quaternary Research*, **53**: 369-377.
- BEHLING, H. & COSTA, M.L. (2001) - Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record from northeastern Pará State, eastern Amazonia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **114**: 145-155.
- BEHLING, H. & HOOGHIEEMSTRA, H. (1998) - Late Quaternary palaeoecology and palaeoclimatology from pollen records of the savannas of the Llanos Orientales in Colombia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **139**: 251-267.
- BEHLING, H. & HOOGHIEEMSTRA, H. (2000) - Holocene rain forest-savanna dynamics and climatic implications: high resolution pollen record Laguna Loma Linda in eastern Colombia. *Journal of Quaternary Science*, **15**: 469-477.
- BEHLING, H. & LICHTÉ, M. (1997) - Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. *Quaternary Research*, **48**: 348-358.
- BEHLING, H.; KEIM, G.; IRION, G.; JUNK, W. & MELLO, J.N. (2001) - Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado (Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **173**(1/2): 87-101.
- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. (2002) - Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica*, **25**(2): 237-248.
- BERRIO, J.C.; HOOGHIEEMSTRA, H. BEHLING, H. & VAN DER BORG, K. (2000) - Late Holocene history of savanna gallery forest from Carimagua area, Colombia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **111**: 295-308.
- BOGGIANI, P.C. & COIMBRA, A.M. (1995) - Quaternary limestones of the Pantanal Área, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, **67**(3): 343-349.
- BOGGIANI, P.C.; COIMBRA, A.M.; GESICKI, A.L.D.; SIAL, A.N.; FERREIRA, V.P.; RIBEIRO, F.B. & FLEXOR, J.M. (2000) - Tufas calcárias da Serra da Bodoquena. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. (2000) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Gilges-UNESCO. Brasília, DF, v. 1, p. 249-259.
- BROECKER, W.S. (2000) - Abrupt climate change: causal constraints provided by the paleoclimate record. *Earth-Science Reviews*, **51**: 137-154.
- BROECKER, W.S. & HEMMING, S. (2001) - Climate swings come into focus. *Science*, **294**: 2308-2309.
- BUSH, A.B.G. & PHILANDER, G.H. (1998) - The role of ocean-atmosphere interactions in tropical cooling during the Last Glacial Maximum. *Science*, **279**: 1341-1344.

- BUSH, M.B.; MILLER, M.C.; DE OLIVEIRA, P.E. & COLINVAUX, P.A. (2000) - Two histories of environmental change and human disturbance in eastern lowland Amazonia. *The Holocene*, **10**: 543-553.
- CABRAL, R. (2000) - O estado do meio ambiente no Brasil. In: *GeoBrasil 2000 - Perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Disponível em: www.ambientebrasil.com.br
- CARNEIRO-FILHO, A. (1993) - Cerrados amazônicos: fósseis vivos ? Algumas reflexões. *Revista IG*, **14**: 63-68.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A. & GAVILANES, M.L. (1995a) - Estrutura fitossociológica de mata ripária do alto Rio Grande (Bom Sucesso, estado de Minas Gerais). *Revista brasileira de Botânica*, **18**(1): 39-49.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A. & GAVILANES, M.L. (1995b) - Flora arbustivo-arbórea de uma floresta ripária no alto Rio Grande em Bom Sucesso/MG. *Acta botânica brasileira*, **9**(2): 231-245.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A. & CURI, N. (2000) - Florística e estrutura da vegetação arbórea de um fragmento de floresta semidecidual às margens do reservatório da usina hidrelétrica Dona Rita (Itambé do Mato Dentro, MG). *Acta botânica brasileira*, **14**(1): 37-55.
- CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. & LIEMANN, B. (2004) - The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate*, **17**: 88-108.
- CHANG, P.; JI, L. & LI, H. (1997) - A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, **385**: 516-518.
- CHIANG, J.C.H. & KOUTAVAS, A. (2004) - Tropical flip-flop connections. *Nature*, **432**: 684-685.
- CHRISTOPHEL, D.C. & BLACKBURN, D.T. (1978) - Tertiary megafossil flora of Maslin Bay, South Australia: a preliminary report. *Alcheringa*, **2**: 311-319.
- CHRISTOPHEL, D.C. & GREENWOOD, D.R. (1989) - Changes in climate vegetation in Australia during the Tertiary. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **58**(2-4): 95-109.
- COLINVAUX, P.A. & DE OLIVEIRA, P.E. (2001) - Amazon plant diversity and climate through the Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **166**: 51-63.
- COLTRINARI, L. (1993) - Global Quaternary changes in South America. *Global and Planetary Change*, **7**: 11-23.
- COSTA, A.A. & ARAÚJO, G.M. (2001) - Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Acta botânica brasileira*, **15**(1): 63-72.
- COSTA, I.R.; ARAÚJO, F.S. & LIMA-VERDE, L.W. (2004) - Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Acta botânica brasileira*, **18**(4): 759-770.
- CRISTALLI, P.S. (1997) - Taoflora das camadas Nova Iorque, depósitos neógenos do rio Parnaíba, Município de Nova Iorque (MA), Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- CRUZ-JÚNIOR, F.W.; BURNS, S.; KARMANN, I.; SHARP, W.; VUILLE, M.; CARDOSO, A.O. FERRARI, J.A.; DIAS, P.L.S. & VIANA-JÚNIOR, O (2005) - Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116 ky in subtropical Brazil. *Nature*, **434**: 63-66.
- DAJOZ, R. (1983) - *Ecologia Geral*. Editora Vozes. 472p.
- DE OLIVEIRA, P.E. (1992) - A palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil. Ph.D.. Ohio State University
- DE OLIVEIRA, P.E.; BARRETO, A.M.F. & SUGUIO, K. (1999) - Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **152**: 319-337.
- DESJARDINS, T.; CARNEIRO-FILHO, A.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A. & GIRARDIN, C. (1996) - Changes of the Forest-savanna boundary in Brazilian Amazônia during the Holocene revealed by stable isotope ratios of soil organic carbon. *Oecologia*, **108**: 749-756.
- DOLPH, G.E. & DILCHER, D.L. (1979) - Foliar physiognomy as an aid in determining paleoclimate. *Palaeontographica*, Abt. B, **170**: 151-172.
- DOLPH, G.E. & DILCHER, D.L. (1980) - Variation in leaf size with respect to climate in the Tropics of the Western Hemisphere. *Bulletin Torrey Botanical Club*, **107**: 29-34.
- DORF, E. (1964) - The Use of Fossil Plants in Palaeoclimatic Interpretations. In: NAIRN, A.E.M. (Editor), *Problems in Palaeoclimatology*. Interscience, London, pp 13-31.

- DUARTE, L. (1979) - Sobre uma Filicina (*Lastrea dardanoi* n.sp.) do Quaternário do Estado da Paraíba. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 51(4): 741-746.
- DUARTE, L. & NOGUEIRA, M.I.M. (1980) - Vegetais do Quaternário do Brasil. I - Flórula de Russas, CE. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 52(1): 37-48.
- DUARTE, L. & VASCONCELOS, M.F.C. (1980) - Vegetais do Quaternário do Brasil. II - Flórula de Umbuzeiro, PB. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 52(1): 93-108.
- FERGUSON, D.K. (1985) - The origin of leaf-assemblages - new light on an old problem. *Review of Palaeobotany and Palynology* 46: 117-188.
- FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. & PEREIRA, R.C.A. (1998) - Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajé, Pernambuco. *Revista brasileira de Botânica*, 21(1): 7-15.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R. & SALGADO-LABOURIAU, M. (1996) - Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, 9(3/4): 207-219.
- FERRI, M.G. (1980) - *Vegetação brasileira*. Editora da Universidade de São Paulo. 157p.
- FIDELIS, A.T. & GODOY, S.A.P. (2003) - Estrutura de um cerrado *strico sensu* na glaba cerrado pé-de-gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta botânica brasílica*, 17(4): 531-539.
- FIGUEIRÊDO, L.S.; RODAL, M.J.N. & MELO, A.L. (2000) - Florística e fitossociologia de uma área de vegetação arbustiva caducifólia espinhosa no município de Buíque, Pernambuco. *Naturalia*, 25: 205-224.
- FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E.; SILVA JR., M.C.; MARIMON, B.S. & DELITTI, W.B.C. (2002) - Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa - MT. *Acta botânica brasílica*, 16(1): 103-112.
- FONSECA, M. R. & BRAZIL, T.K. (2004) - Caracterização de Ambientes. Disponível em www.ufba.br/~qualibio/txt010.html.
- FORD, T.D. & PEDLEY, H.M. (1996) - A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Science Reviews*, 41: 117-175.
- FOREST, C.E.; WOLFE, J.A.; MOLNAR, P. & EMANUEL, K.A. (1999) - Paleoaltimetry incorporating atmospheric physics and botanical estimative of paleoclimate. *Bulletin of Geology Society of America*, 111(4): 497-511.
- FORNARI, M.; RISACHER, F. & FÉRAUD, G. (2001) - Dating of palcolakes in the central Altiplano of Bolivia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 172: 269-282.
- FUNDAÇÃO RIO CIPÓ (2006) - Disponível em <http://www.serradocipo.com/> Acessado em 15/01/06
- GAN, M.A.; KOUSKY, V.E. & ROPELEWSKI, C.F. (2004) - The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *Journal of Climate*, 17: 47-66.
- GANOPOLSKI, A.; RAHMSTORF, S.; PETOUKHOV, V. & CLAUSSEN, M. (1998) - Simulation of modern and glacial climates with a coupled global model of intermediate complexity. *Nature*, 391: 351-356.
- GIULIETTI, A.M.; PIRANI, J.P. & HARLEY, R.M. (1997) - *Espinhaço range region eastern Brazil*. Cambridge: World Wide Fund for Nature/ World Conservation Union. P. 397-404. In: DABIS, S.D.; HEYWOOD, V.H.; HERRERA-MacBRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J. & HAMILTON, A.C. (eds.) - Centres of plants diversity: a guide and strategy for their conservation.
- GOUDIE A.S.; VILES H.A. & PENTECOST, A. (1993) - The late-Holocene tufa decline in Europe. *The Holocene*, 3(2): 181-186.
- GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R. & GOMES, B.M. (1997) - Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul do Amazonas, indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C) do solo. *Geochimica Brasiliensis*, 11(3): 355-367.
- GREENWOOD D.R. (1991) - The taphonomy of plant macrofossils In: S.K. DONOVAN (editor) *The Process of Fossilization*. Columbia University Press, New York 141-169p.
- GREENWOOD, D.R. (1992) - Taphonomic constraints on foliar physiognomic interpretations of Late Cretaceous and Tertiary palaeoclimates. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 71: 149-190.
- GUILDERTSON, T.P.; FAIRBANKS, R.G. & RUBENSTONE, J.L. (1994) - Tropical temperature variations since 20,000 years ago: modulating interhemispheric climate change. *Science*, 263: 663-665.
- HABERLE, S.G. & MASLIN, M.A. (1999) - Late Quaternary vegetation and climate change in the Amazon Basin on a 50,000 year pollen record from the Amazon Fan, ODP Site 932. *Quaternary Research*, 51(1): 27-38.

- HANSEN, B.C.S.; RODBELL, D.T.; SELTZER, G.O.; LEÓN, B.; YOUNG, K.R. & ABBOTT, M. (2003) - Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of southwestern Ecuador. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **194**: 79-108.
- HEUSSER, C.J. (1981) - Palynology of the Last Interglacial - Glacial cycle in midlatitudes of Southern Chile. *Quaternary Research*, **16**: 293-321.
- HEUSSER, C.J. (1989) - Southern Westerlies during the Last Glacial Maximum. Letter to the editor. *Quaternary Research*, **31**(3): 423-425.
- HICKEY, L.J. (1973) - Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, **60**(1): 17-33.
- HOOGHIEMSTRA, H. (1989) - Quaternary and Upper-Pliocene glaciations and forest development in the tropical Andes: evidence from a long high-resolution pollen record from the sedimentary basin of Bogotá, Colombia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **72**: 11-26.
- HÖLL, C.; ZONNEVELD, K.Z.F. & WILLEMS, H. (2000) - Organic-walled dinoflagellates cyst assemblages in the tropical Atlantic Ocean and oceanographical changes over the last 140 ka. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **160**(1/2): 69-90.
- HOWARD, R.A. (1969) - The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 8. Studies on stem growth and form and leaf structure. *Journal of the Arnold Arboretum*, **50**(2): 225-262.
- HUECK, K. (1972) - *As florestas da América do Sul*. Ecologia, composição e importância econômica. Editora Universidade de Brasília / Editora Polígono S.A. 466p.
- HULTON, N.; SUGDEN, D.; PAYNE, A. & CLAPPERTON, C. (1994) - Glacier modeling and the climate of Patagonia during the last glacial maximum. *Quaternary Research*, **42**: 1-19.
- IBGE (1977) - Geografia do Brasil.
- IMAÑA-ENCINAS, J.; PAULA, J.E. & SUGIMOTO, N. (1995) - Análise fitossociológica do cerrado da Fazenda Marflora. *Revista Pesquisa Agropecuária brasileira*, **30**(5): 577-582.
- IRIONDO, M.H. (1999) - Climatic changes in the South American plains: records of a continent-scale oscillation. *Quaternary International*, **57/58**: 93-112.
- IRIONDO, M.H. & GARCIA, N.O. (1993) - Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **101**: 209-220.
- JANSSEN A.; SWENNEN R.; PODOOR N. & KEPPENS E. (1999) - Biological and diagenetic influence in Recent and fossil tufa deposits from Belgium. *Sedimentary Geology*, **126**: 75-95.
- JENNERJAHN, T.C.; ITTEKKOT, V.; ARZ, H.W.; BEHLING, H.; PÄTZOLD, J. & WEFER, G. (2004) - Asynchronous terrestrial and marine signals of climate change during Heinrich events. *Science*, **306**: 2236-2239.
- JOLY, A.B. (1998) - *Introdução à Sistemática Vegetal*. Companhia Editora Nacional.
- JONES, C. & CARVALHO, L.M.V. (2002) - Active and break phases in the South América monsoon system. *Journal of Climate*, **15**: 905-914.
- KOUSKY, V.E.; KAGABI, M.T. & CAVALCANTI, I.F.A. (1984) - A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, **36A**: 490-504.
- KUHLMANN, E. (1977) - A vegetação In: *Geografia do Brasil - Região Nordeste*, vol. 2. IBGE. 85-110.
- LATORRE, C.; BETANCOURT, J.L.; RYLANDER, K.A.; QUADE, J. & MATTHEI, O. (2003) - A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23°S) over the last 13 500 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **194**: 223-246.
- LEDRU, M.P. (1992) - Modifications de la végétation du Brésil Central entre la dernière époque glaciaire et l'interglaciaire actuel. *Comptu Rendus Academie de Science, série II*, **314**: 117-123.
- LEDRU, M.P. (1993) - Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, **39**: 90-98.
- LEDRU, M.P.; BRAGA, P.I.S.; SOURBIS, F.; FOURMIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K. & TURCQ, B. (1996) - The last 50.000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **123**: 239-257.
- LEDRU, M.P.; BERTAUX, J. & SIFEDDINE, A. (1998) - Absence of last glacial maximum records in lowland tropical forest. *Quaternary Research*, **49**: 223-237.
- LEDRU, M.P.; CORDEIRO, R.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A. & TURCQ, B. (2001) - Late-Glacial cooling in Amazônia inferred from pollen at Lagoa do Caçó, Northern Brazil. *Quaternary Research*, **55**: 47-56.

- LEDRU, M.P.; CECCANTINI, G.; GOUVEIA, S.E.M.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; PESSENDA, L.C.R. & RIBEIRO, A.S. (2006) - Millennial-scale climatic and vegetation changes in a northern Cerrado (Northeast, Brazil) since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, in press.
- LEMOES, J.R. & RODAL, M.J.N. (2002) - Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Acta botanica brasiliica*, 16(1): 23-42.
- LEYDEN, B.W. (1985) - Late Quaternary aridity and Holocene moisture fluctuations in the Lake Valencia Basin, Venezuela. *Ecology*, 66(4): 1279-1295.
- LIU, K.B. & COLINVAUX, P.A. (1985) - A 5200-year history of Amazon rain forest. *Journal of Biogeography*, 15: 231-248.
- LOPES, W.P.; SILVA, A.F.; SOUZA, A.L. & MEIRA-NETO, J.A.A. (2002) - Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais, Brasil. *Acta botanica brasiliica*, 16(4): 443-456.
- LORENZI, H. (1992) - *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Instituto Plantarum. 352p.
- LORSCHREITER, M.L.; TURCQ, B. & RICCOMINI, C. (1990) - Palinologia de sedimentos paludosos de Colônia, São Paulo, Brasil. *Paleobotânica Latinoamericana*, 9(1): 27.
- MARTIN, L.; FOURNIER, M.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B.; ABSY, M.L. & FLEXOR, J.M. (1993) - Southern Oscillation signal in South American palaeoclimatic data of the last 7000 years. *Quaternary Research*, 39(3): 338-346.
- MASS, P.J.M.; KAMER, H.M.; JUNIKKA, L.; MELLO-SILVA, R. & RAINER, H. (2001) - Annonaceae from Central-eastern Brazil. *Rodriguésia*, 52(80): 65-98.
- MAYLE, F.E. & BEERLING, D.J. (2004) - Late Quaternary changes in Amazonian ecosystems and their implications for global carbon cycling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 214: 11-25.
- MEIRA-NETO, J.A.A. & MARTINS, F.R. (2002) - Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 26(4): 437-446.
- MEIRA-NETO, J.A.A. & SAPORETTI Jr., A.W. (2002) - Parâmetros fitossociológicos de um cerrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. *Revista Árvore*, 26(5): 645-648.
- MELO, E. (1999) - Levantamento da família Polygonaceae no estado da Bahia, Brasil: espécies do semi-árido. *Rodriguésia*, 50(76/77): 29-47.
- MERZ-PREIß, M. & RIDING, R. (1999) - Cyanobacterial tufa calcification in two freshwater streams: ambient environment, chemical thresholds and biological processes. *Sedimentary Geology*, 126: 103-124.
- MILNE, G.A.; LONG, A.J. & BASSETT, S.E. (2005) - Modelling Holocene relative sea-level observations from the Caribbean and South America. *Quaternary Science Reviews*, 24: 1183-1202.
- MORLEY, J.J. (1979) - A transfer function for estimating paleoceanographic conditions based on deep-sea surface sediment distribution of radiolarian assemblages in the South Atlantic. *Quaternary Research*, 12: 381-395.
- MÖRNER, N.A. (1993) - Global change: the high-amplitude changes 13-10 ka ago - novel aspects. *Global and Planetary Change*, 7: 243-250.
- MOSBRUGGER, V. & UTECHER, T. (1997) - The coexistence approach - a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134: 61-86.
- MOURA, A.D. & SHUKLA, J. (1982) - On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the atmospheric sciences*, 38: 2654-2674.
- MOUTON, J.A. (1966) - Les types biologiques foliaires de Raunkiaer. Etat actuel de la question. *Bulletin de la Société Botanique de France* 113/Mémoires: 28-36.
- MOUTON, J.A. (1976) - La biométrie du limbe: mise au point de nos connaissances. *Bulletin de la Société Botanique de France* 123(3-4): 145-158.
- MUNIZ, G.C.B. & RAMÍREZ, L.O. (1971) - Tufo calcário (tufa) quaternário com moluscos nos estados da Paraíba e Pernambuco. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 43(Supl.): 611-618.
- NASCIMENTO, C.E.S.; RODAL, M.J.N. & CAVALCANTI, A.C. (2003) - Phytosociology of the remaining xerophytic woodland associated to an environmental gradient at the banks of the São Francisco river - Petrolina, Pernambuco, Brazil. *Revista brasileira de Botânica*, 26(3): 271-287.

- NIMER, E. (1989) - *Climatologia do Brasil*. IBGE. 421p.
- NOBRE, P. & SHUKLA, J. (1996) - Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, **10**(4): 2664-2679.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MACHADO, J.N.M. (1993) - Composição florística de uma floresta semidecídua montana, na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. *Acta botânica brasileira*, **7**(2): 71-88.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J.; MELLO, J.M. & GAVILANES, M.L. (1994) - Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras, MG. *Revista brasileira de Botânica*, **17**(1): 67-85.
- ORTLIEB, L. & MACHARÉ, J. (1993) - Former El Niño events: records from western South America. *Global and Planetary Change*, **7**: 181-202.
- PAEGLE, J.N. & MO, K.C. (2002) - Linkages between summer rainfall variability over South America and sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate*, **15**(12): 1389-1407.
- PAILLER, D. & BARD, E. (2002) - High frequency palaeocenographic changes during the past 140.000 yr recorded by the organic matter in sediments of the Iberian Margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **279**: 1-22.
- PARIZZI, M.G. (1993) - Dinâmica da Lagoa Santa com base em estudos palinológicos, geomorfológicos e geológicos de sua bacia. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.
- PARIZZI, M.G.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. & KOHLER, H.C. (1998) - Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene*, **8**(3): 311-321.
- PEDRALLI, G.; TEIXEIRA, M.C.B.; FREITAS, V.L.O.; MEYER, S.T. & NUNES, Y.R.F. (2000) - Florística e fitossociologia da estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. *Ciência agrotécnica*, **24**: 103-136.
- PEIXOTO, A.L. & GENTRY, A. (1990) - Diversidade e composição florística da mata de tabuleiro na Reserva florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). *Revista brasileira de botânica*, **13**: 19-25.
- PENTECOST, A. (1993) - British travertines: a review. *Proc. Geol. Assoc.*, **104**: 23-39.
- PENTECOST, A. & VILES, H. (1994) - A review and reassessment of travertine classification. *Géographie Physique et Quaternaire*, **48**: 305-314.
- PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; BARBOSA, M.R.V. & SAMPAIO, E.V.S.B. (2002) - Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano. *Acta botânica brasileira*, **16**(3): 357-369.
- PESSENDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. & GOUVEIA, S.E.M. (1998) - The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region. *The Holocene*, **8**(5): 631-635.
- PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, S.E.M.; RIBEIRO, A.S. & LAMOTTE, M. (2001) - Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. *The Holocene*, **11**(2): 250-254.
- PESSENDA, L.C.R.; LEDRU, M.P.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BENDASSOLLI, J.A. & BOULET, R. (2005) - Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records. *The Holocene*, **15**(6): 812-820.
- PETERSON, L.C.; HAUG, G.H.; HUGHEN, K.A. & RÖHL, U. (2000) - Rapid changes in the hydrologic cycle of the tropical Atlantic during the Last Glacial. *Science*, **290**: 1947-1951.
- POLE, M. (1991) - A modified terminology for angiosperm leaf architecture. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, **21**(4): 297-312.
- PONTES, A.F.; BARBOSA, M.R.V. & MASS, P.J.M. (2004) - Flora Paraibana: Annonaceae Juss.. *Acta botânica brasileira*, **18**(2): 281-293.
- PRADO, D.E. (2003) - *As Caatingas da América do Sul*. In: Leal, I.F.; Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (2003) - Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária da UFPE.
- PRADO, D.E. & GIBBS, P.E. (1993) - Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **80**(4): 902-927.
- PRANCE, G.T. (1982) - A review of the phytogeographic evidences for Pleistocene climate changes in the neotropics. *Annals of Missouri Botanical Garden*, **69**: 594-624.

- PROUS, 1992 - *Arqueologia Brasileira*. Editora Universidade de Brasília. 605p.
- RABASSA, J. & CLAPPERTON, C.M. (1990) - Quaternary glaciations of the Southern Andes. *Quaternary Science Reviews*, 9: 153-174.
- RADAMBRASIL (1979) - Texto explicativo da Folha SC-24
- RAO, V.B. & HADA, K. (1990) - Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theor. Appl. Climatol.*, 42: 81-91.
- RAO, V.B.; LIMA, M.C. & FRANCHITO, S.H. (1993) - Seasonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. *Journal of Climate*, 6: 1754-1763.
- RAO, V.B.; CAVALCANTI, I.R.F.A. & HADA, K. (1996) - Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. *Journal of Geophysical Research*, 101(D21): 26.539-26.551
- RAU G.H. (1976) - Dispersal of terrestrial plant litter into a subalpine lake. *Oikos*, 27(1): 153-160.
- RAUNKIAER, C. (1934) - *The life-forms of plants and statistical plant geography*. Oxford University Press.
- RICH F.J. (1989) - *Review of Palaeobotany and Palynology*, 58: 33-46.
- RICCOMINI, C.; TURCQ, B.; MARTIN, L.; MOREIRA, M.Z. & LORSHEITER, M.L. (1991) - The Colônia astrobleme, Brazil. *Revista Brasileira do Instituto Geológico*, 12: 9-25
- RIZZINI, C.T. (1997) - *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda. 747p.
- ROCHA, C.C.; FRANCA-ROCHA, W. & CHAVES, J.M. (2004) - Caracterização de unidades de paisagem utilizando avaliação ecológica rápida como suporte ao mapeamento da biodiversidade da Chapada Diamantina - BA. X Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. Disponível em <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.3/106/106.htm>
- RODAL, M.J.N. & NASCIMENTO, L.M. (2002) - Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. *Acta botânica bras.*, 16(4): 481-500.
- RODAL, M.J.N.; ANDRADE, K.V.A.; SALES, M.F. & GOMES, A.P.S. (1998) - Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetacional no município de Buíque, Pernambuco. *Revista brasileira de Biologia*, 58(3): 517-526.
- RODRIGUES, L. A. & ARAÚJO, G. M. 1997. Levantamento florístico de uma mata decídua em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 11(2): 229-236.
- RODRIGUES, L.A.; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BOTREL, R.T. & SILVA, E.A. (2003) - Florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Luminárias, MG. *Acta botânica brasilica*, 17(1): 71-87.
- ROTH, L. & LORSCHLITZ, M.L. (1991) - Palynology of a peat in Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul, Brazil. *Boletim do IG-USP. Publ. Esp.*, 8: 153-157.
- RUBIOLLI, E. (1996) - 11ª Expedição à Toca da Boa Vista. *O Carste*, 8(2): 35-39.
- RUBIOLLI, E. (2000) - História da exploração da maior caverna do Brasil. *O Carste*, 12(3): 103-147.
- RUBIOLLI, E. & PILO, (1995) - Arredores da Toca da Boa Vista. *O Carste*, 7(1): 15-21.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. (1980) - A pollen diagram of the Pleistocene-Holocene boundary of Lake Valencia, Venezuela. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 30: 297-312.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K.R.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K. & TURQ, B. (1997) - Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128: 215-226.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L.; BARBERI, M.; FERRAZ-VICENTINI, K.R. & PARIZZI, M.G. (1998) - A dry climatic event during the Late Quaternary of tropical Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99: 115-129.
- SALLUN-FILHO, W. (2005) - Geomorfologia e geoarqueologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 196p.
- SANTOS, A. S. R. (2004) - Programa Ambiental: A Última Arca de Noé. Disponível em www.ultimaarcadenoe.com/flora3.htm
- SAPORETTI Jr, A.W.; MEIRA-NETO, J.A.A. & ALMADO, R.P. (2003) - Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* no município de Abaeté, MG. *Revista Árvore*, 27(3): 413-419.
- SCHULTZ, A. (1990) - *Introdução à Botânica Sistemática*. Vol. 2. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SEI, 2005 - Disponível na internet em www.sei.ba.gov.br

- SELTZER, G.O.; RODBELL, D.T.; BAKER, P.A.; FRITZ, S.C.; TAPIA, P.M.; ROWE, H.D. & DUNBAR, R.B. (2002) - Early warming of tropical South America at the Last Glacial-Interglacial transition. *Science*, **296**: 1685-1686.
- SERVANT, M.; FOURNIER, M.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K. & TURCQ, B. (1989) - Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques. *Comptu Rendus Academie de Science*, série II, **309**: 153-156.
- SIMÕES-FILHO, 2000
- SILVA, L.A. & SCARIOT, A. (2003) - Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paraná). *Acta botânica brasílica*, **17**(2): 305-313.
- SILVA, L.O.; COSTA, D.A.; SANTO-FILHO, K.E.; FERREIRA, H.D. & BRANDÃO, D. (2002) - Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta botânica brasílica*, **16**(1): 43-53.
- SILVA, N.R.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA-NETO, J.A.A. & SOUZA, A.L. (2004) - Composição florística e estrutura de uma floresta estacional semidecidual montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, **28**(3): 397-405.
- SPICER, R.A. (1980) - The importance of depositional sorting to the biostratigraphy of plant megafossils. In: DILCHER, D.L. & TAYLOR, T.N. (1980) - *Biostratigraphy of fossil plants - successional and paleoecological analysis*, Dowden, Hutchinson & Ross; 171-186.
- SPICER, R.A. (1981) - The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire, England. *U. S. Geological Survey Professional Paper* **1143**, 77p.
- SPICER, R.A. (1989) - The formation and interpretation of plant fossil assemblages. *Advances in Botanical Research*, **16**: 1-191
- SPICER, R.A. (1991) - Plant taphonomic processes. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. (1991) - *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*, Volume 9 of Topics in Geobiology, Plenum Press, New York.
- STUTE, M.; FORSTER, M.; FRISCHKORN, H.; SEREJO, A.; CLARK, J.F.; SCHLOSSER, P.; BROECKER, W.S. & BONANI, G. (1995) - Cooling of tropical Brazil (5 °C) during the Last Glacial Maximum. *Science*, **269**: 379-383.
- SUGUIO, K. (1999) - *Geologia do Quaternário - Mudanças ambientais: passado, presente, futuro*. Paulo's Editora. 366p.
- SYVESTRE, F.; SERVANT-VILDARY, S.; CAUSE, C.; FOURNIER, M. & YBERT, J.P. (1999) - Lake - level chronology on the Southern Bolivian Altiplano during Late-Glacial time and the Early Holocene. *Quaternary Research*, **51**(1): 54-66.
- THORNTHTHWAITE, C. & MATHER, J. (1957) - Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Technological Drexel Institute. Climatological Laboratory. Climatologic Publication, **17**: 231-615
- TROVÃO, D.M.B.M.; SILVA, S.C.; SILVA, A.B. & VIEIRA-JÚNIOR, R.L. (2004) - Estudo comparativo entre três fisionomias de Caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, **4**(2)
- TURCQ, B.; PRESSINOTTI, M.M.N. & MARTIN, L. (1997) - Paleohydrology and paleoclimate of the past 33,000 years at the Tamandua River, central Brazil. *Quaternary Research*, **47**: 284-294.
- TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, R.C.A.L.S.; BRACONNOT, P.; CORDEIRO, R.C.; LEDRU, M.P.; SIFEDDINE, A.; SILVA-DIAS, M.F.; SILVA-DIAS, P.L. & SIMÕES-FILHO, F.F.L. (2001) - Histórico da "monção" sul americana e mecanismos climáticos associados. In: *Mudanças globais e o Quaternário*. Boletim de resumos do VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Imbé, RS. 37-38.
- UVO, C.B.; REPELLI, C.A.; ZEBIAK, S.E. & KUSHNIR, Y. (1998) - The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *Journal of Climate*, **11**: 551-562.
- VAN DER HAMMEN, T. & ABSY, M.L. (1994) - Amazonia during the Last Glacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **109**: 247-261.
- VAN GEEL, B.; HEUSSER, C.J.; RENSSSEN, H. & SCHUURMANS, C.J.E. (2000) - Climatic change in Chile at around 2700 BP and global evidence for solar forcing: a hypothesis. *The Holocene*, **10**(5): 659-664.

- VELOSO, J.M.C. (1825-1829) - Florae Fluminensis.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. (1991) - Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- VIDAL, L.; SCHNEIDER, R.R.; MARCHAL, O.; BICKERT, T.; STOCKER, T.F. & WEFER, G. (1999) - Link between the North and South Atlantic during the Heinrich events of the last glacial period. *Climate Dynamics*, **15**: 909-919.
- VICTORIA, R.L.; FRENANDES, F.; MARTINELLI, L.A.; PICCOLO, M.C.; CAMARGO, P.B. & TRUMBORE, U. (1995) - Past vegetation change in the Brazilian Pantanal arboreal-grassy savanna ecotone by using carbon isotopes in the soil organic matter. *Global Change Biology*, **1**: 165-171.
- VILELA, E.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CARVALHO, D.A. & GAVILANES, M.L. (1995) - Flora arbustivo-arbórea de um fragmento de mata ciliar no alto Rio Grande, Itutinga, Minas Gerais. *Acta botânica brasileira*, **9**(1): 87-100.
- WAINER, I.; CLAUZET, G.; LEDRU, M.P.; BRADY, E. & OTTO-BLIESNER, B. (2005) - Last glacial maximum in South America: Paleoclimate proxies and model results. *Geophysical Research Letters*, **32**(8): L08702.
- WANG, X.; AULER, A.S.; EDWARDS, R.L.; CHENG, H.; CRISTALLI, P.S.; SMART, P.L.; RICHARDS, D.A. & SHEN, C.C. (2004) - Wet periods in northeastern Brazil over the past 210kyr linked to distant climate anomalies. *Nature*, **432**(7018): 740-743.
- WASSON, R.J. & CLAUSSEN, M. (2002) - Earth system models: a test using the mid-Holocene in the Southern Hemisphere. *Quaternary Science Reviews*, **21**: 819-824.
- WEBB, L.J. (1959) - Physiognomic classification of Australian rain forest. *Journal of Ecology*, **47**: 551-570.
- WELDEAB, S.; SCHNEIDER, R.R. & KÖLLING, M. (2006) - Deglacial sea surface temperature and salinity increase in the western tropical Atlantic in synchrony with high latitude climate instabilities. *Earth and Planetary Science Letters*, **241**: 699-706.
- WEYL, P.K. (1978) - Micropaleontology and ocean surface climate. *Science*, **202** (4367): 475-481.
- WILF, P.; WING, S.L.; GREENWOOD, D.R. & GREENWOOD, C.L. (1998) - Using fossil leaves as paleoprecipitations indicators: An Eocene example. *Geology*, **26**(3): 203-206.
- WOLFE, J.A. (1971) - Tertiary climatic fluctuations and methods of analysis of Tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **9**: 27-57.
- WOLFE, J.A. (1978) - A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *American Scientist*, **66**: 694-703.
- WOLFE, J.A. (1979) - Temperature parameters of humid to mesic forests of Eastern Asia and relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, **1106**, 37p.
- WOLFE, J.A. (1980) - Tertiary climates and floristic relationships at higher latitudes in the northern hemisphere. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **30**: 313-323.
- WOLFE, J.A. (1985) - Distribution of major vegetational types during the Tertiary. *Geophysical Monograph* **32**: 357-375. Reprinted from *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present*.
- WOLFE, J.A. (1990) - Paleobotanical evidence for a marked temperature increase following the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, **343**(6254): 153-156.
- WOLFE, J.A. (1993) - A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, **2040**, 71p.
- WOLFE, J.A. (1994) - Tertiary climatic changes at middle latitudes of western North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **108**(3/4): 195-205.
- WOLFE, J.A. & HOPKINS, D.M. (1967) - Climatic changes recorded by Tertiary land floras in northwestern North America. In: Hatai, H. (Editor), *Tertiary Correlations and Climatic Changes in the Pacific - Symp. Pacific Sci. Congr.*, 11th, Tokyo, Aug.-Sept. 1966, **25**: 67-76.
- WYRWOLL, K.H.; DONG, B. & VALDES, P. (2000) - On the position of southern hemisphere westerlies at the Last Glacial Maximum: an outline of AGCM simulation results and evaluation of their implications. *Quaternary Science Reviews*, **19**: 881-898.
- WRIGHT Jr, H.E. (1989) - The anphi-atlantic distribution of the Younger Dryas paleoclimatic oscillation. *Quaternary Science Reviews*, **8**: 295-306.

Anexo 1

Relação de famílias e gêneros observados no herbário ALCB

Relação de famílias e gêneros observados no herbário ALCB

Família	Gêneros presentes no Brasil (número de espécies presentes na Bahia + número de espécies não presentes na Bahia). Total: número de gêneros na família e suas espécies (1 + 0)	Gêneros não presentes no Brasil
Piperaceae	<i>Ottonia</i> (2 + 0), <i>Piper</i> (15 + 3), <i>Peperomia</i> (11 + 0), <i>Pothomorpha</i> (1 + 0) Total: 4 (29 + 7)	
Lacistemaceae	<i>Lacistema</i> (1 + 3) Total: 1 (1 + 3)	
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Salicaceae		<i>Salix</i> (2)
Ulmaceae	<i>Celtis</i> (3 + 4), <i>Trema</i> (1 + 0) Total: 2 (4 + 4)	
Moraceae	<i>Antocapus</i> (1 + 0), <i>Brosimum</i> (3 + 1), <i>Clarisia</i> (1 + 1), <i>Chlorophoron</i> (1 + 0), <i>Dortenia</i> (3 + 1), <i>Ficus</i> (16 + 7), <i>Helicostylis</i> (1 + 0), <i>Maquana</i> (0 + 1), <i>Machura</i> (1 + 0), <i>Sorocea</i> (2 + 1) Total: 10 (29 + 12)	
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> (6 + 0), <i>Pourouma</i> (4 + 0) Total: 2 (10 + 0)	
Urticaceae	<i>Fleurya</i> (1 + 0), <i>Pilea</i> (3 + 0), <i>Urera</i> (2 + 2) Total: 3 (6 + 2)	<i>Boehmeria</i> (3), <i>Urtica</i> (1)
Proteaceae	<i>Grevillea</i> (1 + 0), <i>Macadamia</i> (1 + 0), <i>Panopsis</i> (1 + 0), <i>Roupala</i> (3 + 1) Total: 4 (6 + 1)	
Loranthaceae	<i>Phrygilanthus</i> (1 + 0), <i>Phthirusa</i> (3 + 0), <i>Psittacanthus</i> (9 + 0), <i>Struthanthus</i> (8 + 0), <i>Tripadanthus</i> (1 + 0) Total: 5 (22 + 0)	<i>Ligaria</i> (1)
Viscaceae	<i>Phoradendron</i> (22 + 0) Total: 1 (22 + 0)	
Opiliaceae	<i>Agonandra</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Santalaceae	<i>Acanthosyris</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Olacaceae	<i>Aptandra</i> (1 + 0), <i>Cathedra</i> (1 + 0), <i>Dulacia</i> (1 + 0), <i>Heisteria</i> (2 + 0), <i>Ptychopetalum</i> (1), <i>Tetrastylidium</i> (1 + 1), <i>Ximenia</i> (1 + 0), <i>Schoepfia</i> (2 + 0) Total: 8 (9 + 2)	
Balanophoraceae	<i>Langsdorffia</i> (1 + 0), <i>Laphophyllum</i> (1 + 0) Total: 2 (2 + 0)	
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia</i> (8 + 0) Total: 1 (8 + 0)	
Rafflesiaceae	<i>Pilosyles</i> (plantas parasitas, não consideradas)	
Polygonaceae	<i>Antigonum</i> (1 + 0), <i>Coccoloba</i> (27 + 1), <i>Polygonum</i> (7 + 2), <i>Rumex</i> (1 + 0), <i>Ruprechtia</i> (2 + 3), <i>Tripalis</i> (1 + 0) Total: 6 (39 + 6)	

Chenopodiaceae	<i>Atriplex</i> (1 + 0), <i>Chenopodium</i> (4 + 0) Total: 2 (5 + 0)	
Amaranthaceae	<i>Achyranthus</i> (1 + 0), <i>Alternanthera</i> (14 + 1), <i>Amaranthus</i> (2 + 0), <i>Blutaparon</i> (1 + 0), <i>Chamissoa</i> (2 + 1), <i>Cyathusla</i> (1 + 0), <i>Froelichira</i> (2 + 1), <i>Gomphrena</i> (13 + 0), <i>Iresine</i> (1 + 0), <i>Pfaffia</i> (7 + 2) Total: 10 (44 + 5)	<i>Celosia</i> (1)
Monimiaceae	<i>Macropeplus</i> (1 + 0), <i>Mollinedia</i> (1), <i>Siparuna</i> (2 + 0) Total: 3 (3 + 1)	
Myristiaceae	<i>Campsonera</i> (1), <i>Myristica</i> (1 + 0), <i>Virola</i> (5 + 2) Total: 3 (6 + 3)	
Annonaceae	<i>Anxagora</i> (1 + 0), <i>Anonna</i> (11 + 5), <i>Cardiopetalum</i> (0 + 1), <i>Cymbopetalum</i> (1 + 0), <i>Duguetia</i> (4 + 0), <i>Ephedranthus</i> (1 + 0), <i>Fusaca</i> (0 + 1), <i>Guatteria</i> (6 + 6), <i>Hornschuchia</i> (1 + 0), <i>Pseudoxandra</i> (1 + 1), <i>Oxandra</i> (1 + 0), <i>Rollinia</i> (8 + 3), <i>Unonopsis</i> (1 + 2), <i>Xylopia</i> (7 + 5) Total: 14 (43 + 24)	
Connaraceae	<i>Connarus</i> (4 + 0), <i>Rourea</i> (5 + 2) Total: 2 (9 + 2)	
Oxalidaceae	<i>Averrhoa</i> (2 + 1), <i>Oxalis</i> (11 + 2) Total: 2 (13 + 3)	
Humiriaceae	<i>Humiria</i> (2 + 1), <i>Humirastrum</i> (1 + 1), <i>Saccogeotis</i> (2 + 0), <i>Vananea</i> (3 + 0) Total: 4 (8 + 2)	
Linaceae	<i>Linum</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Tropaeoaceae	<i>Trapaeolum</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Zygophyllaceae	<i>Kallstraemia</i> (2 + 1), <i>Tribulus</i> (1 + 0) Total: 2 (3 + 1)	<i>Guaiacum</i> (1) <i>Lanea</i> (2)
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i> (3 + 3), <i>Actinostemum</i> (4 + 1), <i>Alchornea</i> (3 + 1), <i>Adenophandra</i> (1 + 0), <i>Adelia</i> sp., <i>Amanoa</i> (2 + 0), <i>Algermonia</i> (1 + 0), <i>Argirothamnia</i> (1 + 0), <i>Astrocasia</i> (1 + 0), <i>Aparisthmium</i> (1 + 0), <i>Bernadia</i> (3 + 2), <i>Caperonia</i> (sp. + 1), <i>Chaetocarpus</i> (2 + 0), <i>Chamaesyce</i> (4 + 0), <i>Cleidon</i> (1 + 0), <i>Conceveiba</i> (0 + 1), <i>Conceveivastrum</i> (0 + 1), <i>Cnidoscolus</i> (7 + 0), <i>Croton</i> (40 + 2), <i>Cunaria</i> (0 + 1), <i>Dactylostemon</i> (1 + 0), <i>Dalechampia</i> (9 + 1), <i>Ditaxis</i> (2 + 0), <i>Euphorbia</i> (17 + 1), <i>Exaecaria</i> sp., <i>Hevea</i> (2 + 5), <i>Hura</i> (0 + 1), <i>A Hyeronima</i> (1 + 0), <i>Jatropha</i> (8 + 0), <i>Joannesia</i> (1 + 0), <i>Julocroton</i> (4 + 1), <i>Mabea</i> (13 + 2), <i>Maprounea</i> (2 + 0), <i>Margaritaria</i> (1 + 0), <i>Pausandra</i> (0 + 1), <i>Pedilanthus</i> sp., <i>Pera</i> (4 + 1), <i>Phyllanthus</i> (15 + 3),	

Euphorbiaceae (cont.)	<i>Plukenetia</i> (1 + 0), <i>Piranhea</i> (0 + 1), <i>Poinsettia</i> (1 + 0), <i>Pousandra</i> (1 + 0), <i>Pogonophora</i> (1 + 0), <i>Ricinus</i> (0 + 1), <i>Sagotia</i> (0 + 1), <i>Richeria</i> (1 + 0), <i>Romanoa</i> (1 + 0), <i>Sapium</i> (3 + 4), <i>Sebastiana</i> (13 + 1), <i>Senefeldera</i> (1 + 0), <i>Stillingia</i> (1 + 0), <i>Tetraplandra</i> (1 + 0), <i>Tragia</i> (2 + 2) Total: 54 (184 + 35 + 3sp.)	
Trigoniaceae	<i>Lightia</i> (1 + 0), <i>Trigonia</i> (7 + 1) Total: 2 (8 + 1)	
Vochysiaceae	<i>Erisma</i> (1 + 0), <i>Callistheme</i> (1 + 0), <i>Qualea</i> (8 + 2), <i>Salvertia</i> (1 + 0), <i>Vochysia</i> (11 + 1) Total: 5 (22 + 3)	
Polygalaceae	<i>Bredemeyera</i> (9 + 0), <i>Dicledanthera</i> (0 + 1), <i>Monnima</i> (2 + 0), <i>Polygala</i> (33 + 4), <i>Securidea</i> (6 + 0) Total: 5 (50 + 5)	
Krameriaceae	<i>Krameria</i> (3 + 0) Total: 1 (3 + 0)	
Dichapetalaceae	<i>Stephanopodium</i> (3 + 0), <i>Tapura</i> (0 + 1) Total: 2 (3 + 1)	
Aceraceae		<i>Acer</i> (3)
Sapindaceae	<i>Allophylus</i> (4 + 3), <i>Averrhoidium</i> (1 + 0), <i>Cardiospermum</i> (4 + 1), <i>Cupania</i> (9 + 2), <i>Diatenopteryx</i> (2 + 0), <i>Dodonaea</i> (1 + 0), <i>Gouania</i> sp., <i>Magonia</i> (2 + 0), <i>Matayba</i> (2 + 1), <i>Nephelium</i> (1 + 0), <i>Paullinia</i> (9 + 5), <i>Pseudina</i> (0 + 1), <i>Sapindus</i> (2 + 0), <i>Scyphonychium</i> (1 + 0), <i>Serjania</i> (16 + 4), <i>Talisia</i> (0 + 1), <i>Toulisia</i> (1 + 0), <i>Urvillea</i> (4 + 2) Total: 18 (59 + 20)	<i>Filicium</i> (1), <i>Litche</i> (1)
Balsaminaceae	<i>Impatiens</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Rhamnaceae	<i>Alvimiantha</i> (1 + 0), <i>Crumenaria</i> (1 + 1), <i>Gouania</i> (4 + 2), <i>Havenia</i> (0 + 1), <i>Reissekia</i> (3 + 3), <i>Zizyphus</i> (3 + 1) Total: 6 (12 + 8)	
Vitaceae	<i>Cissus</i> (12 + 1) Total: 1 (12 + 1)	
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus</i> (0 + 1), <i>Sloanea</i> (6 + 2) Total: 2 (6 + 3)	
Tiliaceae	<i>Apeiba</i> (2 + 0), <i>Corchrus</i> (2 + 2), <i>Hidrogaster</i> (1 + 0), <i>Luehea</i> (5 + 1), <i>Lueheopsis</i> (0 + 1), <i>Mollia</i> (0 + 2), <i>Mustingia</i> (1 + 0), <i>Triumphetta</i> (3 + 0), <i>Vasivaea</i> (0 + 1) Total: 9 (14 + 7)	
Bombacaceae	<i>Bombacopsis</i> (1 + 0), <i>Bombax</i> (2 + 0), <i>Cavanillesia</i> (1 + 0), <i>Ceiba</i> (3 + 0), <i>Chorisia</i> (3 + 1), <i>Eriotheca</i> (3 + 2), <i>Ochroma</i> (1 + 0), <i>Pachira</i> (1 + 1), <i>Pseudobombax</i> (3 + 0), <i>Quararibea</i> (1 + 0) Total: 10 (19 + 4)	<i>Durio</i> (1)

Sterculiaceae	<i>Ayenia</i> (5 + 1), <i>Byttneria</i> (2 + 4), <i>Cola</i> (1 + 1), <i>Dombeya</i> (1 + 0), <i>Helicteres</i> (9 + 9), <i>Herrania</i> (0 + 1), <i>Guazuma</i> (1 + 0), <i>Melochia</i> (5 + 2), <i>Pterigota</i> (1 + 0), <i>Sterculia</i> (3 + 1), <i>Theobroma</i> (0 + 6), <i>Waltheria</i> (9 + 2) Total: 12 (37 + 27)	<i>Firminia</i> (1)
Clusiaceae (Guttiferae)	<i>Caraipa</i> (1 + 0), <i>Chusia</i> (10 + 0), <i>Calophyllum</i> (1 + 0), <i>Kielmeyra</i> (7 + 0), <i>Rheedia</i> (3 + 0), <i>Reggeria</i> (1 + 0), <i>Symphonia</i> (1 + 0), <i>Tovomita</i> (6 + 0), <i>Vismia</i> (5 + 0) Total: 9 (35 + 0)	<i>Mammea</i> (1)
Bixaceae	<i>Bixa</i> (2 + 0) Total: 1 (2 + 0)	
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum</i> (2 + 1) Total: 1 (2 + 1)	
Violaceae	<i>Amphirrhox</i> (0 + 3), <i>Anchietea</i> (1 + 0), <i>Hybanthus</i> (5 + 0), <i>Noisettia</i> (1 + 0), <i>Paypayola</i> (1 + 0), <i>Rinorea</i> (1 + 1) Total: 6 (9 + 4)	<i>Schweiggeria</i> (1), <i>Viola</i> (1)
Flacourtiaceae	<i>Azara</i> (0 + 1), <i>Banara</i> (2 + 0), <i>Carpotroche</i> (1 + 0), <i>Casearia</i> (9 + 6), <i>Hamalium</i> (0 + 1), <i>Oncoba</i> (0 + 1), <i>Peridiscus</i> (1 + 0), <i>Ptychocarpus</i> (0 + 1), <i>Prockia</i> (2 + 0), <i>Xylosma</i> sp. Total: 9 (13 + 1sp. + 10)	<i>Aphaerema</i> (1), <i>Flacourtia</i> (1)
Lecythidaceae	<i>Cariniana</i> (1 + 2), <i>Couropita</i> (1 + 0), <i>Couratari</i> (1 + 0), <i>Eschweileta</i> (2 + 0), <i>Holopyxidium</i> (1 + 0), <i>Lecythis</i> (3 + 0) Total: 6 (9 + 2)	
Rhizophoraceae	<i>Cassipourea</i> (0 + 1), <i>Rhizophora</i> (1 + 0) Total: 2 (1 + 1)	
Dialypetalanthaceae	<i>Dialypetalanthus</i> (0 + 1) Total: 1 (0 + 1)	
Combretaceae	<i>Buchenaria</i> (1 + 0), <i>Combretum</i> (7 + 0), <i>Conocarpus</i> (1 + 0), <i>Lagunalaria</i> (1 + 0), <i>Terminalia</i> (8 + 2), <i>Thiloa</i> (1 + 0) Total: 6 (19 + 2)	<i>Quisqualis</i> (1)
Memecylaceae	<i>Mouriri</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Halogaceae	<i>Laurembergia</i> (1 + 0), <i>Myriophyllum</i> (1 + 1) Total: 2 (2 + 1)	
Onagraceae	<i>Jussiaea</i> (1 + 0), <i>Ludwigia</i> (7 + 3), <i>Oenothera</i> (0 + 1), <i>Sauvagesia</i> (1 + 0) Total: 4 (9 + 4)	<i>Fuchsia</i> (1)
Araliaceae	<i>Dendropanax</i> (0 + 1), <i>Didymopanax</i> (1 + 0), <i>Oreopanax</i> (1 + 0), <i>Polyscias</i> (1 + 0), <i>Scheffera</i> (5 + 1) Total: 5 (8 + 2)	
Apiaceae	<i>Anethum</i> (1 + 0), <i>Apium</i> (1 + 0), <i>Centella</i> (1 + 0), <i>Eryngium</i> (7 + 2), <i>Hydrocotyle</i> (5 + 0), <i>Klotzschia</i> (1 + 0), <i>Petroselinum</i> (1 + 0), <i>Spananthe</i> (1 + 0) Total: 8 (18 + 2)	<i>Coriandrum</i> (1), <i>Daucus</i> (1), <i>Pimpinella</i> (1)

Clethraceae	<i>Clethra</i> (1 + 1) Total: 1 (1 + 1)	
Ericaceae	<i>Agarista</i> (3 + 2), <i>Cytinus</i> (1 + 0), <i>Gaylussacia</i> (4 + 2) Total: 3 (8 + 4)	<i>Gaultheria</i> (3), <i>Rhododendron</i> sp., <i>Vaccinium</i> (1)
Menispermaceae	<i>Abuta</i> (0 + 2), <i>Cissampelos</i> (4 + 0), <i>Chondrodendron</i> (1 + 0), <i>Odontocaria</i> (2 + 1) Total: 4 (7 + 3)	
Magnoliaceae	Gêneros não identificados. Poucos espécimes.	
Winteraceae	<i>Drimys</i> (2 + 0) Total: 1 (2 + 0)	
Berberidaceae	<i>Berberis</i> (0 + 1) Total: 1 (0 + 1)	
Basellaceae	<i>Basella</i> sp. Total: 1 (1 sp. + 0)	
Ranunculaceae	<i>Clematis</i> (1 + 2), <i>Delphinium</i> (1 + 0) Total: 2 (2 + 2)	<i>Ranunculus</i> (1)
Caryophyllaceae	<i>Drymaria</i> (1 + 0), <i>Paromychia</i> (1 + 0), <i>Polycarpaea</i> (1 + 0), <i>Saponaria</i> (0 + 1) Total: 4 (3 + 1)	<i>Arenaria</i> (1), <i>Cerastium</i> (1), <i>Silene</i> (1)
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea</i> (2 + 0) Total: 1 (2 + 0)	
Cabombaceae	<i>Cabomba</i> (2 + 2) Total: 1 (2 + 2)	
Ceratophyllaceae		<i>Ceratophyllum</i> (1)
Portulacaceae	<i>Portula</i> (7 + 0), <i>Talinum</i> (4 + 1) Total: 2 (11 + 1)	<i>Claytonia</i> (1)
Aizoaceae	<i>Gleischrothamus</i> (1 + 0), <i>Mesembryanthlun</i> (1 + 0), <i>Sesuvium</i> (1 + 0), <i>Trianthema</i> (1 + 0) Total 4 (4 + 0)	
Molluginaceae	<i>Glinus</i> (1 + 0), <i>Mollugo</i> (1 + 0) Total 2 (2 + 0)	
Phytolacaceae	<i>Gallesia</i> (2 + 0), <i>Hillieria</i> (1 + 0), <i>Microtea</i> (7 + 1), <i>Petiveria</i> (2 + 0), <i>Phytolacca</i> (2 + 0), <i>Trichastigma</i> (1 + 0), <i>Seguiaria</i> (2 + 0), <i>Rivina</i> (1 + 1) Total: 8 (18 + 2)	
Nyctaginaceae	<i>Amaioura</i> (1 + 0), <i>Boerhania</i> (6 + 0), <i>Guapira</i> (6 + 1), <i>Miriabilis</i> (1 + 0), <i>Nea</i> (1 + 0), <i>Pisonia</i> (2 + 1), <i>Ramisia</i> (1 + 0) Total: 7 (18 + 2)	
Lauraceae	<i>Aiouea</i> (1 + 0), <i>Anechithandrea</i> sp., <i>Aniba</i> (1 + 0), <i>Cassytha</i> (3 + 0), <i>Cinnamomum</i> (2 + 2), <i>Cryptocaria</i> (1 + 0), <i>Licania</i> (1 + 0), <i>Nectandra</i> (3 + 10), <i>Ocotea</i> (23 + 9), <i>Persea</i> (31 + 0) Total: 10 (38 + 21)	<i>Acrodictidium</i> (1), <i>Ajouea</i> (1), <i>Clinostemom</i> (1), <i>Endlicheria</i> (1), <i>Laurus</i> (1),

Hernandiaceae	<i>Sparanthelium</i> (2 + 1) Total: 1 (2 + 1)	
Papaveraceae	<i>Arenaria</i> (1 + 0), <i>Chelidonium</i> (1 + 0) Total: 2 (2 + 0)	
Brassicaceae	<i>Brassica</i> sp., <i>Coronocarpus</i> sp., <i>Hirschfeldia</i> (1 + 0), <i>Lepidium</i> (1 + 0), <i>Raphanus</i> sp., <i>Rapistrum</i> (1 + 0), <i>Roripa</i> (1 + 0), <i>Senebiera</i> (1 + 0) Total: 8 (5 + 3sp.)	
Capparaceae	<i>Capparis</i> (8 + 0), <i>Cleome</i> (10 + 0), <i>Crataeva</i> (1 + 0), <i>Dactylaena</i> (3 + 0), <i>Quadralla</i> (1 + 0) Total: 5 (23 + 0)	
Droseraceae	<i>Drosera</i> (4 + 0) Total: 1 (4 + 0)	
Moringaceae	<i>Moringa</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Nepenthaceae	Apenas um exemplar sem identificação genérica	
Saxifragaceae		<i>Escalonia</i> (1)
Hydrangeaceae		<i>Hydrangea</i> (1), <i>Philadelphys</i> (1)
Crassulaceae	<i>Briophyllum</i> sp., <i>Kalandroe</i> (1 + 0) Total: 2 (1 + 1sp. + 0)	
Podostemonaceae	<i>Maranthrum</i> sp., <i>Mourera</i> (1 + 0), <i>Tristicha</i> (1 + 0) Total: 3 (2 + 1sp. + 0)	
Cunoniaceae	<i>Lamanonia</i> (2 + 1) Total: 1 (2 + 1)	
Rosaceae	<i>Prunus</i> (2 + 1), <i>Rosa</i> (1 + 0), <i>Rubus</i> (1 + 1) Total: 3 (4 + 2)	<i>Eriobotrya</i> (1), <i>Fragaria</i> (1), <i>Maquilea</i> (1)
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus</i> (1 + 0), <i>Couepia</i> (5 + 2), <i>Exellodendron</i> (2 + 0), <i>Hirtella</i> (10 + 0), <i>Licania</i> (1 2+ 1), <i>Parinari</i> (3 + 1) Total: 6 (33 + 4)	<i>Chrysophyllum</i> (1)
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> (28 + 8) Total: 1 (28 + 8)	
Rutaceae	<i>Almeidea</i> (1 + 1), <i>Andreodoxa</i> (1 + 0), <i>Angostura</i> sp., <i>Balforodendron</i> (1 + 1), <i>Citrus</i> (2 + 0), <i>Conchocarpus</i> (9 + 0), <i>Dictyoloma</i> (2 + 0), <i>Ertella</i> (1 + 0), <i>Erythrochiton</i> (0 + 1), <i>Esembeckia</i> (4 + 2), <i>Euxylophora</i> (0 + 1), <i>Galipea</i> (4 + 0), <i>Helietta</i> (1 + 1), <i>Hortia</i> (1 + 0), <i>Neoraputia</i> (2 + 0), <i>Murraya</i> (1 + 0), <i>Monniera</i> (1 + 0), <i>Metrodorea</i> (3 + 0), <i>Pilocarpus</i> (7 + 0), <i>Ruta</i> (1 + 0), <i>Rauia</i> (1 + 0), <i>Spiranthera</i> (1 + 0), <i>Zanthoxylum</i> (11 + 1) Total: 24 (59 + 1sp. + 8)	<i>Fagara</i> (1),

Simaroubaceae	<i>Marupa</i> sp., <i>Pricammia</i> (3 + 1), <i>Simaba</i> (3 + 1), <i>Simarouba</i> (2+0) Total: 4 (8 + 1sp. + 2)	
Burseraceae	<i>Bursera</i> sp., <i>Cammiphora</i> (1 + 0), <i>Protium</i> (6 + 1) Total: 3 (7 + 1sp. + 1)	
Meliaceae	<i>Cabralea</i> (1 + 0), <i>Canjirana</i> sp., <i>Carapa</i> (1 + 0), <i>Cedrella</i> (1 + 1), <i>Guarea</i> (2 + 1), <i>Trichilia</i> (8 + 5) Total: 6 (13 + 1sp. + 8)	<i>Melia</i> (1)
Malpighiaceae	<i>Aspicarpa</i> (1 + 0), <i>Banisteropsis</i> (17 + 3), <i>Brachypteris</i> (1 + 0), <i>Bunchosia</i> (0 + 1), <i>Byrsonima</i> (23 + 5), <i>Callacum</i> (1 + 0), <i>Camarea</i> (2 + 1), <i>Clonodia</i> sp., <i>Dicella</i> (2 + 1), <i>Galphimia</i> (1 + 0), <i>Heteropterys</i> (18 + 3), <i>Malpighia</i> (2 + 0), <i>Mascagnia</i> (4 + 1), <i>Peixotoa</i> (3 + 2), <i>Ptilochaeta</i> (2 + 0), <i>Schwania</i> (0 + 1), <i>Stigmaphyllon</i> (7 + 3), <i>Tetrapteryx</i> (8 + 2), <i>Thryallis</i> (2 + 0) Total: 19 (95 + 1sp. + 23)	<i>Verrucularia</i> (1)
Buxaceae	<i>Simondsia</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Anacardiaceae	<i>Anacardium</i> (3 + 1), <i>Apterokarpus</i> (1 + 0), <i>Astromium</i> (3 + 0), <i>Cyrtocarpa</i> (1 + 0), <i>Hermogenodendron</i> (1 + 0), <i>Lithraea</i> (1 + 2), <i>Luxupterygium</i> (1 + 0), <i>Myracrodruon</i> (1 + 0), <i>Schinopsis</i> (1 + 0), <i>Schinus</i> (3 + 2), <i>Spondias</i> (5 + 1), <i>Tapirica</i> (3 + 2), <i>Thyrsodium</i> (2 + 0) Total: 14 (27 + 8)	<i>Mangifera</i> (1)
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i> (10 + 3) Total: 1 (10 + 3)	
Celastraceae	<i>Austroplenckia</i> (1 + 0), <i>Fraunhoferia</i> (1 + 0), <i>Goupia</i> (0 + 1), <i>Maytenus</i> (6 + 2), <i>Plenckia</i> (1 + 0) Total: 5 (9 + 1)	<i>Euonymus</i> (1)
Hippocrataceae	<i>Cheiloclinium</i> (2 + 0), <i>Hyppocratea</i> (2 + 1), <i>Humirianthera</i> (0 + 1), <i>Peritassa</i> (0 + 3), <i>Pristimera</i> (1 + 1), <i>Salaria</i> sp., <i>Tontella</i> (0 + 1) Total: 7 (5 + 1sp. + 7)	
Icacinaceae	<i>Dendonbrangia</i> (0 + 1), <i>Discophora</i> (1 + 1), <i>Emmotum</i> (3 + 0) Total: 3 (4 + 2)	
Malvaceae	<i>Abutilon</i> (2 + 2), <i>Bakeridesia</i> (0 + 1), <i>Bastardia</i> (1 + 0), <i>Bogenhardia</i> sp., <i>Cienfuegosia</i> (0 + 1), <i>Gaya</i> (2 + 0), <i>Grossypium</i> (1 + 0), <i>Herissantha</i> (2 + 1), <i>Hibiscus</i> (7 + 0), <i>Malachra</i> (2 + 0), <i>Malvastrum</i> (2 + 1), <i>Pavonia</i> (20 + 3), <i>Pseudoabutilon</i> (1 + 0), <i>Pseudomalachra</i> (1 + 0), <i>Peltaea</i> (4 + 1), <i>Sida</i> (24 + 3), <i>Sidastrum</i> (2 + 0), <i>Triplochlamys</i> (1 + 0), <i>Urena</i> (1 + 0), <i>Wissadula</i> (6 + 2) Total: 20 (98 + 1sp. + 15)	<i>Krapovickasia</i> (1) <i>Malvaviscus</i> (2) <i>Thespesia</i> (2)

Surianaceae	<i>Suriana</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Dilleniaceae	<i>Curatalla</i> (1 + 0), <i>Davilla</i> (7 + 0), <i>Doliocarpus</i> (3 + 0), <i>Tetracera</i> (3 + 0) Total: 4 (14 + 0)	
Ochnaceae	<i>Luxemburgia</i> (1 + 1), <i>Ouratea</i> (7 + 5), <i>Sauvagesia</i> (1 + 0) Total: 3 (11 + 7)	
Caryocaraceae	<i>Anthodiscus</i> (0 + 1), <i>Caryocar</i> (4 + 0) Total: 2 (4 + 1)	
Marcgraviaceae	<i>Marcgravia</i> (1 + 0), <i>Noranthea</i> (1 + 1), <i>Souroubea</i> (1 + 0) Total: 3 (3 + 1)	
Quinaceae	<i>Lacunaria</i> (0 + 2), <i>Quina</i> (0 + 8), <i>Touroulia</i> (0 + 1) Total: 3 (0 + 11)	
Bonnetiaceae	<i>Bonnetia</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Theaceae	<i>Camellia</i> (0 + 1), <i>Gordonia</i> (1 + 0), <i>Ternstroemia</i> (3 + 1) Total: 3 (4 + 2)	
Turneraceae	<i>Piriqueta</i> (9 + 0), <i>Turnera</i> (18 + 2) Total: 2 (27 + 2)	
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> (21 + 6), <i>Tetrastylis</i> (1 + 0) Total: 2 (22 + 6)	
Cariaceae	<i>Carica</i> (1 + 0), <i>Jacaratia</i> (1 + 0) Total: 2 (2 + 0)	
Loasaceae	<i>Loasa</i> (1 + 0), <i>Mentzelia</i> (2 + 0) Total: 2 (3 + 0)	<i>Cajophora</i> (1)
Begoniaceae	<i>Begonia</i> (9 + 5) Total: 1 (9 + 5)	
Thimclaceae	<i>Daphnopsis</i> (1 + 1) Total: 1 (1 + 1)	
Lythraceae	<i>Ammania</i> (1 + 0), <i>Corythophora</i> (0 + 1), <i>Crenea</i> (1 + 0), <i>Cuphea</i> (19 + 3), <i>Diplusodon</i> (4 + 3), <i>Heimia</i> (0 + 1), <i>Lofoensia</i> (2 + 1), <i>Lagestroemia</i> (2 + 0), <i>Lawsonia</i> (1 + 0), <i>Pleurophora</i> (1 + 0), <i>Rotala</i> sp. Total: 11 (31 + 1sp. + 9)	
Punicaceae	<i>Punica</i> (1 + 0) Total: 2 (1 + 0)	
Theophrastaceae	<i>Clavija</i> (2 + 1), <i>Jacquinia</i> (0 + 1) Total: 2 (2 + 2)	
Primulaceae	<i>Anagallis</i> sp. Total: 1 (1sp. + 0)	
Plumbaginaceae	<i>Plumbago</i> (4 + 0) Total: 1 (4 + 0)	
Sapotaceae	<i>Achras</i> (1 + 0), <i>Chrysophyllum</i> (4 + 2), <i>Manilkara</i> (5 + 2), <i>Micropholis</i> (6 + 0), <i>Pouteria</i> (14 + 1), <i>Pradosia</i> (2 + 0), <i>Sideroxylon</i> (2 + 0) Total: 7 (34 + 5)	
Ebenaceae	<i>Diospyros</i> (6 + 1) Total: 1 (6 + 1)	
Styracaceae	<i>Styrax</i> (3 + 1) Total: 1 (3 + 1)	
Symplocaceae	<i>Symplocos</i> (2 + 7) Total: 1 (2 + 7)	

Loganiaceae	<i>Antonia</i> (1 + 0), <i>Buddleja</i> (0 + 3), <i>Spigelia</i> (6 + 3), <i>Strychnus</i> (6 + 9) Total: 4 (13 + 6)	
Gentianaceae	<i>Calolisianthus</i> (1 + 0), <i>Chelonanthus</i> sp., <i>Coutoubea</i> (1 + 0), <i>Curtia</i> (2 + 0), <i>Dionira</i> (0 + 1), <i>Helia</i> (0 + 1), <i>Tachia</i> (0 + 1), <i>Trebachia</i> (3 + 1), <i>Schultesia</i> (7 + 1), <i>Voyria</i> (1 + 0) Total: 10 (15 + 1sp. + 5)	
Asclepiadaceae	<i>Araujia</i> (0 + 1), <i>Asclepias</i> (1 + 0), <i>Barjonia</i> (2 + 0), <i>Blepharodon</i> (4 + 0), <i>Calotropis</i> (1 + 0), <i>Cryptostegia</i> (1 + 0), <i>Ditassa</i> (13 + 1), <i>Funastrum</i> (1 + 0), <i>Gonianthela</i> sp., <i>Gonolobus</i> sp., <i>Hemipogon</i> (1 + 0), <i>Marsdenia</i> (3 + 0), <i>Matelea</i> (1 + 0), <i>Metastelma</i> (2 + 0), <i>Orthosia</i> (2 + 0), <i>Oxypetalum</i> (4 + 2), <i>Peploma</i> (0 + 1), <i>Schistogyne</i> (0 + 1), <i>Schubertia</i> (3 + 0), <i>Somphocarpus</i> (1 + 0), <i>Tassadia</i> (0 + 1), <i>Telmistelma</i> (1 + 0) Total: 22 (49 + 2spp. + 9)	<i>Stephonotis</i> (1)
Convolvulaceae	<i>Aniseia</i> (2 + 1), <i>Bonamia</i> (1 + 0), <i>Breweria</i> (1 + 0), <i>Cuscuta</i> sp., <i>Evolvulus</i> (19 + 0), <i>Ipomoea</i> (22 + 6), <i>Jacquemontia</i> (12 + 0), <i>Maripa</i> (1 + 0), <i>Merremia</i> (7 + 1), <i>Odonellia</i> (1 + 0), <i>Operculina</i> (1 + 0), <i>Quamoclit</i> (1 + 0), <i>Turbina</i> (0 + 1) Total: 13 (68 + 1sp. + 9)	
Lamiaceae	<i>Acollanthus</i> (1 + 0), <i>Eriope</i> (17 + 1), <i>Hypenia</i> (3 + 2), <i>Hyptidendron</i> (0 + 2), <i>Hyptis</i> (37 + 15), <i>Leonurus</i> (2 + 0), <i>Leonotis</i> (1 + 0), <i>Mentha</i> (0 + 4), <i>Marsypianthus</i> (1 + 0), <i>Ocimum</i> (3 + 3), <i>Plectranthus</i> (1 + 2), <i>Rhaphiodon</i> (1 + 0), <i>Scutellaria</i> (1 + 1), <i>Solenostemon</i> (2 + 0), <i>Stachys</i> (0 + 1) Total: 15 (71 + 31)	<i>Lycopus</i> (1), <i>Pogostemon</i> (1) <i>Peltodon</i> (1), <i>Rosmarines</i> (1), <i>Salvia</i> (3), <i>Teucrium</i> (1)
Solanaceae	<i>Acnistus</i> (1 + 0), <i>Athenaea</i> (1 + 0), <i>Aureliana</i> (1 + 0), <i>Brunfelsia</i> (4 + 3), <i>Brugmansia</i> (1 + 0), <i>Calibracha</i> (0 + 1), <i>Capsicum</i> (2 + 2), <i>Cestrum</i> (7 + 3), <i>Cyphonandra</i> (1 + 3), <i>Datura</i> (4 + 0), <i>Dyssochroma</i> (1 + 0), <i>Lycianthus</i> (1 + 0), <i>Lycopersicum</i> (1 + 0), <i>Marckea</i> (0 + 2), <i>Melananthus</i> sp., <i>Mitternichia</i> (1 + 0), <i>Nicandra</i> sp., <i>Nicotiana</i> (2 + 0), <i>Petunia</i> (0 + 1), <i>Physalis</i> (3 + 1), <i>Sessea</i> (0 + 1), <i>Schwenckia</i> (15 + 0), <i>Solanum</i> (40 + 23) Total: 23 (76 + 2spp. + 39)	<i>Salpichroa</i> (1), <i>Nierembergia</i> (2)

Oleaceae	<i>Linociera</i> (1 + 0), <i>Jasminum</i> (1 + 0) Total: 2 (2 + 0)	
Myrsinaceae	<i>Apania</i> sp., <i>Cybianthus</i> (5 + 0), <i>Myrsine</i> (7 + 3), <i>Rapanea</i> (3 + 0) Total: 4 (15 + 1sp. + 3)	
Apocynaceae	<i>Allamanda</i> (6 + 1), <i>Anartia</i> (1 + 0), <i>Aspidosperma</i> (7 + 2), <i>Condylocarpa</i> (2 + 0), <i>Cryptostegia</i> sp., <i>Couma</i> (1 + 0), <i>Forsteronia</i> (2 + 0), <i>Geisospermum</i> (1 + 0), <i>Hancornia</i> (1 + 0), <i>Himatanthus</i> (6 + 0), <i>Macrosiphonia</i> (1 + 0), <i>Manouletia</i> (1 + 0), <i>Malonetia</i> sp., <i>Mandevilla</i> (13 + 4), <i>Micropluneria</i> sp., <i>Nerium</i> (1 + 0), <i>Odontodemia</i> (1 + 0), <i>Peltastes</i> (1 + 0), <i>Peschiera</i> (2 + 0), <i>Prestonia</i> (4 + 2), <i>Rauvolfia</i> (4 + 0), <i>Rhodocalyx</i> (0 + 1), <i>Secondatia</i> (2 + 0), <i>Skytanthus</i> (1 + 0), <i>Stipecoma</i> (1 + 0), <i>Tabernaemontana</i> (4 + 3), <i>Temmadenia</i> (1 + 0), <i>Thevetia</i> (0 + 2), <i>Zschokkea</i> (0 + 1) Total: 29 (61 + 3spp. + 15)	<i>Castilloa</i> (1), <i>Cathoranthus</i> (1), <i>Rhabdadenia</i> (1)
Cuscutaceae	<i>Cuscuta</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Menyanthaceae	<i>Nymphoides</i> (2 + 0) Total: 1 (2 + 0)	
Hydrophyllaceae	<i>Hydrolea</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Boraginaceae	<i>Auxemma</i> (2 + 0), <i>Borrage</i> (0 + 1), <i>Cordia</i> (28 + 2), <i>Heliotropium</i> (8 + 2), <i>Pataganula</i> (1 + 0), <i>Tournefortia</i> (6 + 1) Total: 6 (45 + 6)	
Avicenniaceae	<i>Avicennia</i> (2 + 1) Total: 1 (2 + 1)	
Verbenaceae	<i>Aegiphila</i> (12 + 1), <i>Aloysia</i> (1 + 3), <i>Amasonia</i> (1 + 0), <i>Bouchea</i> (1 + 2), <i>Citharexylon</i> (0 + 3), <i>Clerodendron</i> (0 + 3), <i>Congea</i> (1 + 0), <i>Duranta</i> (2 + 0), <i>Gmeliana</i> (1 + 0), <i>Lantana</i> (19 + 1), <i>Lippia</i> (21 + 8), <i>Phyla</i> (1 + 0), <i>Petrea</i> (0 + 1), <i>Priva</i> (2 + 0), <i>Stachytarpheta</i> (23 + 0), <i>Tamonea</i> (2 + 0), <i>Verbena</i> (0 + 5), <i>Vitex</i> (4 + 2) Total: 18 (93 + 29)	<i>Glandularia</i> (2) <i>Junellia</i> (1)
Scrophulariaceae	<i>Achetania</i> (3 + 0), <i>Anamaria</i> (1 + 0), <i>Angelonia</i> (11 + 0), <i>Bacopa</i> (2 + 0), <i>Buchneria</i> (3 + 0), <i>Capraria</i> (1 + 0), <i>Cymbelaria</i> (0 + 1), <i>Conobea</i> (1 + 0), <i>Digitalis</i> sp., <i>Escobedia</i> (0 + 1), <i>Esterhazyia</i> (1 + 1), <i>Herpetis</i> (1 + 0), <i>Heterantha</i> (1 + 0), <i>Melasma</i> (= <i>Alectra</i>) (1 + 0), <i>Monopera</i> (1 + 0), <i>Otacanthus</i> (1 + 0), <i>Physocalix</i> (2 + 0), <i>Russelia</i> (0 + 1), <i>Scoparia</i> (1 + 2), <i>Stenodia</i> (4 + 2), <i>Torenia</i> (1 + 0), <i>Tetraulacium</i> (1 + 0), <i>Verbascum</i> (1 + 0) Total: 23 (38 + 1sp. + 8)	

Lentibulariaceae	<i>Utricularia</i> (16 + 1) Total: 1 (16 + 1)	
Gesneriaceae	<i>Besleria</i> (1 + 0), <i>Codonantha</i> (2 + 0), <i>Cubitanthus</i> (1 + 0), <i>Drymonia</i> (1 + 0), <i>Episcia</i> (1 + 0), <i>Gloxinia</i> (0 + 1), <i>Nematanthus</i> (0 + 1), <i>Paliavana</i> (1 + 0), <i>Sinningia</i> (4 + 3) Total: 9 (11 + 5)	
Bignoniaceae	<i>Adenocalymna</i> (7 + 1), <i>Anemopaegma</i> (5 + 1), <i>Arrabidea</i> (18 + 1), <i>Clytostoma</i> (2 + 1), <i>Cuspidaria</i> (1 + 0), <i>Cybistax</i> (1 + 0), <i>Cydista</i> (0 + 1), <i>Fredericia</i> (1 + 0), <i>Godmania</i> (1 + 0), <i>Haplolophium</i> sp., <i>Jacaranda</i> (7 + 1), <i>Macfadyena</i> (1 + 1), <i>Lundia</i> (1 + 0), <i>Melloa</i> (2 + 0), <i>Memora</i> (2 + 0), <i>Neojobertia</i> (1 + 0), <i>Newbouldia</i> (1 + 0), <i>Parabignonia</i> sp., <i>Plenotoma</i> sp., <i>Protherantha</i> (1 + 0), <i>Phryganocydia</i> (1 + 0), <i>Piriadacus</i> (1 + 0), <i>Pithecoctemium</i> (1 + 1), <i>Pyrostegia</i> (2 + 0), <i>Sparattosperma</i> (1 + 0), <i>Spathodea</i> (1 + 0), <i>Stibophylluov</i> (1 + 0), <i>Tabebuia</i> (13 + 1) Total: 29 (75 + 3spp. + 9)	<i>Podranea</i> (1)
Pedaliaceae	<i>Craniolaria</i> sp., <i>Sesamum</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 1sp. + 0)	<i>Ibecella</i> (1)
Mendoniaceae	<i>Mendoncia</i> (1 + 1) Total: 1 (1 + 1)	
Plantaginaceae	<i>Plantago</i> (1 + 0) Total: 1 (1 + 0)	
Acanthaceae	<i>Amasonia</i> (1 + 0), <i>Anisocanthus</i> (1 + 0), <i>Aphelandra</i> (6 + 1), <i>Dichiptera</i> (1 + 0), <i>Elytracia</i> (1 + 0), <i>Eranthemum</i> (1 + 1), <i>Geissomeria</i> (2 + 0), <i>Harpochiles</i> (3 + 0), <i>Herpetacanthus</i> (1 + 0), <i>Hygrophila</i> (2 + 1), <i>Jacobina</i> (0 + 1), <i>Justicia</i> (12 + 3), <i>Lepidogathis</i> (2 + 1), <i>Lophotecium</i> (1 + 0), <i>Mondoncia</i> sp., <i>Nelsonia</i> sp., <i>Pachystachys</i> (1 + 0), <i>Poikilacanthus</i> (4 + 1), <i>Ruellia</i> (10 + 2), <i>Sanchezia</i> (2 + 1), <i>Schaueria</i> (1 + 0), <i>Thumbergia</i> (2 + 1) Total: 21 (54 + 1sp. + 13)	
Caprifoliaceae	<i>Linicera</i> (0 + 1), <i>Sambucus</i> (1 + 2) Total: 2 (1 + 3)	<i>Lonicera</i> sp., <i>Viburnum</i> (1)
Valerianaceae	<i>Valeriana</i> (1 + 0), <i>Valerranopsis</i> sp. Total: 2 (1 + 1sp. + 0)	
Campanulaceae	<i>Centropagon</i> (1 + 0), <i>Laurentia</i> (1 + 0), <i>Lobelia</i> (2 + 1), <i>Siphocampylus</i> (1 + 2), <i>Wahlenbergia</i> (0 + 1) Total: 5 (5 + 4)	<i>Isotoma</i> (1), <i>Pratia</i> (1), <i>Specularia</i> (1), <i>Triodanis</i> (1)

Cucurbitaceae	<i>Apodanthera</i> (1 + 0), <i>Cayaponia</i> (2 + 2), <i>Citrullus</i> (1 + 0), <i>Cucumis</i> (1 + 0), <i>Cucurbita</i> (1 + 0), <i>Cyclanthera</i> (1 + 0), <i>Elaterium</i> (0 + 1), <i>Fevillea</i> (2 + 0), <i>Gurania</i> (4 + 0), <i>Luffa</i> (2 + 0), <i>Melothria</i> (2 + 0), <i>Melothricanthus</i> (1 + 0), <i>Momordica</i> (1 + 0), <i>Rytidostylis</i> (1 + 0), <i>Siolmatia</i> sp., <i>Willbrandia</i> (0 + 1) Total: 16 (20 + 1sp. + 4)	<i>Lagenaria</i> sp.
Calyceraceae	<i>Acicarpha</i> (1 + 1) Total: 1 (1 + 1)	
Goodeniaceae	<i>Scalvola</i> (0 + 1) Total: 1 (0 + 1)	
Rubiaceae		
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx</i> (1 + 0), <i>Calycolpus</i> (1 + 0), <i>Calypttrantes</i> (4 + 0), <i>Camponanesia</i> (7 + 5), <i>Eugenia</i> (35 + 15), <i>Gomidesia</i> (7 + 0), <i>Marliera</i> (6 + 3), <i>Myrceugenia</i> (0 + 7), <i>Myrcia</i> (34 + 14), <i>Myrciaria</i> (4 + 0), <i>Pimenta</i> (0 + 1), <i>Plinia</i> (2 + 0), <i>Psidium</i> (10 + 0), <i>Siphoneugenia</i> (1 + 0), <i>Syzyajum</i> (4 + 0) Total: 16 (111 + 45)	<i>Iusia</i> (1)