

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

MARCELO OLIVEIRA TELES DE MENEZES

**VIABILIDADE DA COMPARTIMENTAÇÃO PEDO-CLIMÁTICA PARA O
PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA – ESTUDO DE CASO NA
MICROBACIA DO RIACHO CAPITÃO-MOR (CEARÁ)**

FORTALEZA
2009

M512v Menezes, Marcelo Oliveira Teles de
Viabilidade da compartimentação pedo-climática para o planejamento da conservação biológica – estudo de caso na microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará) / Marcelo Oliveira Teles de Menezes, 2009.
115 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero
Co-orientadora: Profª. Dra. Francisca Soares de Araújo
Área de concentração: Meio ambiente
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza, 2009.

1. Biogeografia. 2. Corredores. 3. Funcionalidade. 4. Preservação. 5. Biodiversidade. I. Romero, Ricardo Espíndola (orient.). II. Araújo, Francisca Soares de (co-orient.). III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. IV. Título.

CDD 363.7

MARCELO OLIVEIRA TELES DE MENEZES

**VIABILIDADE DA COMPARTIMENTAÇÃO PEDO-CLIMÁTICA PARA O
PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA – ESTUDO DE CASO NA
MICROBACIA DO RIACHO CAPITÃO-MOR (CEARÁ)**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero
Co-orientadora: Profa. Dra. Francisca Soares de Araújo

FORTALEZA
2009

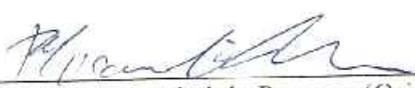
MARCELO OLIVEIRA TELES DE MENEZES

**VIABILIDADE DA COMPARTIMENTAÇÃO PEDO-CLIMÁTICA PARA O
PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA – ESTUDO DE CASO NA
MICROBACIA DO RIACHO CAPITÃO-MOR (CEARÁ)**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 10 / 09 / 2009.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Ricardo Espindola Romero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC


Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles
Universidade Federal do Ceará – UFC


Prof. Dr. Oriel Herrera Bonilla
Universidade Estadual do Ceará – UECE

AGRADECIMENTOS

A meu pai, Franklin Cardoso, pela ajuda nas viagens a Campos Belos e Guaramiranga.

A Antídio Barbosa de Oliveira Filho, pela correção ortográfica dessa dissertação.

A Leandro Souza Moreira pela tradução do resumo para Esperanto.

Aos motoristas do CCA/UFC, Paulo e Geraldo, pela ajuda nas coletas de solo.

A Namir Giovani da Silva Melo (Funceme), pela colaboração e fornecimento de dados climáticos.

A Marcos Vinícius Chagas da Silva, pela ajuda e orientação com as bases cartográficas e na elaboração dos mapas.

A todos que me ajudaram com as identificações das plantas: Luiz W. Lima-Verde, Jacira Rabelo, Marcelo Moro, Vanescia Gomes, Prof. Afrânio Fernandes, Prof. Edson P. Nunes, Nigel Taylor e Daniela Zappi.

A Francisco José da Silva (Franzé) do Laboratório de Física do Solo – Departamento de Ciências do Solo / UFC, pelo auxílio e orientação na execução das análises de física do solo.

Ao Professor Reuber Santiago e aos laboratoristas do Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Federal – Campus Sobral, pelo apoio nas análises químicas das amostras de solo.

À Professora Francisca Soares de Araújo, por todas as sugestões e contribuições à criação do projeto e execução do trabalho.

Aos Professores Marcos Nogueira e Vlândia Vidal pelas contribuições e sugestões no exame de qualificação.

Aos Professores Jeovah Meireles e Oriel Bonilla, pela participação na banca de defesa.

Ao Prof. Ricardo Espíndola Romero, pela ajuda nas viagens de campo e orientações nas análises de solo.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pela concessão de bolsa de mestrado no período de julho de 2007 a fevereiro de 2009.

Aos professores do Mestrado de Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA / UFC: José Levi Furtado Sampaio, Francisco Amaro Gomes de Alencar, Rogério César Pereira de Araújo, Luiz Botelho de Albuquerque, por todos os ensinamentos científicos e para a vida.

Viabilidade da compartimentação pedo-climática para o planejamento da Conservação Biológica – estudo de caso na microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará)

RESUMO

Os recursos financeiros e humanos disponíveis para a conservação biológica são escassos no Brasil. Nesse contexto de limitação de recursos, o macro-planejamento da conservação – os critérios de escolha da localização e interação entre áreas de proteção – torna-se uma questão central, no intuito de otimizar a alocação de esforços de conservação biológica. Historicamente, a alocação de unidades de conservação tem sido guiada pela riqueza de espécies biológicas (*hotspots*). No entanto, esse critério tem sido apontado como reducionista e falho, de modo que muitos autores têm proposto novas abordagens de planejamento da conservação. Por meio de um estudo de caso na microbacia do riacho Capitão-Mor – localizada nos sertões centrais do Ceará – este trabalho visou analisar a viabilidade da compartimentação ambiental como instrumento de mapeamento de padrões de biodiversidade – poupando o grande esforço dispendido em levantamentos fitossociológicos nos casos de grandes extensões territoriais. Compartimentos pedo-climáticos com diferentes condições ambientais foram caracterizados e comparados quanto a clima, solo e flora. Pela Análise de Correspondência Retificada (*DCA*), analisou-se quais fatores exerceram maior influência sobre a distribuição das espécies vegetais. Com base na sua distribuição, bem como o estado de conservação de cada setor da microbacia, foi-lhe elaborado um plano de conservação. O planejamento foi embasado na unidade da bacia hidrográfica e por princípios sistêmicos de funcionalidade e representatividade – com vistas a contemplar a heterogeneidade natural e garantir o funcionamento da biodiversidade e outros processos geoambientais. Constatou-se que a distribuição das espécies e fisionomias vegetais na área de estudo corresponderam basicamente a padrões de clima (umidade) e fertilidade do solo (saturação por bases e por alumínio) – ambos fatores determinados pelas condições topográficas de altitude e declividade. Com o padrão observado, concluiu-se que a topografia é o fator ambiental mais adequado para a associação entre as características do meio ambiente físico e a distribuição das espécies vegetais. O macro-planejamento conservacionista embasado na unidade da bacia hidrográfica trouxe muitos aspectos positivos à funcionalidade do sistema de conservação. A abordagem de bacias hidrográficas tornou possível e fácil a interligação entre unidades de conservação, uma vez que os padrões de drenagem favoreceram sua interligação por meio de matas ciliares, que assumiram a função de corredores ecológicos. Desse modo, além da potencial contemplação de todos os setores geoambientais da microbacia com unidades de conservação, é possível dotar o sistema com um funcionamento em rede.

Palavras-chave: biogeografia, corredores, funcionalidade, preservação, biodiversidade.

Viabilidad de la compartimentación pedo-climática para el planeamiento de la conservación biológica – estudio de caso en la microcuenca del Riachuelo *Capitão-Mor* (Ceará)

RESUMEN

Los recursos financieros y humanos disponibles para la conservación biológica son escasos en Brasil. En ese contexto de limitación de recursos, el macro-planeamiento de la conservación – los criterios de elección, de localización y interacción entre áreas de protección – tornase una cuestión central, con objetivo de optimizar el destino de esfuerzos de conservación biológica. Historicamente, el destino de unidades de conservación ha sido guiado por la riqueza de especies biológicas (*hotspots*). Sin embargo ese criterio ha sido apuntado como reduccionista y fallido, de tal modo que muchos autores han propuesto nuevos abordajes de planeamiento de la conservación. Por medio de un estudio de caso en la microcuenca del Riachuelo Capitão-Mor – localizada en los "sertões centrais" de Ceará – este trabajo buscó analizar la viabilidad de la compartimentación ambiental como instrumento de levantamiento de patrones de biodiversidad – economizando el grande esfuerzo que es gastado en los levantamientos fitossociológicos, en los casos de grandes extensiones territoriales. Compartimentos pedo-climáticos con diferentes condiciones ambientales fueron caracterizados y comparados en cuánto a clima, suelo y flora. Por medio de Análisis de Correspondencia Rectificada (*DCA*), fueron analizados los factores que ejercieron mayor influencia sobre la distribución de las especies vegetales. Con base en su distribución y en el estado de conservación de cada sector de la microcuenca, fue elaborado un plan de conservación. El plan fue hecho en la unidad de la cuenca hidrográfica y con principios sistémicos de funcionalidad e representatividad – buscando contemplar la heterogeneidad natural y garantizar el funcionamiento de la biodiversidad y otros procesos geoambientales. Fue constatado que la distribución de las especies y fisionomias vegetales en la área de estudio correspondem basicamente a patrones de clima (humedad) y de fertilidad del suelo (saturación de cationes y de aluminio) – ambos determinados por las condiciones topográficas de altitud e declividad. Con el patrón resultante, se concluyó que la topografía es el factor ambiental más adecuado para para la asociación entre características del medio ambiente físico y la distribución de las especies vegetales. El macro-planeamiento conservacionista embasado en la unidad de la cuenca hidrográfica trajo muchos aspectos positivos en la funcionalidad del sistema de conservación. El abordaje de cuencas hidrograficas hizo posible y fácil la interconexión entre unidades de conservación, una vez que los patrones de drenaje favorecieron su ligación através de la vegetación de la ribera del rio (*mata ciliar*), que asumió la función de corredores ecológicos. Así, además de la potencial contemplación de todos los sectores geoambientales de la microcuenca con unidades de conservación, és posible equipar el sistema con un funcionamiento en red.

Palabras-llave: biogeografía, corredores, funcionalidad, preservación, biodiversidad

La aplikebleco de la grundoklima zonigo por la planado de la biologia konservado – studo de kazo de la mikro-baseno de la rivereto *Capitão-Mor* (Ceará)

RESUMO
(Esperanto)

La financaj kaj homaj rimedoj haveblaj por la biologia konservado malmultas en Brazilo. En tiu kunteksto de malabundo de rimedoj, la makro-planado de la konservado – la kriterioj por la elekto de loko kaj interago inter protektetoj – iĝas kerna demando, celante plejbonigi la strebo-distribucion por biologia konservado. Historie, la lokigo de konservejoj estis kaj estas gvidata laŭ la riĉeco de biologiaj specioj (en la angla: *hotspots*). Tamen, tiu kriterio estis indikata kiel reduktisma kaj iom nefektiva, tiel ke multaj aŭtoroj proponadas novajn alirojn al la planado de la konservado. Per studo de kazo en la mikro-baseno de la rivereto *Capitão Mor* – situita en *Sertão Central* – tiu ĉi verko celis analizi la taŭgecon de la media-zonigo kiel ilo de mapigo de biodiversecaj ŝablonoj – ŝparante la grandan strebon elspezita por la fito-sociologiaj inventaroj en la kazoj de vastaj teritorioj. Grundoklimaj zonoj kun malsamaj mediaj kondiĉoj estis karakterigitaj kaj komparitaj rilate al klimo, sojlo kaj plantaro. Per Analizo de Rektifita Korespondado (en la angla *DCA*), oni analizis kiuj faktoroj rolis pli da influo en la distribuo de vegetaraj specioj. Surbaze je tiu distribuo, same kiel la konserva-stato de ĉiu sektoro de la mikrobaseno, oni ellaboris konserv-planon por ĝi. La planado estis surbazita je la nedividebleco de akvokolekta baseno kaj je la sistemaj principoj: funkcieco kaj reprezenteco – celante garanti la reprezentecon de la natura diverseco kaj garanti la funkcion de la biodiverseco kaj aliaj procezoj geomedijaj. Oni konstatis ke la distribuo de la specioj kaj vegetaraj fizionomioj en la stud-areo rilatas ĉefe al ŝablonoj de klimo (humideco) kaj fekundeco de la sojlo (saturiĝo de kemiaj bazoj kaj aluminio) – ambaŭ faktoroj determinitaj per topografiaj kondiĉoj de alteco kaj kliniĝeco. Per la rezultado observita oni konkludis ke la topografio estas la media-faktoro plej taŭga por la de asocio inter la karakteroj de la fizika medio kaj la distribuo de la vegetaraj specioj. La makro-planado konservema surbazita je la areo de la akvokolekta baseno portis multajn pozitivajn rezultojn al la funkcio de la konserv-sistemo. La uzo de akvokolekta baseno igis ebla kaj facila la interligon de la unuopaj konservejoj, konsiderante ke la dren-formoj helpis sian interligon per la trarivera-vegetaro, kiu rolis kiel ekologiaj koridoroj. Tiel, krom la ebla kreo de konservejoj en ĉiuj sektoroj geomedijaj de la mikrobaseno, eblas provizi la sistemon je reta funkciado.

Ŝlosil-vortoj: biogeografio, koridoroj, funkcieco, konservado, biodiverseco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa da distribuição espacial das unidades de conservação do Estado do Ceará.	16
Figura 2	– Diagrama das zonas latitudinais (y), altitudinais (x) e respectivas fisionomias vegetais do globo terrestre.	21
Figura 3	– Amplitudes e médias anuais de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre em diferentes latitudes do Planeta.	22
Figura 4	– Variação na atividade microbiológica e na disponibilidade de macro e micronutrientes no solo em função do pH.	26
Figura 5	– Similaridade entre floras de diferentes unidades geoambientais do Estado do Ceará ao nível de 25% do índice de similaridade de Jaccard.	34
Figura 6	– Localização do Rio Capitão-Mor no contexto da Bacia do Rio Curu, norte do Estado do Ceará.	36
Figura 7	– Imagem do Satélite Spot-5 com destaque para a área de estudo, microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará).	39
Figura 8	– Mapa de padrões climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, interpolado conforme as unidades geoambientais propostas por Lima <i>et al.</i> (2000).	50
Figura 9	– Mapa de associações de solo na microbacia do Riacho Capitão-Mor, obtido pelo recorte do Mapeamento de Solos do Estado do Ceará (CEARÁ, 1988).	53
Figura 10	– Compartimentação pedo-climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	56
Figura 11	– Similaridade entre caracteres pedológicos (físicos e químicos) dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	59
Figura 12	– Estrutura diamétrica (cm) da comunidade vegetal amostrada em cada compartimento pedo-climático da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	63
Figura 13	– Mapa de cobertura vegetal da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	64
Figura 14	– Similaridade fitossociológica (<i>Bray-Curtis</i>) entre os compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	71
Figura 15	– Análise de Correspondência Retificada (<i>DCA</i>) entre a abundância das espécies vegetais e os fatores ambientais na microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	72
Figura 16	– Plantação de milho cercada por terrenos inativos em propriedade rural do compartimento DS2, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	79
Figura 17	– Compartimento DS3. a) Plantações de milho na planície de inundação do Riacho Capitão-Mor; b) Açude do Assentamento Carneiro – ao fundo, o serrote definido como área prioritária de conservação no compartimento.	79
Figura 18	– Plantação em plena vertente do Maciço de Baturité – região de alta declividade.	79
Figura 19	– Sistema de Conservação proposto para a microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Meios de quantificação de atributos da biodiversidade em diferentes níveis de organização biológica.	17
Quadro 2	– Fisionomia vegetal dominante esperada conforme a temperatura mínima do regime térmico anual.	23
Quadro 3	– Associações entre tipos climáticos, classes de solo e fisionomias vegetais em escala global.	24
Quadro 4	– Funções orgânicas e fontes de obtenção dos principais elementos químicos necessários para o desenvolvimento vegetal (macro e micronutrientes).	25
Quadro 5	– Características das unidades geoambientais analisadas por Araújo <i>et al.</i> (2003).	34
Quadro 6	– Postos e dados pluviométricos utilizados para a caracterização climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	41
Quadro 7	– Cotas altimétricas utilizadas para a compartimentação climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	41
Quadro 8	– Tipos de sedimento e respectivas dimensões utilizadas para análises físicas do solo dos compartimentos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	42
Quadro 9	– Associações de solo contidas na microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará) conforme as unidades geoambientais propostas por Lima <i>et al.</i> (2000).	49
Quadro 10	– Associações de solo esperadas e perfis amostrados nos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	56
Quadro 11	– Diagnóstico e diretrizes de conservação dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	80

LISTA DE TABELAS

1	Extensão territorial dos compartimentos topográficos do Estado do Ceará.	33
2	Aspectos territoriais dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	54
3	Proporção territorial entre unidades geoambientais na microbacia do Riacho Capitão-Mor e no Estado do Ceará.	55
4	Atributos físicos dos solos dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	57
5	Atributos químicos dos solos dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	58
6	Características estruturais e fisionômicas da vegetação dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	60
7	Cobertura vegetal dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará) com respectivos índices de cobertura vegetal.	65
8	Características florísticas e fitossociológicas das parcelas amostradas nos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	66
9	Composição florística do compartimento DS1, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	67
10	Composição florística do compartimento DS2, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	67
11	Composição florística do compartimento DS3, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	68
12	Composição florística do compartimento VS, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	69
13	Composição florística do compartimento PU, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	70
14	Correlações lineares entre fatores ambientais e os eixos da Análise de Correspondência Retificada (DCA).	73
15	Extensão territorial das unidades de conservação propostas para a microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.	78

Sumário

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Biodiversidade e conservação	14
2.2. Influência do meio sobre a biodiversidade	20
2.3. Compartimentação ambiental	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1. Área de estudo	35
3.2. Compartimentação pedo-climática	36
a) Compartimentação e caracterização climática	40
b) Compartimentação e caracterização pedológica	41
3.3. Caracterização biótica	44
3.4. Análise multivariada	47
3.5. Proposição de áreas prioritárias de conservação	48
4. RESULTADOS	49
4.1. Caracterização dos compartimentos pedo-climáticos	52
a) Aspectos territoriais	52
b) Aspectos pedológicos	55
c) Fisionomia e estrutura vegetacional	60
d) Cobertura vegetal	61
e) Flora e fitossociologia	65
f) Distribuição das espécies vs. Fatores ambientais	71
4.2. Proposição de áreas prioritárias de conservação	73
5. DISCUSSÃO	
5.1. Compartimentação pedo-climática e distribuição das espécies	82
5.2. Distribuição das espécies e fatores ambientais	84
5.3. Proposição de áreas prioritárias	88
6. CONCLUSÕES	95
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
APÊNDICES	
A – Descrição morfológica dos perfis de solos amostrados nos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará)	106
B – Espécimes botânicos coletados na microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará)	112

1 INTRODUÇÃO

A velocidade com que as paisagens naturais têm sido alteradas desde a Revolução Industrial torna urgente a prática da conservação, antes que se chegue a um estágio irreversível de degradação ambiental e perda de biodiversidade e recursos naturais. Além disso, a severa limitação de recursos destinados à conservação frente à imensa quantidade de alvos a serem conservados constitui um fator agravante dessa corrida contra o tempo. Essas limitações geram uma situação de “custo de oportunidade”, na qual se deve fazer uma escolha que, necessariamente, exclui todas as outras oportunidades de conservação. Diante dessa situação, o critério de escolha da localização de áreas de proteção torna-se uma questão crucial na conservação, pois as áreas devem ser selecionadas no intuito de otimizar a conservação frente às limitações de tempo e recursos (SPELLERBERG; SAWYER, 1999).

A partir dos anos 70 do século XX, com a popularização da Teoria da Biogeografia de Ilhas (McARTHUR; WILSON, 1967), incidentalmente, instaurou-se uma visão reducionista da diversidade biológica. Seus autores afirmaram que os padrões de biodiversidade observados em ilhas oceânicas poderiam ser extrapolados para fragmentos florestais e, conseqüentemente, reservas biológicas. Segundo os princípios dessa teoria, uma alta riqueza de espécies e uma grande quantidade de endemismos em uma área de conservação minimizariam as chances de extinção de espécies e garantiriam um fragmento de vegetação nativa estoque de biodiversidade. Em pouco tempo, a teoria passou a ser aplicada e influenciou importantes ações e decisões conservacionistas em todo o mundo até o início do século XXI, elegendo os *hotspots*¹ como prioridades de conservação, pois estes lugares seriam mais aptos a manter a biodiversidade (SPELLERBERG; SAWYER, 1999).

Segundo Scarano (2006), além de a teoria possuir algumas premissas contrariadas por dados empíricos, a escolha de *hotspots* como prioridades de conservação possui dois aspectos negativos quanto à representatividade das reservas escolhidas – ambos relacionados com o desequilíbrio na alocação destas:

1) Redundância de conservação – naturalmente, alguns biomas (em geral, os mais quentes e úmidos, como as florestas tropicais) possuem maior número de espécies (MYERS, 1988), enquanto que os mais frios e/ou áridos (florestas temperadas, savanas e desertos) tendem a ter menor riqueza. Logo, se o critério de escolha de reservas é a riqueza de espécies, sempre haverá a tendência de se preservar o mesmo bioma, ecossistema ou formação vegetal (aquele que possui maior riqueza de espécies). Desse modo, o critério leva sempre à

¹ Áreas com alta riqueza de espécies e/ou com alto índice de endemismos (MYERS, 1988).

preservação das mesmas comunidades biológicas em diferentes contextos ambientais, em vez de preservar comunidades diferentes em contextos distintos – o que contemplaria a biodiversidade de modo mais representativo.

2) Lacunas de conservação – outro problema decorrente desse mesmo aspecto biogeográfico: os biomas / ecossistemas que possuem menor riqueza de espécies sempre são negligenciados, o que contribuiria para a formação de lacunas de conservação.

O Estado do Ceará constitui um claro exemplo desse padrão de redundância e lacunas de conservação. Cerca de 86% de sua área protegida encontra-se em unidades geoambientais que ocupam menos que 10% da área do Estado (serras e litoral). Contraditoriamente, a depressão sertaneja, ambiente semi-árido com baixa riqueza de espécies que ocupa mais que 60% da superfície estadual, comporta apenas 5% de sua área protegida².

Esse vício da priorização e/ou implantação de áreas de proteção, seja por questões metodológicas ou políticas, é bastante prejudicial à biodiversidade (tanto para entidades como processos ecológicos), pois todos os ambientes e comunidades – independentemente de sua riqueza de espécies – participam do equilíbrio ecológico em contexto local, regional e global, sendo, portanto, dotados de importante papel nos processos ecológicos mantenedores da biodiversidade, recursos e serviços ambientais (PRESSEY, 1994; SCARANO, 2006). Mesmo quando se assume que a biodiversidade pode ser, simplesmente, “medida” pela riqueza de espécies, também é evidente a importância da conservação de ambientes de baixa riqueza de espécies biológicas, como regiões frias, áridas e semi-áridas. Uma vez que esses ambientes possuem menor quantidade de espécies do que ambientes úmidos, suas espécies possuem um papel ecológico mais importante e representativo do que as de ambientes úmidos (onde várias delas podem explorar nichos semelhantes). Portanto, as consequências da perda de espécies no semi-árido são, proporcionalmente, mais graves do que em ecossistemas úmidos, pois a lacuna ecológica deixada pela espécie extinta é maior (McNEELY, 2003). No que diz respeito à vegetação, embora as regiões áridas e semi-áridas apresentem menor riqueza de espécies arbóreas (fanerófitos), possuem maior diversidade de outras formas de vida (caméfitos, criptófitos e terófitos) do que ambientes úmidos (FERNANDES, 1998). Além dessa importância ecológica estrita, muitos autores (*e.g.* BONKOUNGOU, 2005; CHILD, 2003; McNEELY, 2003; MONTENEGRO, 2001) ressaltam a importância da manutenção da qualidade dos recursos ambientais dessas regiões para a subsistência da população local, geralmente carente.

² Percentuais estimados com base em dados oficiais da Superintendência do Meio Ambiente do estado do Ceará (CEARÁ, 2008).

Uma vez que a priorização de *hotspots* parece não ser capaz de atender a necessidades mais amplas de conservação (manutenção de serviços e recursos naturais), este trabalho visa contribuir com uma nova abordagem para o planejamento da conservação da natureza, baseada na eficiência, na representatividade e na funcionalidade dos sistemas de conservação ambiental. Seu propósito maior foi verificar a aplicabilidade da compartimentação ambiental para a conservação da natureza, sob um enfoque sistêmico.

A partir da hipótese de que a distribuição das espécies e fisionomias vegetais é condicionada pela distribuição de fatores físicos do ambiente, este trabalho foi desenvolvido com o intuito de testar se a compartimentação pedo-climática de uma bacia hidrográfica corresponde à variação espacial na estrutura e composição florística da cobertura vegetal. Para isso, foram utilizados os seguintes procedimentos: 1) Compartimentação de uma microbacia hidrográfica; 2) Caracterização pedo-climática, biológica e do estado de conservação de cada compartimento; 3) Análises de semelhança e correlações estatísticas entre as características físicas dos compartimentos e suas composições florísticas, e 4) Proposição de um sistema de conservação biológica para a microbacia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Biodiversidade e conservação

“... existem poucos dados teóricos ou empíricos suportando que a riqueza de espécies garanta a estabilidade dos sistemas ecológicos ... parece mais que a manutenção dos processos ecossistêmicos é que contribui para a conservação da biodiversidade, uma vez que pode garantir a persistência de todos os processos biológicos importantes.”

Sarkar & Margules (2002, p. 300)

Desde seu surgimento como ciência, a Biologia da Conservação esteve, direta ou indiretamente, ligada à diversidade biológica, embora tenha havido algumas mudanças de paradigma (PULLIN, 2002). Uma vez que a biodiversidade ocupa uma posição central na conservação, é de fundamental importância sua delimitação conceitual, para que sejam estabelecidas metas conservacionistas precisas e efetivas (REDFORD; RICHTER, 1999).

O termo biodiversidade foi utilizado pela primeira vez (sem definição precisa) por Walter G. Rosen como uma abreviação da expressão “*biological diversity*” durante a organização do “Fórum Nacional de Biodiversidade” nos Estados Unidos da América. Esse fórum foi realizado em setembro de 1986, pouco tempo depois da fundação da Sociedade Estadunidense de Biologia da Conservação³ (no ano de 1985), e da publicação, ainda no mesmo ano, do manifesto “O que é Biologia da Conservação?” de Michael Soulé⁴. Desde então, houve forte interação entre o uso crescente da expressão recém-criada “biodiversidade” e a consolidação da Conservação como Ciência, o que colocou a conservação da biodiversidade como foco central da preocupação ambiental. Mesmo com uma concepção prematura, a biodiversidade passou a ser o principal alvo conservacionista para ambientalistas, governos, nações, convenções internacionais, organizações governamentais e não-governamentais; destacando-se que mais de 150 nações assinaram a Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas (ONU) e bilhões de dólares têm sido gastos em nome da biodiversidade (REDFORD; RICHTER, 1999; SARKAR; MARGULES, 2002).

A falta de um macro-planejamento, a aplicação de um conceito ainda não amadurecido da biodiversidade (então concebida como riqueza de espécies) juntamente com a Teoria da Biogeografia de Ilhas às práticas conservacionistas levaram a uma configuração desequilibrada das áreas de conservação nos diferentes ambientes em todo o mundo

³ *US Society for Conservation Biology*

⁴ Soulé, M. E. *What is Conservation Biology?* **BioScience**, vol. 35, n.º 11, p.727-734, 1985.

(BONKOUNGOU, 2005; PRESSEY, 1994; SCARANO, 2006). Bonkougou (2005) chama a atenção para a negligência sofrida pelas regiões áridas e semi-áridas tanto no que diz respeito ao conhecimento científico como à conservação biológica. No caso do Estado do Ceará, essa situação é bastante conspícua: 86% da área protegida do Estado encontra-se nas serras, planaltos e chapadas⁵. No entanto, essas unidades geoambientais ocupam menos do que 18% da área do Estado (SOUZA *et al.* 1979). Assim, 86% da área protegida no Estado situa-se, basicamente, formações vegetais minoritárias no Estado, mas que, em geral, possuem alta riqueza de espécies arbóreas quando comparadas com formações xerófitas como a Caatinga (FERNANDES, 1998; LEIGH Jr. *et al.* 2004; RIZZINI, 1997). Já a Depressão Sertaneja, unidade geoambiental que ocupa 69% da área do Estado, possui apenas 5% de sua área protegida (Figura 1). Isso ocorre, porque, nessa região, o clima semi-árido condiciona a ocorrência da Caatinga – a formação mais representativa do Ceará (FIGUEIREDO, 1997; SOUZA *et al.*, 1979), que, no entanto, apresenta baixa riqueza de espécies proporcionalmente à vegetação litorânea e às formações florestais mais úmidas, e, como consequência disso, é pouco visada para a conservação biológica.

Durante muito tempo, a indefinição conceitual da biodiversidade dificultou sua aplicação para propósitos práticos, tais como influenciar políticas públicas e integrar a proteção da biodiversidade a planos de uso e ocupação territorial, o que frustrou a mobilização de esforços significativos de conservação. Na falta de uma alternativa, a riqueza de espécies foi utilizada como indicador de biodiversidade (*e.g.* BRASIL, 2002), o que gerou o cenário de desequilíbrio na conservação (comentado no parágrafo anterior). Na tentativa de reverter esse quadro, vários autores têm buscado operacionalizar o conceito de biodiversidade ou seja, abordá-lo como um sistema e de forma quantitativa, para que seja possível ter parâmetros consistentes e precisos de conservação e manutenção da biodiversidade, o que possibilitaria sua aplicação à política e ao planejamento de forma mais precisa e objetiva (REDFORD; RICHTER, 1999; SARKAR; MARGULES, 2002).

Nesse sentido, desde os anos 90 do século XX, a biodiversidade tem passado por intenso amadurecimento conceitual, rumo a uma concepção sistêmica, ao mesmo tempo menos reducionista e mais pragmática: a biodiversidade deixou de ser considerada apenas como a riqueza de espécies e passou a abranger toda a variedade biológica existente em cada nível de organização (genético, orgânico, específico, populacional, comunitário e ecossistêmico), bem como os processos e interações existentes em cada um deles. Essa concepção de biodiversidade permite a percepção de que, para se conservar a biodiversidade,

⁵ Calculado a partir de dados oficiais das Unidades de Conservação do Estado (BRASIL, 2009; CEARÁ, 2008).

não é suficiente que as espécies sobrevivam, mas é necessário que sejam mantidos os processos ecológicos que as mantêm (PULLIN, 2002; REDFORD; RICHTER, 1999; SARKAR; MARGULES, 2002).

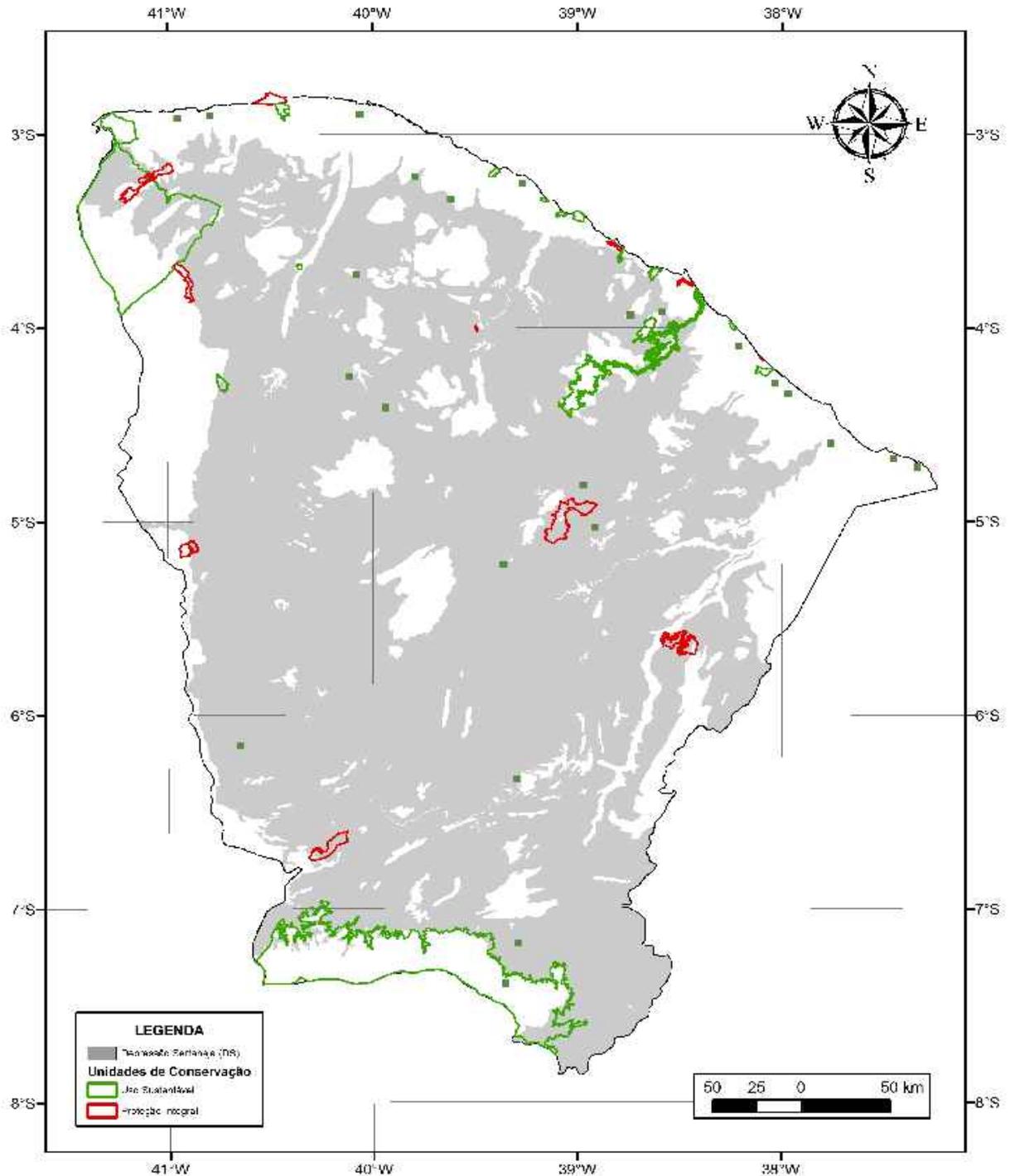


Figura 1. Mapa da distribuição espacial das unidades de conservação do Estado do Ceará. FONTE: Dados oficiais (BRASIL, 2009; CEARÁ, 2008). Obs.: As unidades que não possuem limites georreferenciados estão simbolizadas por quadrados verdes.

No que diz respeito à definição e operacionalização do conceito de biodiversidade, Redford & Richter (1999) foram os autores que, até agora, mais se aproximaram de uma concepção ao mesmo tempo sistêmica e pragmática da biodiversidade. Esses autores apresentaram a biodiversidade como uma entidade composta por três níveis de organização, chamados de “componentes”: genético, populacional e comunitário. Cada um deles funciona como um sistema, com elementos, estrutura e funcionamento próprios – chamados de “atributos” – embora esses sistemas não sejam independentes uns dos outros, mas apenas três níveis de abordagem para a mesma entidade. Paralelamente a essa visão sistêmica, os autores apresentam meios de quantificar cada um dos atributos (composição, estrutura e funcionamento) em cada nível de organização (Quadro 1) – o que comprova o pragmatismo do conceito.

Componente (Nível de organização)	Meios de quantificação		
	Composição (Diz respeito aos componentes de cada nível de organização)	Estrutura (Diz respeito à forma como se arranjam, se distribuem e se estruturam os componentes)	Funcionamento (Diz respeito à interação e ao comportamento dos componentes na natureza)
Genético	Diversidade de alelos, variações de cariótipo.	Tamanho efetivo da população; frequência dos alelos; sobreposição de gerações; hereditariedade.	Deriva genética; fluxo gênico; mutações; recombinações; seleção natural de alelos.
Populacional	Abundância, biomassa ou densidade; frequência, importância ou valor de cobertura das espécies.	Dispersão; área de ocorrência; configuração espacial de metapopulações; estrutura populacional.	Processos demográficos (fertilidade, taxa de recrutamento, sobrevivência, dispersão, natalidade, mortalidade); intercâmbio de metapopulações.
Comunitário	Presença, riqueza, frequência e abundância relativa de tipos de fragmento; proporção entre generalistas e especialistas; proporção entre formas de vida.	Tamanho, distribuição espacial e conectividade de fragmentos; estrutura trófica; fisionomia da vegetação; formato da rede de drenagem.	Resposta a perturbações; resiliência; padrões fluxo de matéria e energia; produtividade de biomassa; interações ecológicas; processos geomorfológicos e climáticos.

Quadro 1. Meios de quantificação de atributos da biodiversidade em diferentes níveis de organização biológica. FONTE: Adaptado de Redford & Richter (1999).

Esse conjunto de instrumentos que os autores propõem para quantificação dos componentes, estrutura e funcionamento da biodiversidade reforçam a percepção de grandeza, da complexidade e da gama de manifestações que ela assume, das quais a riqueza de espécies é apenas uma. A aplicação dessa visão sistêmica da biodiversidade deflagra o extremo reducionismo que se comete ao se utilizar a riqueza de espécies como único parâmetro de

quantificação e análise da biodiversidade, e gera, portanto, a necessidade de novas abordagens para a conservação, principalmente no que diz respeito à elaboração de diretrizes e políticas conservacionistas. A partir dessa visão mais ampla da biodiversidade, vários pesquisadores têm dado menos ênfase aos elementos (espécies) e cada vez mais reconhecido a importância dos processos ecológicos para a manutenção da própria biodiversidade e dos vários bens e serviços ambientais⁶, dos quais a humanidade desfruta e necessita para a sobrevivência. Essa demanda por uma prática conservacionista mais responsável e eficiente deu origem a uma nova corrente de pensamento na conservação: o Manejo de Ecossistemas, prática que tem sido amplamente difundida cientificamente e aplicada por agências conservacionistas (*e.g.* PIOANI; RICHTER, 1999; SARKAR; MARGULES, 2002; SCARAMUZZA *et al.* 2005, THE NATURE CONSERVANCY, 2000).

Os adeptos dessa prática priorizam a funcionalidade dos sistemas ecológicos a serem conservados. Portanto, eles defendem a centralização dos alvos conservacionistas nos processos ecológicos, pois acreditam que a “não extinção” das espécies não é suficiente para mantê-las a longo prazo. Para manter uma espécie, seria necessário manter também todas as principais interações delas com outros organismos e o ambiente. Essa nova lógica tira o sentido da utilização das espécies como alvos de conservação, pois, para conservar uma espécie, seria necessário conservar juntamente todas as outras espécies com as quais ela interage, bem como as condições do ambiente geofísico de que ela necessita. Desse modo, além das críticas referentes à má distribuição e à falta de critérios consistentes para alocação de unidades de conservação (*e.g.* PRESSEY, 1994; SCARANO, 2006), os “ecologistas de paisagem” têm questionado a definição de espécies como alvos de conservação ou mesmo procurado alvos alternativos (MAGNUNSSON, 2001; MOULTON; SOUZA, 2006; SARKAR; MARGULES, 2002; SCARAMUZZA *et al.* 2005; SIMBERLOFF, 1998).

A grande dificuldade de se conduzir estudos quantitativos sobre sistemas ecológicos e de se fazer o planejamento ou gestão da conservação em termos de manejo de ecossistemas, ou seja, com vistas à preservação de processos ecológicos, é a delimitação dos ecossistemas e o estabelecimento de parâmetros indicadores desses processos ecológicos (MOULTON; SOUZA, 2006; SCHWARTZ, 1999; SIMBERLOFF, 1998). Alguns autores, como Scaramuzza *et al.* (2005), trabalharam o planejamento do manejo de ecossistemas em espaços geográficos artificiais, no entanto essa prática não é bem vista pelos mais radicais (*e.g.* MOULTON; SOUZA, 2006), que questionam a própria funcionalidade ecológica de um

⁶ Condições naturais usufruídas gratuitamente pela humanidade que são advindas do saudável funcionamento dos sistemas climáticos e ecológicos, como temperaturas amenas, circulação atmosférica, fertilidade do solo, ciclo da água, qualidade da água, manutenção de estoques de recursos naturais (caça, pesca, madeira, etc.).

espaço não natural. Assim, muitos autores têm procurado alternativas para a delimitação dos sistemas ecológicos a serem preservados. Magnunsson (2001), entre outros, propõe o uso da bacia hidrográfica, também chamada de sistema de drenagem, como base para delimitação dos sistemas ecológicos. Sua utilização seria funcionalmente adequada, pois constitui um exemplo clássico de sistema aberto de matéria e energia, com limites bem definidos de entrada (divisores de água) e ponto de saída único – o leito principal (STRAHLER; STRAHLER, 1973). Segundo Moulton e Souza (2006):

“A bacia hidrográfica é uma unidade básica de ecossistema terrestre porque reúne partes do meio ambiente que interagem local e regionalmente através do fluxo de materiais e organismos, mediado pela água.”

Nessa unidade básica do ciclo hidrológico, a água e a gravidade comandam processos geomorfológicos e biogeoquímicos, moldando a topografia, microclimas e, conseqüentemente, a distribuição das espécies vegetais. Os rios e córregos são as principais vias de saída do sistema, e seus respectivos parâmetros biogeoquímicos constituem bons indicadores de poluição, desmatamento e de outros processos de degradação ambiental, os quais podem ser utilizados como parâmetros para monitoramento da qualidade ambiental do ecossistema ou como indicadores de sucesso de conservação, por meio da variabilidade histórica de seus registros. Nesse contexto, a bacia hidrográfica tem sido aceita por alguns pesquisadores como um sistema ecológico bem definido, apto a ser utilizado como unidade territorial para pesquisas e para a gestão ambiental (MOTA, 2008; MOULTON; SOUZA, 2006; SCHWARTZ, 1999).

Alguns ecólogos (e.g. MAGNUNSSON, 2001; MOULTON; SOUZA, 2006) têm defendido a idéia de que o planejamento e a gestão da conservação baseados em bacias hidrográficas devem ser um fundamento na Conservação Biológica. Segundo os autores, o funcionamento e a dinâmica da bacia deveriam orientar o uso do solo, a ocupação territorial e a localização das áreas de proteção – com ênfase na proteção de matas ciliares e a alocação de atividades impactantes longe dos cursos d’água para evitar a transmissão de impactos pelo seu fluxo, o que otimizaria a manutenção dos processos ecológicos, da biodiversidade e da qualidade ambiental.

A principal fragilidade da abordagem da conservação em termos de bacias hidrográficas é a pouca ênfase dada às espécies: nessa abordagem, a atenção primária dirige-se para os processos ecológicos (principalmente o ciclo da água e o balanço de sedimentos).

Dados empíricos mostram que alguns ecossistemas são capazes de manter seus processos ecológicos (ciclos de matéria e energia, ciclo da água, etc.) mesmo em estágio de degradação e com biodiversidade reduzida (SCHWARTZ, 1999). Assim, muitos autores (*e.g.* SIMBERLOFF, 1998, MARGULES; PRESSEY, 2000; THE NATURE CONSERVANCY, 2000) ressaltam a importância de um bom planejamento do processo de conservação e sugerem a integração de abordagens durante a definição de alvos e estratégias de conservação, contemplando tanto as espécies como processos ecológicos.

2.2 Influência do meio sobre a vegetação

A distribuição das espécies vegetais e a compreensão dos fatores que a determinam sempre foram uma preocupação humana. O desenvolvimento desse conhecimento teve início na Grécia Antiga, com discípulos de Platão e Aristóteles, e até meados do século XIX, restringiu-se a observações e constatações a respeito da forte associação entre variações climáticas (geográficas, temporais e sazonais) e a distribuição das espécies. Somente na segunda metade do século XX, estabeleceram-se as primeiras noções a respeito dos mecanismos de controle climático da distribuição das plantas. O botânico alemão Andreas F. W. Schimper (1856 – 1901) propôs que tal controle climático se daria por meio da intervenção em processos fisiológicos vegetais, e, desde então, vários de seus seguidores, entre eles Heinrich Walter desenvolveram estudos de natureza experimental que vieram a comprovar sua hipótese (WOODWARD, 1987).

Good (1953) elaborou a “Teoria da Tolerância”, segundo a qual as espécies vegetais somente são capazes de sobreviver e reproduzir-se com sucesso dentro de determinadas amplitudes de variação climática e pedológica, de modo que sua distribuição seria coincidente com a extensão geográfica desses condicionantes ambientais – uma constatação lógica decorrente das descobertas de Schimper e Walter. A partir de sua teoria e de estudos de caso sobre distribuição de espécies em diferentes condições ambientais, o autor determina uma hierarquia de importância dos fatores ambientais sobre a distribuição vegetal, envolvendo histórico evolutivo, fatores climáticos, pedológicos, ecológicos, entre outros.

Segundo Good (1953), a temperatura é o fator mais importante para o controle da distribuição das plantas, atuando como principal limitante para os vegetais. Primeiramente, sua diminuição inviabilizaria a produção de sementes e frutos – que, por sua vez, poderia prejudicar os fenômenos de reprodução e dispersão; mas, em casos extremos, poderia

provocar a morte da planta devido às injúrias irreversíveis causadas pelo congelamento a seus tecidos. O segundo fator mais importante seria a umidade, medida principalmente pela precipitação e seus regimes anuais. A importância das propriedades do solo foi atribuída à sua interação com o sistema radicular: basicamente a fixação mecânica, a absorção de água e de nutrientes. Além desses fatores climáticos e pedológicos primários, Good (1953) comenta a respeito da fisiografia e de sua respectiva influência sobre pedogênese e clima – influenciando a temperatura de modo similar à latitude (Figura 2), com um decréscimo de aproximadamente 1 °C para cada 200 m de altitude.

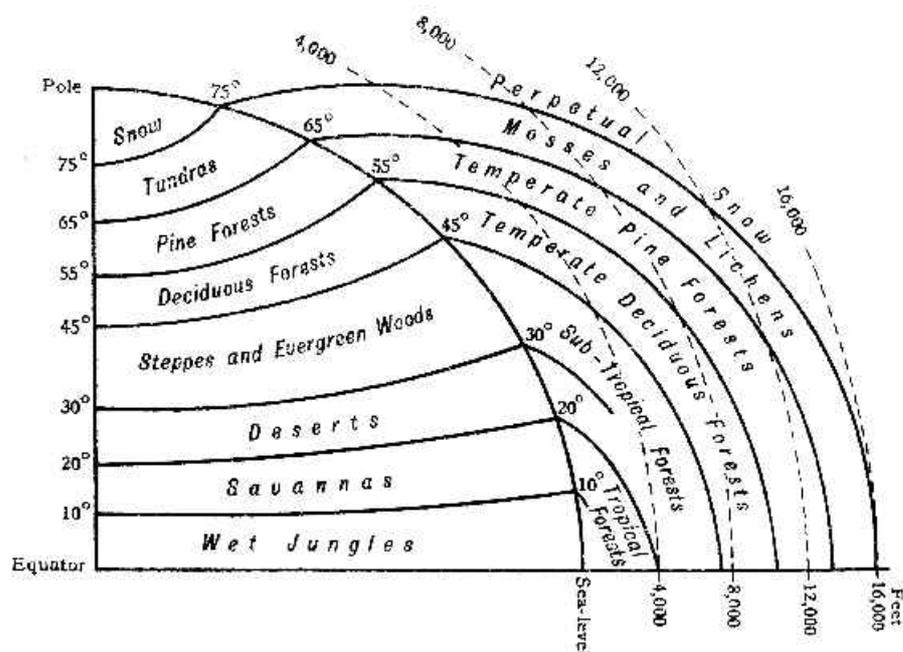


Figura 2 – Diagrama das zonas latitudinais (y), altitudinais (x) e respectivas fisionomias vegetais do globo terrestre. FONTE: Good (1953)

Woodward (1987) dissertou exclusivamente sobre a influência do clima sobre a distribuição das plantas em escala global. O autor conclui que a radiação solar é o fator mais importante, pois, além de estar diretamente relacionada com a realização de fotossíntese (processo central na vida vegetal), é um fator determinante para os padrões de circulação de massas de ar, dos regimes térmicos e pluviométricos em escala global. O autor demonstrou matematicamente que o porte de uma formação vegetal depende basicamente da radiação solar incidente e do Índice de Área Foliar (IAF) da vegetação – um medida de sua capacidade de interceptar a radiação solar. Desse modo, justifica-se o decaimento gradual do porte das formações vegetais desde o equador até os pólos do planeta (Figura 2), em um padrão similar ao da própria radiação solar incidente (Figura 3). Paralelamente ao decréscimo da radiação

solar e do porte vegetacional do equador até pólos, ocorre um aumento no IAF – como um mecanismo compensatório para a manutenção de taxa fotossintética.

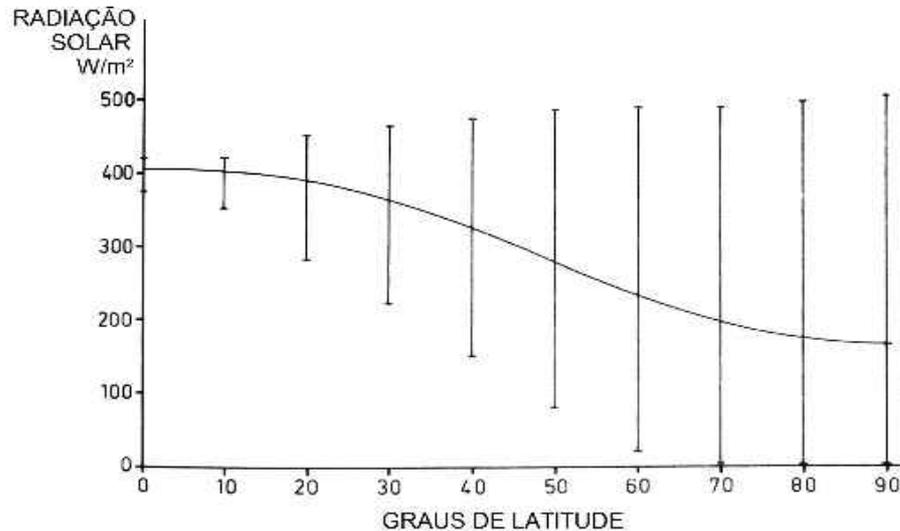


Figura 3. Amplitudes e médias anuais de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre em diferentes latitudes do Planeta. FONTE: Adaptado de Woodward (1987).

Nesse contexto, o papel da disponibilidade hídrica na determinação do porte, fisionomia e distribuição vegetal está relacionado com o próprio IAF. Por meio de modelos matemáticos, o autor demonstrou que, para que uma folha se expanda, há necessidade de um potencial hídrico positivo. Desse modo, o IAF é diretamente proporcional à disponibilidade hídrica – fato já comprovado empiricamente em diferentes regiões do mundo pela correlação existente entre IAF e precipitação.

Woodward (1987) reconhece três mecanismos de ação da temperatura sobre a distribuição de fisionomias e formações vegetais, sendo o primeiro deles a sua influência sobre o potencial hídrico, e conseqüentemente sobre o IAF: baixas temperaturas diminuem o potencial hídrico, limitando a expansão foliar (IAF), enquanto que altas temperaturas o aumentam, favorecendo a expansão (IAF). Os outros mecanismos estariam relacionados com dois efeitos do decréscimo excessivo da temperatura: a formação de cristais de gelo e bolhas de ar no xilema (seca fisiológica) e o próprio congelamento das células, provocando danos irreversíveis à planta. Tais efeitos são minimizados por adaptações fenológicas – como a caducifolia de inverno, morfológicas – como a forma das folhas, e fisiológicas – como o metabolismo secundário, que evita a queda de temperatura utilizando parte da energia que poderia ser aproveitada para o crescimento vegetal (Quadro 2). Desse modo, o autor conclui que as espécies de clima quente são exclusas de ambientes frios por não possuírem adaptações

para evitar os efeitos adversos do resfriamento ou do congelamento, enquanto que as espécies de frio são exclusas (imperfeitamente) dos ambientes quentes devido à sua baixa competitividade, oriunda do desvio energético do metabolismo.

Temperatura Mínima (°C)	Fenômeno limitante	Fisionomia dominante esperada
$T > 15$	-	Latifoliada perene (com precipitação adequada)
$- 1 < T < 15$	Resfriamento	Latifoliada perene (com precipitação adequada)
$- 15 < T < 0$	Congelamento	Latifoliada perene
$- 40 < T < - 15$	Congelamento	Latifoliada decídua
$T < - 40$	Congelamento	Aciculifoliada perene e decídua (Coníferas)

Quadro 2. Fisionomia vegetal dominante esperada conforme a temperatura mínima do regime térmico anual. FONTE: Adaptado de Woodward (1987).

Ao dissertar sobre a influência da umidade sobre a vegetação, Rizzini (1997) comenta que mais importante do que a precipitação anual de determinada região é a sua distribuição ao longo do ano, ou seja, a proporção entre meses secos e meses úmidos⁷ durante o ano. Este atributo é crucial para a existência de sazonalidade hídrica, que afeta tanto a flora (espécies menos ou mais tolerantes ao déficit hídrico) como o porte e a fisionomia da vegetação – como é o caso da Caatinga, formação vegetal condicionada por um regime hídrico de não mais do que seis meses úmidos por ano. Sobre a influência dos solos sobre a vegetação, o autor descreve padrões de infiltração, acumulação e disponibilidade de água em diferentes tipos de solo, ressaltando, para isso, a importância do ponto de murcha permanente das plantas, da capacidade de campo e da textura do solo. Rizzini fala ainda dos efeitos da composição, textura e compacidade do solo para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O autor aborda ainda os efeitos da carência e do excesso de alguns elementos químicos para as plantas, com destaque para nitrogênio, fósforo, alumínio e cálcio. Segundo o autor, nitrogênio e fósforo atuam como fatores limitantes principalmente pela carência: a carência de nitrogênio poderia levar à esclerofilia e à baixa produção de folhas, enquanto que, em níveis excessivos, poderia inibir a frutificação; e a carência do fósforo estaria associada a baixos teores de proteína e altos teores de fibras, mas não a esclerofilia. Os outros dois elementos atuam como fatores limitantes apenas quando em excesso, ambos condicionando a esclerofilia; no caso do cálcio, devido ao aumento do pH e à formação de sais que poderiam atuar dificultando a penetração das raízes no solo, enquanto que, no caso do alumínio, seria devido à sua toxicidade (em torno de 10 a 20 ppm).

⁷ O autor cita várias tentativas de conceituação de meses secos/úmidos. Os mais simples e mais utilizados são o de Mohr, que considera um mês seco aquele com menos do que 60 mm de precipitação, e o de Gaussen, que conceitua mês seco como aquele cuja precipitação é igual ou menor do que o dobro da respectiva temperatura.

Barnes *et al.* (1998) discorrem em detalhes sobre o efeito da fisiografia e do solo sobre as vegetações. Além do efeito orográfico já mencionado por Good (1953) e Woodward (1987), os autores explicam como a fisiografia (e o clima associado a ela) influenciam a pedogênese, determinando erosão ou aporte de nutrientes e sedimentos devido a gradientes gravitacionais. Uma vez que o próprio solo deriva da ação do clima e da vegetação sobre a rocha matriz em uma determinada condição de relevo, os autores apresentam algumas correlações entre clima, vegetação e solo em escala global (Quadro 3).

	Tipo Climático	Formação Vegetal	Solos associados	Solo correspondente*
Ar	Tropical Úmido	Floresta Pluvial Tropical	Oxissolos	Latossolos
Aw	Tropical Úmido com estação seca	Floresta Tropical Decídua ou Savana	Oxissolos	Latossolos
BS	Semi-árido (tropical, subtropical ou temperado)	Campos	Molissolos, Aridissolos	Chernossolos e Luvisolos
BW	Árido (tropical, subtropical ou temperado)	Arbustos e gramíneas esparsos	Aridissolos	Luvisolos
Cs	Subtropical com verão seco	Mata Esclerófila	Entissolos, Inceptissolos	Cambissolos e Neossolos
Cf	Subtropical úmido	Florestas Coníferas e mistas (coníferas-decíduas)	Ultissolos	Argissolos
Do	Temperado Oceânico	Florestas Coníferas	Alfissolos	Planossolos e Nitossolos
Dc	Temperado Continental	Florestas decíduas e mistas (coníferas-decíduas)	Alfissolos	Planossolos e Nitossolos
E	Boreal	Floresta Boreal de Coníferas (Taiga)	Espodossolos e Histossolos	Espodossolos e Organossolos
Ft	Polar	Tundra (sem árvores)	Entissolos, Inceptissolos e Histossolos	Cambissolos, Neossolos e Organossolos

Quadro 3. Associações entre tipos climáticos, classes de solo e fisionomias vegetais em escala global. FONTE: Adaptado de Barnes *et al.* (1998).

(*) Coluna de equivalência no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os autores discutem ainda a importância de propriedades físicas e químicas do solo para a efetiva disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Com exceção do carbono, oxigênio e hidrogênio, todos os nutrientes⁸ necessários para o desenvolvimento das plantas terrestres vêm do solo (Quadro 4).

No solo, esses elementos químicos encontram-se principalmente na forma de cátions, adsorvidos às mistelas de argila ou em solução aquosa, quando se desprendem delas e são absorvidos pelas plantas. A partir dessa constatação, Barnes *et al.* (1998) generalizam que a Capacidade de Troca de Cátions do solo (CTC) está diretamente relacionada ao teor de argila do respectivo solo e ao tipo de mineral que a constitui – previsão confirmada por dados empíricos. Assim, solos mais evoluídos e/ou lixiviados tendem a ser mais ácidos e quimicamente menos férteis. Isso ocorre porque, à medida em que as plantas absorvem os

⁸ A depender de sua concentração no organismo vegetal, os nutrientes são classificados como macro ou micronutrientes.

cátions da solução aquosa do solo, outros cátions são liberados das misturas de argila (o que mantém a concentração da solução aquosa), conforme sua hierarquia de afinidade: $Al^{3+} > H^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$.

Elemento Químico	Função bioquímica	Fonte	Forma Assimilada	Concentração foliar (%)
Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O)	Estrutura molecular básica de todos os compostos biologicamente ativos	Atmosfera / Água	CO_2 / H_2O	90 - 98
Nitrogênio (N)	Ácidos nucleicos, aminoácidos, clorofila, alcalóides e antocianinas	Matéria Orgânica / Atmosfera	NH_4^+ / NO_3^-	1 - 4
Fósforo (P)	Ácidos nucleicos, nucleotídeos, fosfolípidos	Solo Mineral / Matéria Orgânica	$H_2PO_4^-$	0,1 - 0,4
Potássio (K)	Co-fator enzimático, regulação osmótica, balanço iônico da célula	Solo Mineral / Matéria Orgânica	K^+	1
Cálcio (Ca)	Síntese de Pectina, ativador enzimático, constituinte da parede celular	Solo Mineral	Ca^{2+}	0,8
Enxofre (S)	Aminoácidos, proteínas e sulfolípidos	Atmosfera / Solo Mineral / Matéria Orgânica	SO_4^{2-}	0,2
Magnésio (Mg)	Clorofila, co-fator enzimático	Solo Mineral	Mg^{2+}	0,2

Quadro 4. Funções orgânicas e fontes de obtenção dos principais elementos químicos necessários para o desenvolvimento vegetal (macro e micronutrientes). FONTE: Adaptado de Barnes *et al.* (1998).

Em uma macro-escala temporal, há uma tendência de que se esgotem os cátions mais solúveis, levando a uma crescente solubilização dos cátions de hidrogênio e alumínio, provocando diminuição do pH e levando o solo a um novo equilíbrio catiônico, com alta concentração de Al^{3+} , trazendo efeitos adversos para as plantas, como a redução do alongamento radicular, a interrupção do funcionamento do plasmalema e até a morte dos meristemas radiculares. Nesse estágio de evolução, a acidez do solo é intensificada pelos ácidos formados durante a degradação da matéria orgânica. A queda excessiva do pH provoca ainda a diminuição da atividade microbiológica (responsável pela mineralização da matéria orgânica) e da solubilidade de minerais – diminuindo sua disponibilidade para as plantas (Figura 4).

Lira (1979 *apud.* SANTOS, 1987) e Gomes (1980) realizaram os primeiros trabalhos sobre a relação entre atributos vegetacionais e pedológicos no contexto semi-árido nordestino – ambos na região dos Cariris Velhos (PB), área que incluiu Solos Litólicos Eutróficos (Neossolos Litólicos), Podzólicos (Argissolos), Brunos Não-Cálcicos (Luvisolos), Vertissolos e Planossolos. Gomes (1980) analisou a semelhança entre 10 comunidades vegetais da região por meio de ordenação polar de descritores vegetacionais, pedológicos e climáticos. Paralelamente, foram testadas as correlações lineares entre atributos vegetacionais e ambientais. Os atributos vegetacionais utilizados foram a densidade e a altura das espécies

dominantes na comunidade. Quanto aos atributos ambientais, além da precipitação média anual, foram analisadas quatro características pedológicas: permeabilidade do solo, espessura da camada superficial, conteúdo de silte e argila da camada superficial e da camada subsuperficial. Em cinco das seis espécies dominantes, foi observado algum tipo correlação significativa com a precipitação (densidade e/ou altura), em sua maioria, com um coeficiente de correlação altamente significativo ($p < 0,01$); enquanto que somente 3 espécies apresentaram algum tipo de relação significativa ($p < 0,05$) com aspectos pedológicos.

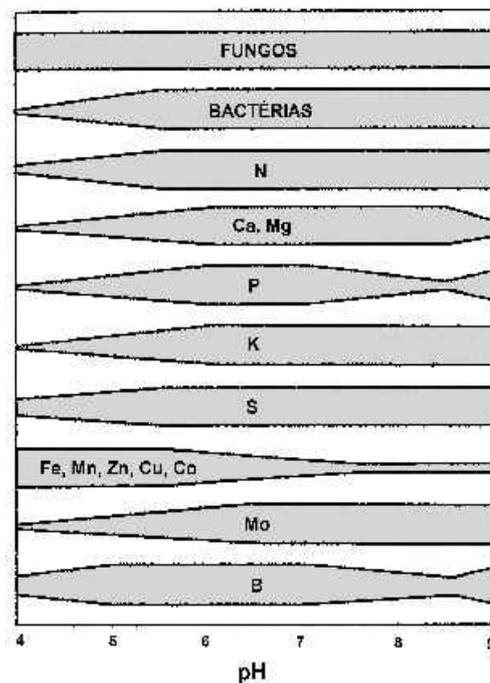


Figura 4. Variação na atividade microbológica e na disponibilidade de macro e micronutrientes no solo em função do pH. FONTE: Barnes *et al.* (1998).

Santos (1987) estudou as relações entre solos e atributos vegetacionais da Caatinga de sete áreas de Parnamirim (PE). Os solos analisados foram classificados como Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico latossólico (Argissolo), Bruno Não-Cálcico Solódico (Luvissole), Bruno Não-Cálcico Litólico (Luvissole), Planossolo Solódico, Vertissolo Solódico, e Regossolo Eutrófico (Neossolo Regolítico). Por meio de regressão simples, o autor analisou a relação entre 6 atributos vegetacionais (entre eles, altura máxima, densidade e riqueza de espécies); e 27 atributos pedológicos (granulometria, profundidade, disponibilidade hídrica, carbono, complexo sortivo, nitrogênio, fósforo entre outros). O autor obteve apenas quatro correlações significativas ($p < 0,05$), julgadas incoerentes e incapazes de explicar as variações observadas nos atributos vegetacionais das sete áreas estudadas. A falta de correlações significativas do trabalho foi atribuída ao método estatístico utilizado (regressão

simples), incapaz de detectar correlações individuais, uma vez que estas estariam mascaradas por sua atuação conjunta sob a vegetação.

Silva (1991) estudou as relações solo-vegetação na região do Baixio de Irecê (BA), nos municípios de Xique-xique e Santo Sé. O autor analisou a vegetação de Caatinga distribuída em quatro tipos de solo: Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), Cambissolos, Podzólicos (Argissolos) e Vertissolos. Foram coletados dados de densidade, frequência, diâmetro, altura, profundidade, espessura e distribuição das raízes, bem como dados de profundidade do solo, granulometria, complexo sortivo, pH e conteúdo de matéria orgânica. Vários gradientes florísticos foram detectados e a semelhança entre a presença/ausência de espécies em cada tipo de solo, não se mostrou significativa, com valores de semelhança que variaram somente de 57% a 85%. No entanto, a densidade de espécies foi, significativamente, menor na área de Vertissolo, tendo, nessa área, os coeficientes de semelhança sido, significativamente, menores do que das outras áreas entre si. Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para analisar o grau de influência de fatores pedológicos sobre os caracteres vegetacionais acima descritos. Apesar de as alturas médias das vegetações das diferentes áreas (solos) terem sido bastante similares, a altura foi significativamente maior na área de solo Podzólico (Argissolo), e, significativamente, menor na área de Vertissolo (ambos $p < 0,05$). Na análise dos sistema radicular de *Commiphora leptophloeos*, o autor observa que a penetrabilidade das raízes é, significativamente, influenciada pelo tipo de solo: enquanto que, nas Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), suas raízes atingem a profundidade de 115 cm, nos demais tipos de solo, cerca de 70% das raízes encontram-se até 30 cm de profundidade, nunca ultrapassando os 75 cm. Na ausência de mais resultados, estatisticamente, significativos, o autor deteve-se em comentários de causa-efeito entre características pedológicas e vegetacionais, atribuindo a diversidade florística existente entre as áreas estudadas a características químicas do solo, como soma de bases (S), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e saturação por bases (V); e os baixos valores de densidade, altura e riqueza de espécies na área de Vertissolo à alta atividade de sua argila, que, com seus movimentos de expansão e retração, contribui para o rompimento das raízes mais fracas.

Moreno & Schiavini (2001) estudaram a relação entre atributos pedológicos e fisionomias de Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG), situada entre 750 e 830 m de altitude. Os autores estabeleceram transectos de amostragem ao longo de um gradiente de fisionomias: Mata de Galeria, Floresta Mesófila Semidecídua (encosta) e Cerradão. Ao todo, foram amostradas 221 parcelas de 100 m², com três amostras de solo em cada parcela (0 – 20 cm). Não foram analisadas correlações, estatisticamente, significativas

entre solo e vegetação, mas os atributos pedológicos foram interpolados e mapeados. Os autores analisaram os resultados pela sobreposição do mapa de fisionomias e dos atributos pedológicos. Foi observado que a Mata de Galeria (mata ciliar) apresentou valores, significativamente, maiores de matéria orgânica, fósforo, argila e CTC. Os autores constataram gradientes inversos de fertilidade química (decrecente) e de alumínio (crescente) da Floresta Estacional para o Cerrado, onde as bases trocáveis atingem valores quase nulos e o alumínio trocável, 4 a 7 mmol_c/dm³. Esta fisionomia pareceu ainda estar associada a baixos valores de pH, enquanto que não houve associação perceptível entre granulometria e distribuição das fisionomias.

Botrel *et al.* (2002) estudaram as relações entre topografia, solos, flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea na Mata da Ilha, Ingaí (MG). A região possui médias anuais entre 19 e 20 °C para temperatura e 1.200 a 1.500 mm para precipitação. Foram analisadas duas variáveis topográficas: altitude (cotas médias) e desnível (diferença entre cotas). Os autores analisaram 25 parcelas de vegetação (DAP ≥ 5 cm), totalizando 1 hectare. Em cada parcela, foram coletadas amostras de solo superficial (0 – 20 cm) para análise dos seguintes atributos: granulometria, pH, teores de P, K, Ca, Mg e Al, saturação por bases e matéria orgânica. As fisionomias encontradas no trabalho foram Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Floresta Estacional Semidecidual Montana, e Savana Florestada (cerradão). Os valores das análises pedológicas foram confrontadas com os dados fitossociológicos por meio de Análise de Correspondência Canônica (CCA). Como resultado, os autores observaram que as variáveis ambientais mais fortemente correlacionadas com os eixos da análise foram (em ordem decrescente) classe de drenagem, saturação por bases (V), teor de alumínio, proporção de areia; que as inter-relações entre V e Al³⁺, e entre drenagem e V, mostraram-se moderada a fortemente correlacionadas entre si; e que muitas propriedades do solo podem estar associadas a padrões topográficos, devido à exportação de matéria do topo para as baixadas. O padrão observado foi de maior fertilidade química e disponibilidade hídrica nas baixadas, em contraste com baixa fertilidade química, altos teores de alumínio e menor disponibilidade hídrica nos topos.

Martins *et al.* (2003) estudaram as correlações entre a distribuição de espécies arbóreas (DAP ≥ 4,8 cm) e variações de textura e fertilidade química do solo em um gradiente topográfico num fragmento de Floresta Estacional Semidecídua em Viçosa (MG). Os autores amostraram 0,5 ha de vegetação e 20 amostras de solo (0 – 20 cm). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de Análise de Agrupamento e Análise de Correspondência Canônica (CCA). As variáveis que apresentaram maiores coeficientes de

correlação com a distribuição das espécies foram magnésio, cálcio, potássio e fósforo, alumínio e areia fina ($|r| > 0,700$), com maior abundância de espécies típicas de cerrado em regiões com baixa fertilidade química e alto teor de alumínio. Assim como Botrel *et al.* (2002), os autores constataram ainda que os padrões de fertilidade química e de textura estavam associados às condições topográficas em forma de gradiente – provavelmente devido à tendência gravitacional de transporte – com baixadas de morro apresentando alta fertilidade química e baixos teores de alumínio e os topos com condições inversas.

Rossi *et al.* (2005) estudaram as inter-relações solo-vegetação no Parque Estadual Porto Ferreira (SP) – área com predomínio de Latossolos e Argissolos onde ocorrem fisionomias de Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado. Especificamente nesse caso, o mapeamento das fisionomias vegetais sobrepõe-se, harmonicamente, ao mapeamento de associações de solos. Buscando nos fatores pedológicos uma explicação para a correspondência do padrão da vegetação, os autores analisaram solos e vegetação em duas toposseqüências. Os solos foram analisados por meio de abertura de trincheiras (até 2 m de profundidade) e tradagem, enquanto que a vegetação foi amostrada por meio de fotos aéreas, aspectos estruturais e florísticos. Os autores observaram que, em geral, os Latossolos distróficos (onde o solo apresentou menor capacidade de retenção de água e alta saturação por alumínio) associam-se com a vegetação predominante de Cerrado; os Argissolos Eutróficos (com maior teor de argila, maior capacidade de retenção de água e maior conteúdo superficial de matéria orgânica e nutrientes) associaram-se com a vegetação de Floresta Estacional, enquanto que os Neossolos Flúvicos distróficos associaram-se com a mata ciliar. Os autores concluíram, no caso estudado, que os fatores pedológicos mais importantes para a distribuição das fisionomias foram o teor de argila, a capacidade de retenção de água e a disponibilidade de elementos químicos.

Costa-Filho, Nanni & Campos (2006) estudaram florística e fitossociologia de 2 fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica do Caiuá (PR) – bem como suas correlações com fatores pedológicos. O levantamento fitossociológico abrangeu 75 parcelas, totalizando 2,25 ha. Foram coletadas 45 amostras de solo com até 1 m de profundidade – com as quais foram determinados os seguintes atributos: textura, pH, Al^{3+} , H^+ , Ca^{2+} , Mg^+ , K^+ , P, C e micronutrientes. Os solos foram classificados como Gleissolos Tiomórficos e Neossolos Flúvicos no primeiro fragmento e Argissolos Vermelhos Eutróficos no segundo. Os dados foram submetidos à Análise de Correspondência Retificada (DCA). A análise de correspondência separou, conspicuamente, as vegetações dos dois fragmentos. As texturas dos dois solos também foram, significativamente, diferentes ($p > 0,05$), com os

Argissolos apresentando menor teor de argila e maior de areia grossa, e o padrão oposto para os Neossolos Flúvicos e Gleissolos. A região de Argissolos Vermelhos Eutróficos apresentou-se menos ácida, com menor teor de alumínio, menor soma de bases e menor matéria orgânica. Os autores observaram que as áreas de Argissolo apresentaram maior riqueza de espécies e famílias, no entanto detectaram correlações significativas apenas entre atributos físicos do solo e os valores de importância das espécies.

O efeito da fisiografia sobre a vegetação, no contexto do semi-árido nordestino, é bem ilustrado por Araújo *et al.* (2006a) e Araújo *et al.* (2006b). Os trabalhos analisaram, respectivamente, o efeito da variação topoclimática sobre a fisionomia e arquitetura da vegetação e sobre a composição florística no Maciço de Baturité (CE). Em ambos os trabalhos, foram encontradas conspícuas diferenças entre as vertentes barlavento e sotavento, e, em uma mesma vertente, entre diferentes intervalos de altitude. Na vertente barlavento, que recebe massas de ar úmido vindas do litoral, foi registrada somente a Fisionomia de Floresta Ombrófila Montana (perene) – associada a solos distróficos, enquanto que a vertente sotavento, que recebe massas de ar seco (já passado o efeito orográfico), apresentou majoritariamente a fisionomia de Floresta Estacional (decídua ou semidecídua) – em geral, associada a Argissolos eutróficos (Araújo *et al.* 2006b). Quanto à composição florística, a vertente barlavento (incluindo o topo) apresentou riqueza de 345 espécies e 81 famílias, enquanto que a vertente sotavento, apenas 116 espécies pertencentes a 49 famílias. Os autores ressaltam que 72% das espécies inventariadas ocorreram apenas na vertente barlavento e topo da Serra e que somente 10% das espécies ocorreram em ambas as vertentes. A altitude, fortemente relacionada com a manifestação do efeito orográfico, devido ao limiar térmico de condensação, mostrou forte influência sobre a distribuição das espécies. Os autores verificaram que, na vertente úmida, 56% das espécies ocorreram somente acima da altitude de 800 m. O mesmo padrão (de aumento da riqueza com a altitude) foi constatado na vertente sotavento. Foi ainda observado que, na vertente sotavento, até a altitude de 600 m, as espécies mais freqüentes eram espécies típicas de Caatinga (*Aspidosperma pyrifolium*, *Bauhinia cheilantha*, *Croton blanchetianus*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, etc. – não encontradas na vertente barlavento), refletindo a condição de déficit hídrico dessa vertente.

Ferreira *et al.* (2006) estudaram a relação entre solo e vegetação na mata da bacia do Ribeirão das Anhumas, na região metropolitana de Campinas (SP). A região inclui fisionomias de Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Higrófila e Cerrado. Assumindo homogeneidade climática em toda a área de estudo, os autores consideraram apenas o solo como fonte de variabilidade entre as formações vegetais. Apesar de apresentarem apenas

resultados preliminares (faltando coleta de algumas amostras e de análises estatísticas), os autores observaram que, na Floresta Estacional Semidecídua, a riqueza de espécies parece estar associada positivamente com valores de saturação por bases (V) e negativamente com valores de saturação por alumínio (m), ao contrário do Cerrado, que apresenta associações inversas – sendo, segundo os autores, uma formação vegetal adaptada a essa condição.

Amorim & Batalha (2008) estudaram a influência de fatores químicos do solo sobre a densidade de espécies de comunidades herbáceas do Cerrado do Parque Nacional das Emas (GO) por meio de regressão múltipla. Os autores amostraram a densidade de espécies de comunidades herbáceas de 30 parcelas de 1 x 1 m². Em cada parcela, coletaram amostras de solo a quatro intervalos de profundidade (0-5 cm; 5-25 cm; 40-60 cm, e 60- 80 cm), as quais submetem a análises de matéria orgânica, fósforo, alumínio extraível, potássio e pH. A profundidade que apresentou maiores coeficientes de correlação foi a mais superficial (0-5 cm). Nessa profundidade, os atributos pedológicos que apresentaram maior correlação com a densidade de espécies foram alumínio trocável e pH. Os autores comentam que o alumínio trocável diminuiria a disponibilidade de nutrientes para as plantas por dificultar a absorção de fósforo, magnésio e cálcio, além de ser tóxico para a planta em concentrações mais altas. Mesmo assim, ao contrário do que os autores esperavam, o teor de alumínio apresentou-se positivamente correlacionado à densidade de espécies ($p < 0,01$). Os autores atribuíram o resultado inesperado à limitação de nutrientes, que, limitando o crescimento individual, poderia permitir a coexistência de mais espécies. Já o pH apresentou correlação negativa em relação à densidade de espécies ($p < 0,05$) – resultado esperado para regiões tropicais.

2.3 Compartimentação Ambiental

O zoneamento ambiental é um instrumento de planejamento que caracteriza e organiza o espaço geográfico, subsidiando a tomada de decisões que podem intervir, de modo significativo, no meio ambiente e na sociedade. Sua potencialidade faz com que seja, inclusive, utilizado pelo poder público brasileiro como instrumento legal de normatização da ocupação territorial (Lei Federal n.º 6.938/1981). A prática consiste na compartimentação da área estudada em subunidades homogêneas (unidades, zonas ou compartimentos) em cujos limites se constata homogeneidade interna, ou seja, estrutura e funcionamento semelhantes na escala de estudo. Os compartimentos são delimitados pela análise integrada de dados ambientais, pelo agrupamento de componentes, fatores e atributos ambientais que possuem alto grau de associação dentro de uma paisagem. Assim, os compartimentos delimitados

possuem diferenças significativas nas variáveis analisadas, ao passo que, dentro de um determinado compartimento, as mesmas variáveis não apresentam variações significativas (desde que respeitada a escala de estudo), ou seja, os compartimentos diferem entre si, mas são internamente homogêneos (SANTOS, 2004; SILVA *et al.* 2006).

A compartimentação e o diagnóstico dos compartimentos são obtidos pela análise integrada de vários aspectos do ambiente – realizada, basicamente, por meio de três métodos: a sobreposição de cartas temáticas sobre mesa de luz; a sobreposição de cartas temáticas com agregação de dados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG); ou pela análise multivariada dos dados ambientais – sendo os dois últimos os mais utilizados atualmente, inclusive de forma complementar. Com o diagnóstico de cada compartimento, é possível identificar as respectivas potencialidades, vocações e fragilidades naturais, bem como as relações sociedade-economia-natureza, possibilitando o uso racional e planejado do território (SÁNCHEZ, 2008; SANTOS, 2004; SILVA *et al.* 2006; 2007).

Com a ênfase sobre heterogeneidade, representatividade e funcionalidade na Conservação Biológica, desde o fim dos anos de 1990, o zoneamento ou simplesmente a compartimentação ambiental têm sido utilizados como ferramentas subsidiárias do planejamento conservacionista por facilitar a alocação de reservas, a indicação de áreas prioritárias de conservação e áreas destinadas à recuperação ambiental (e.g. SCARAMUZZA *et al.* 2005). A lógica que norteia o uso do zoneamento na conservação é de que a vegetação e flora são produtos diretos da variação geográfica dos fatores ambientais, logo o mapeamento geográfico da heterogeneidade ambiental (*habitats*) pode apontar diferenças entre formações vegetais, fisionomias e mesmo comunidades biológicas, poupando os dispendiosos esforços dos levantamentos fitossociológicos em grandes extensões territoriais.

É conhecido que as espécies que possuem padrões de tolerância parecidos tendem a ocorrer associadas em determinado habitat, constituindo uma comunidade biológica, sendo esse “habitat” ocupado por uma comunidade denominada de biótopo (WHITTAKER *et al.* 1973). Considerando que os compartimentos ambientais delimitados no zoneamento podem constituir biótopos e abrigar até mesmo comunidades biológicas diferentes, Scaramuzza *et al.* (2005) executaram um trabalho pioneiro no Brasil no que diz respeito ao planejamento estratégico da conservação. Os autores buscaram contemplar, basicamente, três princípios ao planejamento da conservação: a representatividade, a funcionalidade e a eficiência. Pela sobreposição de cartas temáticas de formações vegetacionais e unidades geomorfológicas, os pesquisadores delimitaram 96 unidades fitogeomorfológicas, com condições geoambientais e comunidades biológicas distintas no Estado de Goiás. Simultaneamente, foi estudado o grau

de conservação dos fragmentos de vegetação nativa e sua respectiva vulnerabilidade. Com base nesses dados, no mapeamento das unidades de conservação já implementadas e nos padrões de uso do território, os autores implementaram um sistema de suporte à tomada de decisões e propuseram um plano de manejo com novas áreas prioritárias, áreas de restauração e corredores ecológicos, contemplando todas as zonas.

O trabalho de zoneamento pioneiro no Ceará foi a “Compartimentação Topográfica do Ceará” (SOUZA *et al.* 1979), que serviu de subsídio a trabalhos posteriores como a compartimentação territorial do Estado (LIMA *et al.* 2000). Com o intuito de indicar diretrizes de utilização do solo no Estado, Souza *et al.* (1979) o compartimentaram em nove unidades (Tabela 1) – procedimento para o qual levaram em conta aspectos do relevo, altitude e clima e suas respectivas implicações sócio-econômicas.

Tabela 1. Extensão territorial dos compartimentos topográficos do Estado do Ceará.

Unidades	Área (km ²)	Área (%)
1 Planície litorânea	746	0,50
2 Tabuleiros sub-litorâneos	14.484	9,79
3 Depressão sertaneja	101.992	68,91
4 Chapada do Apodi	2.146	1,45
5 Chapada do Araripe	2.586	1,75
6 Planalto da Ibiapaba	8.014	5,41
7 Maciços residuais cristalinos	11.402	7,70
8 Cristas residuais e inselbergs	2.306	1,56
9 Planícies fluviais	4.340	2,93
TOTAL	148.016	100,00

FONTE: Souza *et al.* (1979).

A compartimentação topográfica evoluiu para a “Compartimentação Territorial do Ceará” (LIMA *et al.* 2000) – um esboço de zoneamento geoambiental no qual os autores dividem o Estado em 20 unidades geoambientais. Trata-se de um estudo multidisciplinar mais profundo que a compartimentação topográfica, levando em conta, além dos aspectos físicos do ambiente, aspectos morfogênicos, pedológicos, biológicos e socioeconômicos – possibilitando a análise do potencial geoambiental, limitações de uso dos recursos, vulnerabilidade ambiental e vocação econômica sustentável para cada uma das 20 unidades. A compartimentação territorial então subsidiou estudos mais detalhados como o “Zoneamento Geoambiental do Ceará” (FUNCEME, 2006), o zoneamento ecológico-econômico do Estado (ainda em execução), além de trabalhos de menor amplitude geográfica como o Diagnóstico da Zona Costeira (CAMPOS *et al.* 2003), e o Zoneamento Ecológico-Econômico do Açude Castanhão (CEARÁ, 2006).

Apesar de o zoneamento proporcionar uma abordagem conservacionista muito mais completa e de o poder público vir se utilizando dele como instrumento legal para o planejamento de ações e políticas públicas relativas à indústria, comércio, turismo, agropecuária, etc. (SCARAMUZZA *et al.* 2005), o zoneamento ainda não foi utilizado como ferramenta de planejamento da conservação no Ceará, e poucos estudos acadêmicos têm sido realizados no intuito de subsidiar sua incorporação ao planejamento conservacionista no Estado. Apenas um estudo (ARAÚJO *et al.* 2003) analisou os padrões biogeográficos existentes na compartimentação ambiental estadual. Os autores analisaram a composição florística dessas unidades geoambientais por meio de Análise de Agrupamento, e constataram a existência de cinco grandes grupos florísticos bem definidos, associados a diferentes compartimentos geoambientais do Estado do Ceará: Cuesta da Ibiapaba, Chapada do Araripe, Depressão Sertaneja, Maciços Cristalinos e Planície Litorânea (Figura 5; Quadro 5).

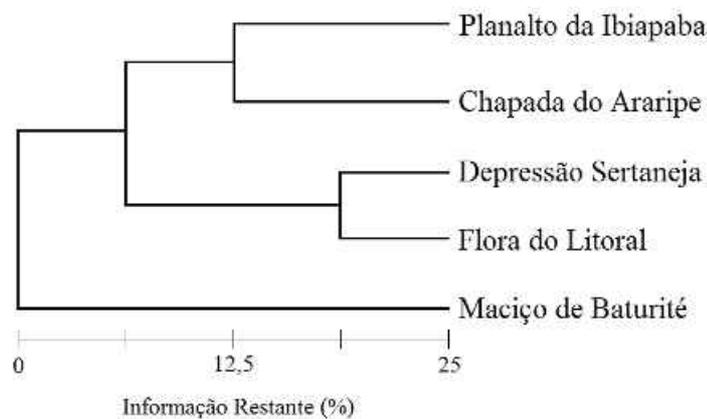


Figura 5. Similaridade entre floras de diferentes unidades geoambientais do Estado do Ceará ao nível de 25% do índice de similaridade de Jaccard. FONTE: Adaptado de Araújo *et al.* (2003).

Uma vez que esses compartimentos diferem quanto a relevo, solos e clima (Quadro 5) e que esses fatores têm importante papel da distribuição dos seres vivos e dos processos ecológicos (como visto no tópico anterior) – o agrupamento obtido por Araújo *et al.* (2003) sugere que a compartimentação geoambiental do Estado esteja relacionada com uma possível compartimentação da biodiversidade.

Unidade Geoambiental	Relevo	Geologia	Vegetação analisada	Tipo Climático
Cuesta da Ibiapaba	Planalto	Sedimentar	Mata úmida/seca	Tropical (sub)quente úmido
Chapada do Araripe	Planalto	Sedimentar	Mata úmida/seca	Tropical quente subúmido
Depressão sertaneja	Depressão	Cristalino	Caatinga	Tropical quente semi-árido
Planície litorânea	Planície	Sedimentar	Complexo veg. litorâneo	Tropical quente semi-árido brando
Maciço de Baturité	Planalto	Cristalino	Mata úmida/seca	Tropical (sub)quente úmido

Quadro 5. Características das unidades geoambientais analisadas por Araújo *et al.* (2003). FONTE: Ceará (2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Visando ao planejamento da conservação com uma abordagem complementar em relação aos diferentes atributos da biodiversidade, a bacia hidrográfica foi adotada neste trabalho como unidade maior de planejamento conservacionista, dentro da qual foi realizada a compartimentação pedo-climática. Após a delimitação da microbacia, foram mapeados os fatores climáticos, pedológicos e fisiográficos do ambiente, que, posteriormente, subsidiaram a compartimentação pedo-climática e seleção de áreas prioritárias. O trabalho foi conduzido na bacia do Rio Capitão-Mor, nos municípios de Caridade, Guaramiranga e Pacoti (CE) devido a dois aspectos. Primeiramente, a região do Maciço de Baturité e adjacências é, atualmente, considerada como prioritária para a criação de unidades de conservação segundo o Ministério do Meio Ambiente, embora não haja definição quanto ao tipo de unidade a ser criada (BRASIL, 2008b). Outro motivo importante para a escolha dessa bacia hidrográfica refere-se à sua heterogeneidade ambiental: a bacia abrange áreas montanhosas com florestas úmidas e áreas da depressão sertaneja, onde predomina a caatinga. O Rio Capitão-Mor localiza-se no centro-norte do Estado do Ceará, integrando à bacia do Rio Curu, que possui área de 9.000 km² e é composta pelos rios Caxitoré, Curu, Canindé e Capitão-Mor. A Bacia do Rio Curu é delimitada pelo Maciço de Uruburetama, pela Serra do Machado e pelo Maciço de Baturité, desembocando entre os municípios de Paraipaba e Paracuru (LEITE *et al.*, 1997) – Figura 6.

Em virtude da grande extensão da bacia do Rio Capitão-Mor, este foi dividido em alto, médio e baixo curso, com base em cotas altimétricas e na largura do leito. Foi considerado alto curso, o conjunto formado pelas microbacias dos riachos Capitão-Mor e Bom Sucesso, coincidindo com o limite superior da cota de 150 até as nascentes da Bacia, situadas no Maciço de Baturité (Figura 6). À jusante do alto curso, até a cota de 100 m foi considerado o médio curso, onde o leito do rio atinge cerca de entre 30 e 40 m. O baixo curso foi considerado o trecho final da bacia, da cota de 100 m até seu encontro com o Rio Canindé.

A área de estudo, trecho selecionado para a realização da compartimentação pedo-climática, restringiu-se à microbacia do Riacho Capitão-Mor (no alto curso do rio homônimo). A microbacia estudada possui 116,77 km² e inclui, além do riacho homônimo, os riachos Carneiro e Trapiá (Figura 7) – abrangendo o Maciço Residual de Baturité, a Depressão Sertaneja e contendo maior parte das nascentes do Rio Capitão-Mor.

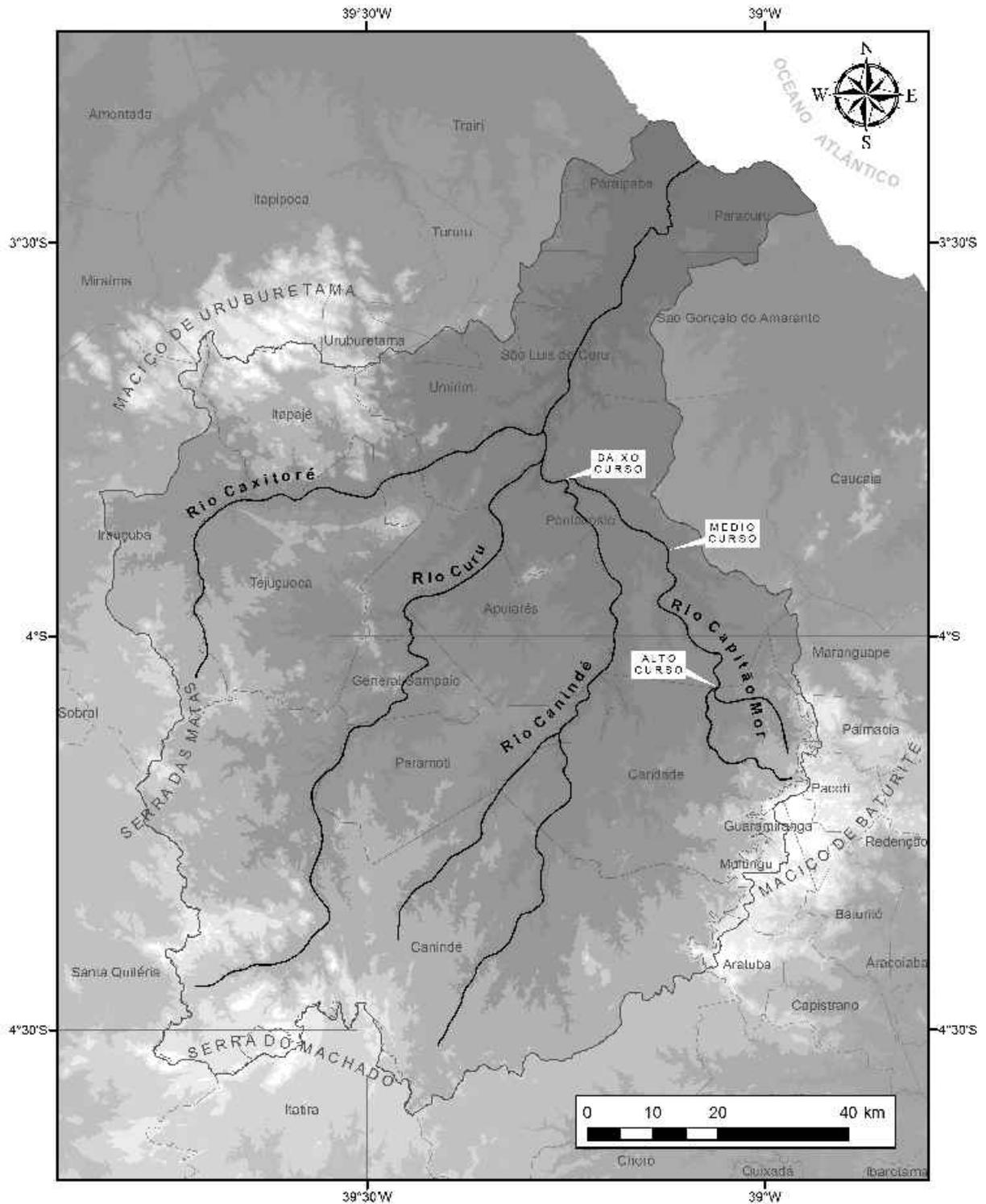


Figura 6. Localização do Rio Capitão-Mor no contexto da Bacia do Rio Curu, norte do Estado do Ceará.

As nascentes do Riacho Capitão-Mor localizam-se no extremo oeste dos municípios de Pacoti e Guaramiranga, na vertente ocidental do Maciço de Baturité, atingindo até 1.000 m de altitude. O relevo desse trecho da bacia é bastante dissecado por ação da densa rede de drenagem superficial, de modo que apresenta cristas aguçadas ou colinas estreitas com declividade entre 45 e 70%, separadas por vales em “V” (CEARÁ, 1991).

No platô do Maciço, devido à altitude e às chuvas orográficas, o clima é Tropical Quente Úmido: a temperatura média é de 22 °C, com 3 a 4 meses secos durante o ano (na primavera) e a precipitação média anual de, aproximadamente, 1.500 mm, com desvio pluviométrico inferior a 25% (LIMA *et al.*, 2000; NIMER, 1972). Em cotas mais baixas da vertente ocidental (sotavento) do maciço, as temperaturas são mais altas, e a precipitação menor, de modo que o clima tende a ser mais semelhante ao da Depressão Sertaneja.

Os solos mais comuns na região do maciço de Baturité são os Podzólicos vermelho-amarelos (Argissolos), ocorrendo nos topos e altas vertentes, com fertilidade natural média; Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos nas vertentes muito íngremes das cristas ou nos relevos escarpados; e Neossolos Flúvicos, encontrados nos fundos dos vales estreitos (CEARÁ, 1991; LIMA *et al.*, 2000; SILVA *et al.* 2000).

O Riacho Capitão-Mor nasce no platô do maciço, escoia pelos vales, e sua água é drenada para o município de Caridade, onde recebe seus primeiros afluentes (riachos Carneiro e Trapiá). Posteriormente, no município de Pentecoste, desagua no Rio Canindé e, em seguida, no Rio Curu. Esse trecho da microbacia, no qual o Rio adentra na depressão sertaneja, enquadra-se na unidade geoambiental dos Sertões Centrais (LIMA *et al.* 2000). Essa região, de embasamento cristalino, é bastante aplainada, com relevo suavemente ondulado, com altitude entre 150 e 400 m (LIMA *et al.*, 2000). Segundo os mesmo autores, nessa unidade geoambiental, a rede de drenagem é densa, fraca, moderadamente entalhada na superfície e, devido à forte sazonalidade pluviométrica, os rios e riachos são intermitentes, sazonais e esporádicos.

O clima na Depressão Sertaneja é Tropical Semi-árido Quente: a temperatura média é de 26 °C, com 7 meses secos durante o ano (inverno – primavera – verão) e precipitação média anual entre 600 e 800 mm (LIMA *et al.*, 2000; NIMER, 1972). Além da forte sazonalidade climática, a região sofre ainda fortes desvios pluviométricos anuais, na ordem de 25 – 30 %, típicos do semi-árido nordestino (NIMER, 1972). Segundo Souza *et al.* (1979), os períodos prolongados de estiagem intercalados com chuvas torrenciais provocadas por tal irregularidade pluviométrica, juntamente com a alta amplitude das temperaturas, constituem o principal agente intempérico da Depressão Sertaneja, atuando combinados para a gênese de solos pedregosos e pouco profundos. Os solos mais comuns nesse trecho da microbacia são os Argissolos e Luvisolos, que ocorrem nos topos e vertentes do relevo suave, atingindo moderada profundidade e boa fertilidade natural; os Planossolos e Vertissolos, que ocorrem nas baixas vertentes (geralmente, associados a Neossolos Litólicos), com fertilidade natural de média a baixa; os Argissolos rasos, Neossolos Litólicos e

afloramentos rochosos, que ocorrem nas elevações residuais ou vertentes erodidas; e os Neossolos Flúvicos, que ocorrem nos vales (LIMA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2000).

3.2 Compartimentação pedo-climática

A microbacia do Riacho Capitão-Mor foi delimitada a partir de sua hidrografia e de seus divisores de água, que foram mapeados em um Sistema de Informações Geográficas – SIG, com o aplicativo ArcGis 9.3 em escala compatível com 1:100.000, tendo como base o Modelo Digital de Terreno – MDT (NASA, 2008); cartas da SUDENE/DSG de referência SB.24-X-I (Baturité) e SB.24-V-B-III (Canindé); e imagem do satélite Spot5 (outubro / 2006).

Para a compartimentação ambiental da área de estudo, foram utilizados parâmetros climáticos e pedológicos, em virtude de não haver variações significativas de outros fatores ambientais diretos na escala utilizada para o trabalho. A área de estudo possui 116,78 km² e menos do que $\frac{1}{4}$ de grau de amplitude latitudinal, de modo que não se justificaria a inclusão de fatores determinados pela latitude, como a intensidade da radiação solar, fotoperíodo ou nebulosidade – a área foi considerada homogênea para esses fatores, cuja escala de variação é global, conforme exposto no tópico 2.2 (Figura 3).

A compartimentação pedo-climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor foi realizada em três etapas, todas com o aplicativo ARC-GIS 9.3. A primeira etapa consistiu na compartimentação climática – para a qual foram utilizados dados de monitoramento de precipitação (BRASIL, 1992) e interpolação com base em unidades geoambientais; a segunda etapa consistiu na compartimentação pedológica, por meio do recorte Mapa de Levantamento de Solos do Estado do Ceará (CEARÁ, 1988); e a terceira etapa consistiu na sobreposição de compartimentos climáticos e pedológicos para obtenção de compartimentos pedo-climáticos e sua respectiva caracterização.

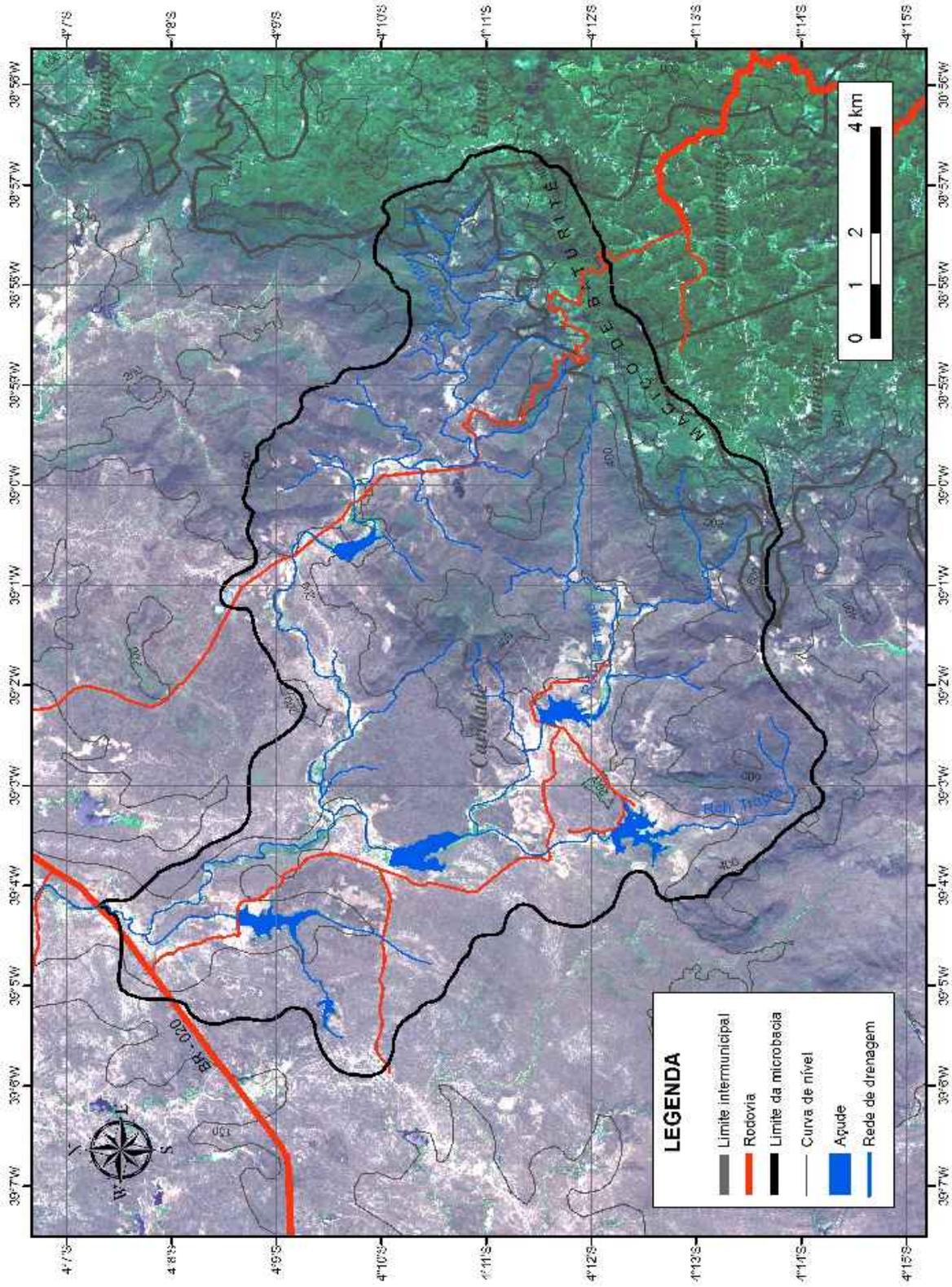


Figura 7. Imagem do Satélite Spot-5 com destaque para a área de estudo, microbacia do Riacho Capitião-Mor (Ceará).

a) **Compartimentação e caracterização climática**

Em escala global, o clima varia com a latitude. No entanto, em escala regional, em uma mesma faixa latitudinal, temperatura e precipitação respondem, primariamente, à variações topográficas, que passam a ter importante papel na formação de microclimas. Segundo Brasil (1992), na área de estudo, a temperatura não atinge valores extremos (superiores ou inferiores) capazes de exercer influência direta sobre a vegetação (Quadro 2). Contudo, a temperatura varia com a altitude e, desse modo, exerce influência sobre a precipitação e, conseqüentemente, sobre a vegetação. A diminuição da temperatura com a altitude induz às chuvas orográficas, criando microclimas úmidos no contexto do semi-árido, como é o caso do maciço de Baturité (LIMA *et al.*, 2000; NIMER, 1972). Desse modo, a variação climática (precipitação) existente na área de estudo foi, exclusivamente, atribuída a variações de altitude.

Devido à inexistência de dados precisos e regulares de parâmetros climáticos para a microbacia do Riacho Capitão-Mor na escala de estudo e à impossibilidade de levantá-los durante o período de execução do trabalho, a quantidade de meses secos anuais foi utilizada como indicador de umidade para caracterização dos compartimentos climáticos. Esse parâmetro tem grande importância ecológica e está, intimamente, ligado ao tipo de formação vegetal – sendo, no mínimo, tão importante quanto a precipitação anual, quando se trata de influência da disponibilidade hídrica sobre a comunidade vegetal, de modo que é um dos principais critérios utilizados para a classificação de formações vegetais no Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira (RIZZINI, 1997; VELOSO *et al.* 1991).

Segundo Rizzini (1997), os principais critérios de classificação de meses secos ou úmidos são o de Mohr e o de Gaussen, que produzem resultados semelhantes. Para obtenção da proporção de meses secos/úmidos durante o ano na microbacia do Riacho Capitão-Mor, foi aplicado o critério de Mohr às médias de precipitação de cada mês para os postos pluviométricos de Inhuporanga (cód. 171), Pacoti (cód. 105) e Guaramiranga (cód. 54) – Quadro 6. Foi considerado mês seco aquele cuja média mensal de precipitação foi inferior a 60 mm; e mês úmido, aquele cuja média mensal foi superior a 60 mm, ou cujo mês antecessor teve precipitação média maior do que 100 mm (Critério de Mohr).

Os postos de Pacoti e Guaramiranga, com respectivamente 4 e 3 meses secos, situam-se no Maciço de Baturité, próximos às nascentes do Riacho Capitão-Mor, enquanto que o Posto Inhuporanga, com 7 meses secos, situa-se na porção baixa da bacia, na depressão sertaneja.

Posto Pluviométrico (Código)	Unidade / Setor Geoambiental	Altitude	Período de registro pluviométrico	Média Anual (mm)	Meses secos	Meses úmidos
Inhuporanga (171)	Sertão Central (Depressão Sertaneja)	146 m	2000 – 2008	628,8	7	5
Pacoti (105)	Platô Úmido (Maciço Residual)	801 m	1974 – 2008	1495,3	4	8
Guaramiranga (54)	Platô Úmido (Maciço Residual)	870 m	1974 – 2008	1658,3	3	9

Quadro 6. Postos e dados pluviométricos utilizados para a caracterização climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. FONTE: Funceme (2008).

Os padrões pontuais dos postos pluviométricos foram interpolados por meio da altitude, seguindo a compartimentação topográfica proposta por Souza *et al.* (1979) e Lima *et al.* (2000). Foi considerado o mesmo padrão climático para todo intervalo altimétrico característico de cada compartimento geoambiental componente da microbacia. Assim, o padrão do Posto Inhuporanga (7 meses secos) foi considerado abaixo da cota de 400 m (toda a Depressão Sertaneja); em todo o platô do maciço de Baturité, acima da cota de 600 m, foi considerado o padrão dos postos Guaramiranga e Pacoti, com 3 a 4 meses secos; enquanto que, na vertente ocidental, entre a depressão sertaneja e o platô (400 a 600 m de altitude), foi considerado um padrão intermediário, com 5 a 6 meses secos, conforme o quadro 7:

Compartimento geoambiental	Altitude	Meses secos	Fonte de dados (Posto)
Depressão Sertaneja	< 400 m	7	P. P. Inhuporanga
Vertente Ocidental do Maciço de Baturité	400 a 600 m	5 – 6	Interpolação
Platô úmido noroeste	> 600 m	3 – 4	P. P. Pacoti / Guaramiranga

Quadro 7. Cotas altimétricas utilizadas para a compartimentação climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Os compartimentos climáticos foram delimitados, conforme o critério acima mencionado, com base no Modelo Digital de Terreno georreferenciado (NASA, 2008) e nas cartas plani-altimétricas da SUDENE/DSG referentes a Canindé – SA.24-V-B-III e Baturité – SB.24-X-A-I. Com o aplicativo ArcGis 9.3, foi criada uma camada vetorial da área de estudo compartimentada em relação às cotas altimétricas (Quadro 7).

b) Compartimentação e caracterização pedológica

A compartimentação pedológica foi obtida pelo recorte do mapa de levantamento de solos (CEARÁ, 1988). O recorte foi feito com o aplicativo ArcGis 9.3, e, uma vez que o mapeamento original se utilizou de associações (que podem conter até 3 classes de solo), foi

necessária a caracterização *in loco* do solo em cada compartimento pedo-climático, no intuito de estabelecer relações confiáveis entre solo, clima e biodiversidade. Para essa caracterização, foi analisado, em cada compartimento pedo-climático, um perfil de solo, cuja localização foi selecionada com base na disponibilidade de acesso aos fragmentos de vegetação nativa.

Para estudo dos perfis, análise e coleta de amostras de solo, foram utilizados cortes de estrada e cavadas trincheiras (ou mini-trincheiras, em caso de solos rasos). Em campo, foram preenchidas fichas técnicas, nas quais foram registradas as condições locais de relevo, erosão, declividade, pedregosidade e rochosidade, bem como aspectos da caracterização morfológica do perfil seguindo os métodos recomendados por Santos *et al.* (2005): profundidade dos horizontes, cor, estrutura, consistência, textura, tipo de transição entre horizontes, cerosidade e quantidade de raízes (Apêndice A).

Após a análise morfológica do perfil, foram coletadas amostras dos horizontes, as quais foram transportadas, postas para secar ao ar e posteriormente submetidas a análises físicas e químicas em laboratório para caracterização e classificação dos perfis segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

A primeiro procedimento de caracterização física das amostras correspondeu à separação das frações de calhaus e cascalho. Para isso, amostras de, aproximadamente, 500 g dos horizontes foram peneiradas em diferentes malhas, conforme o Quadro 8, separando as frações grosseiras (calhaus e cascalho) da fração mais fina, a terra fina seca ao ar (T. F. S. A.). O segundo procedimento de caracterização física foi a determinação da composição granulométrica da terra fina, ou seja, a determinação dos teores de areia (grossa e fina), silte e argila da T. F. S. A. (Quadro 8). Para isso, 20 g da T. F. S. A. de cada horizonte foram submetidos à análise granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), com dispersante químico hidróxido de sódio (NaOH).

Tipo de Sedimento		Dimensão (mm)
Calhaus		20 a 200
Cascalho		2 a 20
T. F. S. A.	Areia Grossa	0,25 a 2
	Areia Fina	0,05 a 0,25
	Silte	0,002 a 0,05
	Argila	< 0,002

Quadro 8. Tipos de sedimento e respectivas dimensões utilizadas para análises físicas do solo dos compartimentos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

A classe textural das amostras foi determinada pelo triângulo de classificação americano. A argila natural também determinada dispersa em água destilada (sem adição de NaOH), no intuito de se obter o grau de floculação, obtido pela seguinte fórmula:

$$F = \frac{(At - An)}{At} \times 100$$

Onde:

F = Grau de Floculação (%)

At = Argila Total (obtida com dispersante químico)

An = Argila Natural (obtida sem dispersante químico)

As análises químicas incluíram as determinações de pH, condutividade elétrica, carbono orgânico, fósforo assimilável, sódio, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e hidrogênio. Todas as análises foram conduzidas conforme os métodos propostos pelo Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997).

O **potencial hidrogeniônico** (pH) foi determinado com potenciômetro de mesa (eletrodo de vidro) em água destilada (H₂O) e em cloreto de potássio (KCl) pelo método do efeito do eletrodo combinado, imerso em suspensão sólido : líquido na proporção de 1 : 2,5. A **condutividade elétrica** das amostras foi determinada em dS/m com um condutivímetro de leitura direta pelo método do extrato de saturação.

O **carbono orgânico** foi determinado pela oxidação da matéria orgânica via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico sob aquecimento e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal.

O **fósforo assimilável** foi determinado por leitura de densidade óptica por meio de fotocolorímetro, utilizando-se ácido ascórbico como redutor em mistura com HCl (0,05N) e H₂SO₄ (0,025N).

Sódio (Na⁺) e potássio (K⁺) trocáveis foram determinados independentemente por espectrofotometria de chama, com prévia extração com solução de Mehlich.

O teor de **cálcio (Ca²⁺)** e de “cálcio + magnésio” foram determinados com a solução extratora de cloreto de potássio (KCl) – submetida a determinação complexiométrica na presença dos indicadores eriochrome e murexida. O **magnésio (Mg²⁺)** foi determinado pela diferença entre os valores de “cálcio + magnésio” e cálcio.

Alumínio e hidrogênio extraíveis (Al³⁺ + H⁺) e o **alumínio (Al³⁺)** foram extraídos com solução de acetato de cálcio e determinados por titulação colorimétrica com hidróxido de sódio (NaOH). O **hidrogênio (H⁺)** foi determinado pela diferenças entre “Al³⁺ + H⁺” e Al³⁺.

A **soma de bases (SB)** foi determinada pela soma dos teores de cálcio, magnésio,

potássio e sódio. A capacidade de troca de cátions (CTC) foi obtida pela soma dos cátions básicos (Ca, Mg, Na, K) juntamente com Al^{3+} e H^+ .

3.3 Caracterização biótica

Conforme o exposto no Quadro 1 (p. 17), a biodiversidade possui três componentes, cada um dos quais possui composição, estrutura e funcionamento. Como forma de analisar, quantificar e comparar a biodiversidade de cada compartimento pedo-climático, foram selecionados atributos de composição e estrutura da comunidade vegetal. Uma vez que os dados bióticos foram coletados entre julho e novembro de 2008, não foram inclusos no trabalho atributos de funcionamento da comunidade, pois dados desse tipo necessitariam de coletas de dados por períodos mais longos de tempo.

Em cada compartimento pedo-climático, no mesmo local em que foi amostrado o perfil de solo, foi estabelecida uma (1) parcela de 20 x 50 m, dentro da qual foi realizado um levantamento fitossociológico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação, conforme a metodologia proposta por Rodal *et al.* (1992) – assim, a área amostrada, em cada compartimento, foi de 0,1 hectare. O critério de inclusão de plantas no levantamento foi de diâmetro no nível do solo (DNS) > 3 cm e altura > 1 m. Como meio indireto de analisar a estrutura etária e, conseqüentemente, o estado de conservação de cada compartimento, foram construídos gráficos das classes de diâmetro da área amostrada (a intervalos de 3 cm).

Foram coletadas amostras de órgãos vegetativos e reprodutivos das espécies inventariadas para identificação em laboratório. As amostras foram prensadas em campo e submetidas ao dessecamento em estufa até completa perda de umidade. Em seguida, as amostras foram identificadas, montadas em exsicatas e tombadas no Herbário Prisco Bezerra – EAC da UFC.

Os dados registrados no levantamento fitossociológico foram utilizados para determinar fisionomia da vegetação, riqueza de espécies, riqueza de famílias, área basal, altura média e máxima das árvores, densidade de indivíduos, índice de diversidade e de equitatividade entre espécies para cada um dos compartimentos pedo-climáticos.

Em cada compartimento, a fisionomia da vegetação foi determinada com base na proporção de meses secos / úmidos, no porte (altura) da vegetação e na densidade de indivíduos (na parcela de 20 x 50 m), conforme a Classificação da Vegetação Brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (VELOSO *et al.* 1991).

A área basal é um parâmetro da comunidade vegetal que está relacionado à biomassa das espécies⁹, à distribuição de recursos entre elas e à cobertura vegetal da área. Foram calculadas a área basal de cada espécie e a área basal total de cada parcela a partir dos perímetros das árvores (dados obtido no levantamento fitossociológico):

$$AB = \Sigma Ab ; Ab = \Sigma (P^2 / 4\pi)$$

Onde:

AB = Área basal total

Ab = Área basal da espécie

P = perímetro da árvore no nível do solo

$\pi = 3,1416$

Os índices de diversidade e de equitatividade de Shannon-Wiener dizem respeito à diversidade e à proporção entre as diferentes espécies em um dado levantamento. O Índice de Diversidade de cada parcela foi obtido com o programa DIVES 2.0 (RODRIGUES, 2005), e a respectiva equitatividade calculada com base no Índice de Shannon (H'), conforme a fórmula abaixo:

$$E' = h' / H'$$

Onde:

E' = Equitatividade

h' = Valor obtido pelo Índice de Shannon, para uma parcela com *n* espécies e *m* indivíduos

H' = Máximo valor possível para o Índice de Shannon, com *n* espécies

Assim, o valor da equitatividade varia sempre de 0 a 1. Um alto valor significa que a distribuição das abundâncias das espécies é uniforme, ou seja, as espécies participam de modo equitativo para composição da comunidade; enquanto que um baixo valor significa que há dominância de uma ou mais espécies.

Uma vez que o objetivo de trabalho é propor áreas prioritárias de conservação, foram analisados dois indicadores do estado de degradação em cada compartimento pedo-climático: a estrutura diamétrica da comunidade e a cobertura vegetal nativa (fragmentos de vegetação conservada).

Uma vez que o diâmetro de uma árvore é proporcional à sua idade, a estrutura diamétrica de uma comunidade pode oferecer indícios de degradação ou do estágio de sucessão ecológica em que a comunidade se encontra. O padrão esperado para áreas conservadas (em clímax de sucessão) é de uma curva exponencialmente decrescente nas classes diamétricas, o que ocorre devido à grande quantidade de indivíduos juvenis, que, com o passar do tempo, sucumbem à predação e à competição por recursos, sendo a taxa de sobrevivência cada vez menor. Do mesmo modo, lacunas diamétricas (ausência de

⁹ Optou-se por analisar área basal por ser um parâmetro mais preciso do que a biomassa, sendo diretamente calculada pelo perímetro da árvore, enquanto que a biomassa depende de estimativas.

determinada faixa etária) ou desequilíbrio entre estas podem ser considerados como indícios de perturbação (DAUBENMIRE, 1968; RODAL, 1992; SILVA; SILVA Jr, 1988). A estrutura diamétrica da comunidade foi determinada pelos dados coletados no levantamento fitossociológico em cada compartimento pedo-climático.

A cobertura vegetal da microbacia do Riacho Capitão-Mor foi obtida por meio da classificação supervisionada de uma imagem de satélite Spot-5, de julho de 2005, com resolução espacial de 2,5 m. A imagem foi submetida ao processo de Segmentação no aplicativo SPRING 4.3.3 (CÂMARA *et al.* 1996), pelo método de crescimento de regiões, com similaridade de 5 e área de 500 pixels. A imagem segmentada foi classificada em 5 categorias (classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 99,9%):

- Cobertura florestal – correspondente à vegetação de porte florestal, com altura maior do que 7 m (florestas ombrófilas e florestas estacionais); áreas caracterizadas na imagem de satélite pela coloração verde intensa e pela textura, altamente rugosa.
- Cobertura arbustiva-arbórea – correspondente às áreas de caatinga ou em alguns casos, fisionomias florestais em estágio de sucessão secundária, com altura predominante não maior do que 7 m; áreas caracterizadas na imagem de satélite pela coloração verde (de baixa saturação) ou marrom, com rugosidade média.
- Cobertura herbácea – correspondente às plantações, áreas de caatinga gramíneo-lenhosa ou áreas desmatadas onde a vegetação não ultrapassa 2 m de altura; áreas caracterizadas na imagem de satélite pela coloração verde intenso ao marrom escuro porém com rugosidade muito baixa.
- Solo sem vegetação / ambiente antrópico – sedes municipais, distritais, asfalto ou solo completamente exposto, sem qualquer vegetação; áreas caracterizadas na imagem de satélite pela coloração marrom claro ou branca e textura completamente lisa.
- Água – açudes ou lagoas naturais, com coloração em tons variados de azul ou preto.

O padrão de cobertura vegetal foi utilizado para graduar o estado de conservação dos compartimentos pedo-climáticos e da microbacia como um todo. Considerando o porte crescente da vegetação em diferentes estádios de sucessão florestal (DAUBENMIRE, 1968), a presença de formações florestais ou arbustivo-arbóreas foi considerada como um indicativo geral de estado conservado, pois, mesmo que essas áreas estejam em desequilíbrio ecológico, apresentam-se em um estágio de sucessão relativamente avançado, ao passo que áreas com

vegetação herbácea, com solo exposto ou ambientes antrópicos indicam uso recente da área ou estádios iniciais de sucessão ecológica. Como meio de quantificar e comparar o estado de conservação de cada compartimento foi calculado um índice de cobertura vegetal, definido como a proporção entre área com vegetações em estágio avançado de sucessão e a área total de terra firme de cada compartimento:

$$ICV = \frac{Cf + Caa}{Cf + Caa + Ch + S} \times 100$$

Onde:

ICV = índice de cobertura vegetal (%)

Cf= Cobertura forestal

Caa = Cobertura arbustiva-arbórea

Ch = Cobertura herbácea

S = Solo exposto / ocupação humana.

3.4 Análise multivariada

Uma vez que este trabalho visou alocar áreas prioritárias de conservação de modo equitativo, ou seja, contemplar, proporcionalmente, as diferentes manifestações da biodiversidade, foi importante a escolha de um meio objetivo e imparcial de detecção da heterogeneidade biológica e de análise da correspondência entre variações ambientais abióticas e biodiversidade.

Para análise de similaridade entre solos e entre composição florística de cada compartimento pedo-climático da microbacia do Riacho Capitão-Mor, foi utilizada a Análise de Agrupamento (*cluster analysis*), com o algoritmo de grupos pareados. Como descritores bióticos dos compartimentos, foram utilizados dados brutos de abundância das espécies; como descritores pedológicos, foram utilizadas as médias dos valores dos horizontes, ponderadas por suas respectivas profundidades. Como medida de semelhança, foi utilizada a distância de *Bray-Curtis*, pois permite o uso de dados quantitativos para os descritores, o que dá ênfase à sua abundância e diminui a influência de descritores (espécies/nutrientes) raros (VALENTIM, 2000). A medida de semelhança de *Bray-Curtis* gera um índice que varia de 0,0 (completa diferença) a 1,0 (completa similaridade), calculado a partir dos valores dos descritores (composição fitossociológica) de cada objeto analisado (compartimentos pedo-climáticos). O resultado da análise é um fluxograma que agrupa os objetos (compartimentos pedo-climáticos) conforme seus índices de similaridade.

Para análise da influência dos fatores climáticos e pedológicos na distribuição das espécies, foi realizada a Análise de Correspondência Retificada (*DCA – Detrended*

Correspondence Analysis), uma técnica bastante difundida no campo da ecologia (McCUNE & GRACE, 2002; SANTOS, 1987; VALENTIM, 2000). A Análise de Correspondência foi conduzida com o aplicativo PC-ORD (McCUNE; MEFFORD, 1997). Segundo McCune & Grace (2002), a *DCA* ordena, simultaneamente, espécies e unidades amostrais (nesse caso, compartimentos), possibilitando a observação de padrões de ocorrência de ambas em função dos descritores ambientais. A partir dessa análise, é possível agrupar unidades amostrais e espécies em um hiper-espaço tridimensional, cujos eixos representam as variações dos descritores ambientais (nesse caso, fatores pedológicos e climáticos).

3.5 Proposição de Áreas Prioritárias de Conservação

A Microbacia do Riacho Capitão-Mor já é contemplada por uma Unidade de Conservação, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Baturité. Além disso, vários setores da microbacia são protegidos pelo Novo Código Florestal (Lei Federal n.º 4.771/1965), que determina em todo o território nacional as Áreas de Preservação Permanente (APP) – áreas cuja exploração e supressão de vegetação é legalmente proibida devido a sua importância na manutenção de processos ecológicos e na estabilização do solo.

Visto que a área de estudo já é contemplada por dois instrumentos legais de proteção ambientais, uma APA e várias APP, a proposição de áreas prioritárias de conservação na microbacia do Riacho Capitão-Mor teve os seguintes princípios:

- Evitar contemplar áreas mais de uma vez com um mesmo tipo (categoria) de Unidade de Conservação;
- Contemplar a diversidade de todos os compartimentos de modo representativo;
- Aproveitar a densidade de Áreas de Preservação Permanente (APP) para alocar novas Unidades de Conservação;
- Utilizar as APP de mata ciliar como corredores ecológicos entre as unidades de conservação propostas; e
- Contemplar não só áreas com vegetação nativa em bom estado conservação, mas também áreas perturbadas ou em estádios iniciais de sucessão.

4 RESULTADOS

Os mapas de clima (unidades geoambientais) e de solos (associações) gerados e utilizados para a compartimentação pedo-climática encontram-se, respectivamente, nas Figuras 8 e 9. O padrão climático úmido do platô do Maciço de Baturité (MRp), com 3 a 4 meses secos, foi constatado apenas no setor sudeste da bacia, única porção que atinge cotas maiores do que 600 m (atingindo até 1.000 m). O clima intermediário (entre 5 e 6 meses secos) foi atribuído à vertente do maciço (MRvo) – uma estreita faixa entre as cotas de 400 e 600 m, adjacente ao platô úmido, onde ainda se manifesta o efeito orográfico (embora menos intenso); enquanto que o clima semi-árido da depressão sertaneja (DSsc), com pelo menos 7 meses secos, foi observado no restante da microbacia (a maior parte dela).

Nas porções alta e média da microbacia, que incluem o platô do Maciço de Baturité, sua vertente ocidental e parte da depressão sertaneja, ocorre a associação PE92, com predomínio de Podzólico Vermelho Amarelo (Argissolo). No restante da Depressão Sertaneja, ocorreram duas associações com predomínio de Bruno não Cálcico (Luvissole): NC41 e NC42, e uma associação com predomínio de Planossolo Solódico: PLS12. Em todas as associações, há ocorrência minoritária de Neossolos Litólicos (Quadro 9).

Unidade Geoambiental	Associações originais (CEARÁ, 1988)	Ordens equivalentes *
Depressão sertaneja	NC41 – Bruno não cálcico vértico + Bruno não cálcico, ambos textura média/argilosa; relevo ondulado + Solos Litólicos eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa; relevo suave ondulado e ondulado; todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.	Luvissole + Neossolo Litólico
	NC42 – Bruno não Cálcico + Bruno não Cálcico vértico, ambos textura média/argilosa fase pedregosa, relevo suave ondulado + Planossolo Solódico Ta, textura arenosa/média, relevo plano; todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.	Luvissole + Planossolo
	PLS12 – Planossolo Solódico Ta textura arenosa/média + Solos Litólicos eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa; substrato gnaisse e granito; ambos A fraco, fase caatinga hiperxerófila e floresta ciliar de carnaúba; relevo plano e suave ondulado.	Planossolo + Neossolo Litólico
	PE12 – Podzólico vermelho-amarelo Tb textura média/média cascalhenta, fase floresta subcaducifólia + Podzólico vermelho-amarelo Tb textura média-argilosa com cascalho, fase floresta subperenifólia + Solos Litólicos textura média, fase pedregosa e rochosa, florestas subperenifólia, todos eutróficos, A moderado; relevo forte ondulado e montanhoso.	Argissolo + Neossolo Litólico
Maciço – Vertente		
Maciço – Platô		

Quadro 9. Associações de solo contidas na microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará) conforme as unidades geoambientais propostas por Lima *et al.* (2000).

(*) Com base no Sistema Brasileiro de Classificação e Solos (EMBRAPA, 2006).

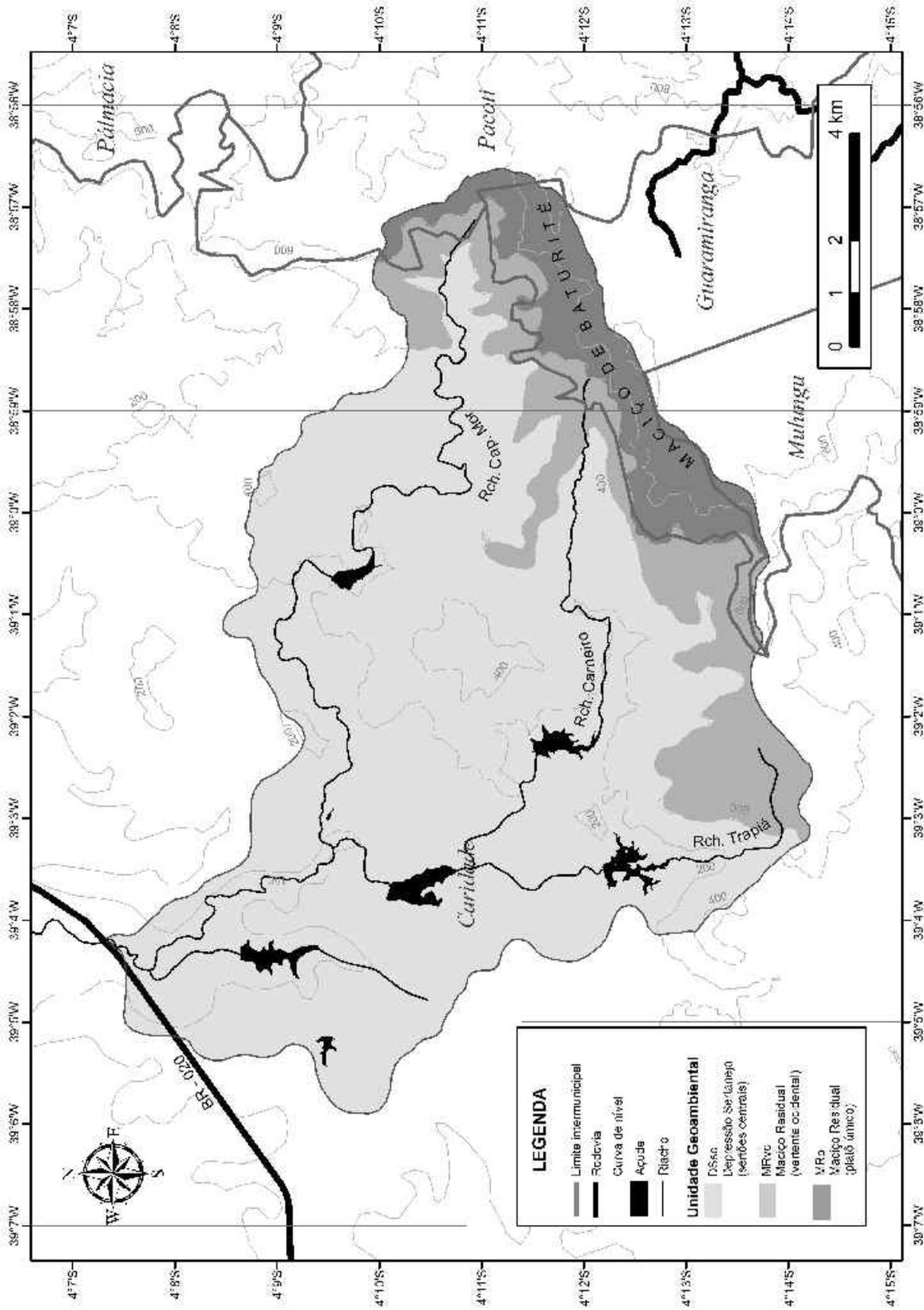


Figura 8. Mapa de padrões climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, interpolado conforme as unidades geomórficas propostas por Lima et al. (2000).

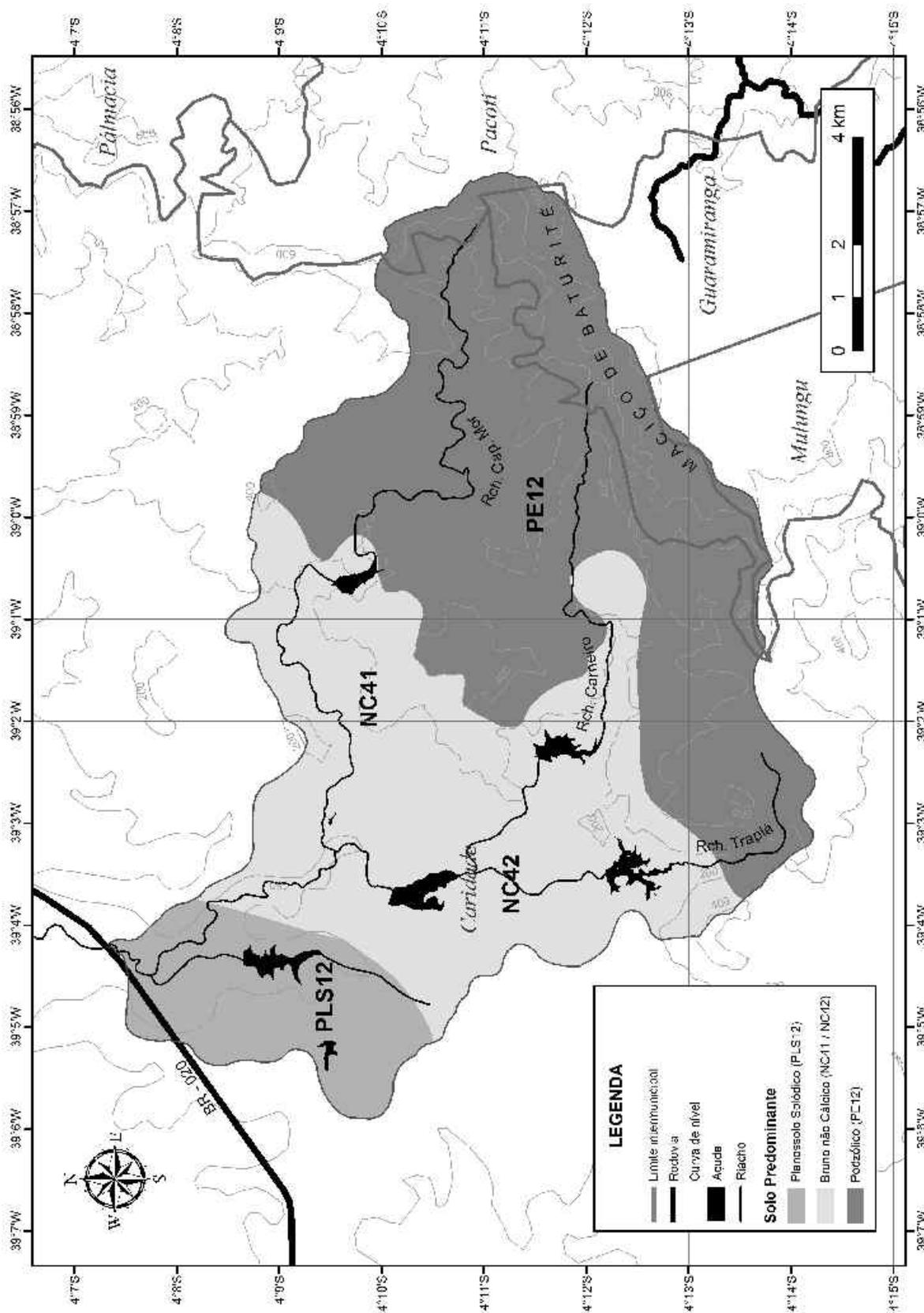


Figura 9. Mapa de associações de solo na microbacia do Riacho Capitão-Mor, obtido pelo recorte do Mapeamento de Solos do Estado do Ceará (CEARÁ, 1988).

4.1 Caracterização dos compartimentos pedo-climáticos

A partir dos padrões climáticos e pedológicos da microbacia do Riacho Capitão-Mor (Figuras 8 e 9), foram delimitados cinco compartimentos pedo-climáticos (Figura 10). Três deles localizam-se na depressão sertaneja (Sertões Centrais – DSsc), com 7 meses secos por ano, diferindo apenas quanto ao relevo e ao tipo de solo; denominados, respectivamente, **DS1**, **DS2** e **DS3**. Os outros dois compartimentos correspondem à totalidade territorial das respectivas unidades geoambientais dentro dos limites da microbacia: Vertente Sotavento do Maciço de Baturité (MRvo) – compartimento denominado **VS**; e o Platô Úmido Noroeste do Maciço (MRp) – compartimento denominado **PU**. Ambos fazem parte da mesma unidade de mapeamento de solos (mesma associação) embora difiram quanto ao clima, possuindo, respectivamente, 5-6 e 3-4 meses secos por ano.

a) Aspectos territoriais

O resumo dos aspectos territoriais dos compartimentos pedo-climáticos encontram-se na Tabela 2. O compartimento **DS1** é uma região típica de depressão sertaneja, com relevo plano e isolado de qualquer contexto montanhoso. Possui 13,18 km² e corresponde à porção mais baixa da microbacia, com relevo plano ou suave ondulado (declividade não maior do que 8%) e altitude variando, aproximadamente, entre 130 e 170 m. Nesse compartimento, o Riacho Capitão-Mor já recebeu as águas de seus afluentes, riachos Carneiro e Trapiá, de modo que a rede de drenagem é pouco densa e existem poucas nascentes.

O compartimento **DS2** é o maior dos compartimentos: com área de 46,27 km², corresponde à porção média-baixa da microbacia. Nesse compartimento, os três riachos da microbacia (Carneiro, Trapiá e Capitão-Mor) se individualizam, mas a rede de drenagem continua pouco densa (como em DS1) e possui poucas nascentes. Apesar de abranger um intervalo considerável de altitude (entre 140 e 400 m), é uma área predominantemente plana a suave ondulada, com exceção de estreitas áreas a leste e sudoeste – nos sopés de alguns serrotes, onde o relevo chega a ser montanhoso ou mesmo escarpado, com declividade superior a 45% em alguns pontos.

O compartimento **DS3** possui área de 30,60 km² e corresponde à porção média-alta da microbacia. É o compartimento de transição entre a depressão sertaneja e o maciço

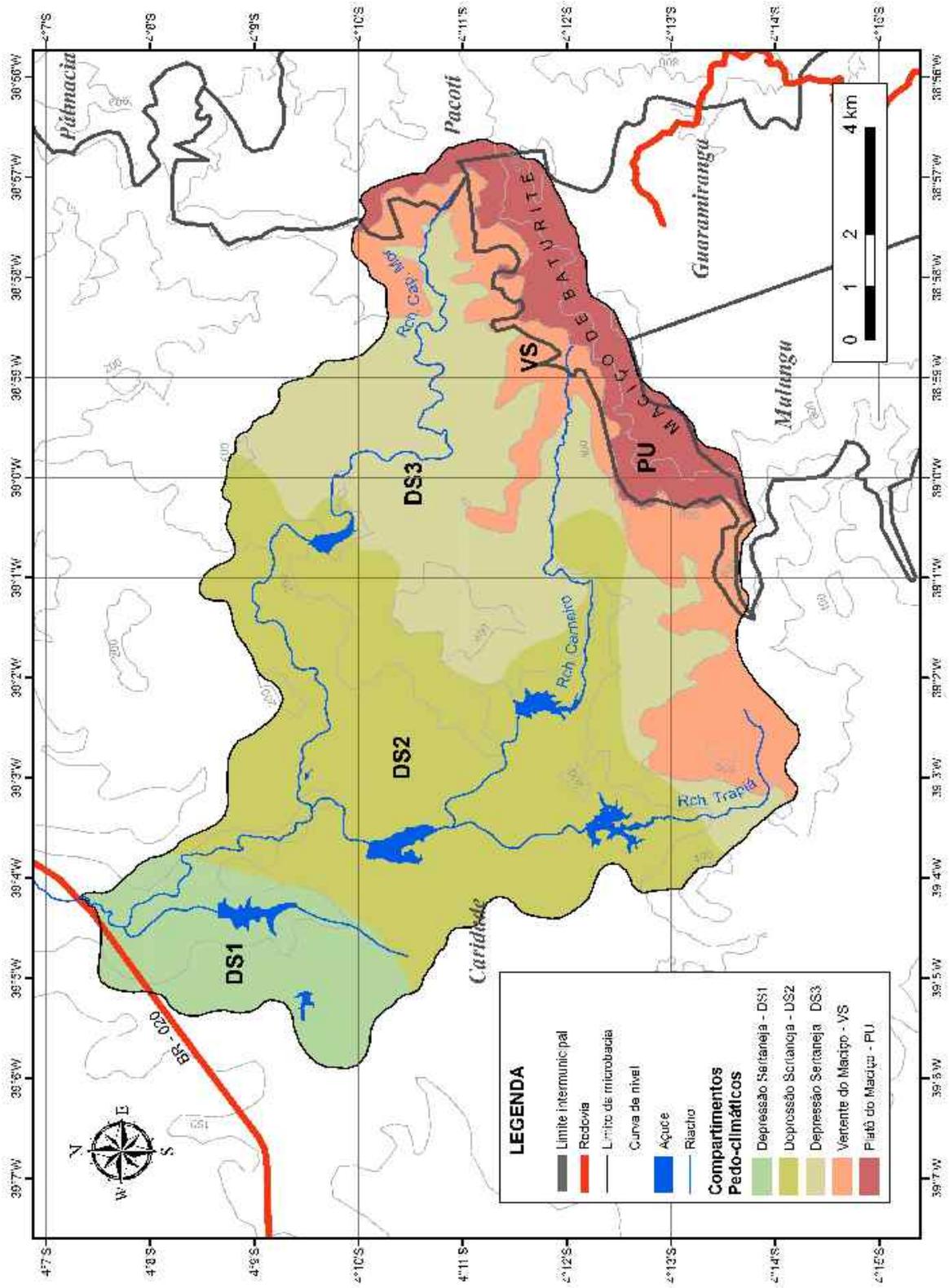


Figura 10. Compartimentação pedo-climática da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

residual de Baturité. Sua altitude varia entre 190 e 600 m, e seu relevo é bastante irregular, possuindo desde áreas planas (0 - 3% de declividade) até regiões escarpadas, com declividade atingindo 60% nas cristas do maciço. O relevo é predominantemente montanhoso (declividade entre 20 e 45%). Em termos hidrográficos, difere de DS2 principalmente por possuir uma rede de drenagem bem mais densa e por apresentar muitas nascentes.

Os compartimentos VS e PU correspondem à porção mais alta da microbacia, situada no maciço de Baturité (a partir da cota de 400 m). O compartimento VS possui uma área de 16,76 km² e caracteriza-se, principalmente, pela sua condição de vertente, sendo um compartimento de forma, aproximadamente, linear entre a depressão e o platô do maciço. Situa-se entre as cotas de 400 e 600 m e inclui cristas e vales do maciço. Apesar de predominar o relevo montanhoso (com declividade entre 20 e 45%), atinge declividade de até 110% próximo ao platô. Devido ao seu formato estreito, os cursos de água sempre lhe atravessam no sentido leste-oeste ou sudeste-noroeste.

O compartimento PU tem forma estreita e alongada, similar ao compartimento VS. É ainda o menor dos compartimentos, com área de 9,96 km². Constitui uma estreita faixa territorial na margem sudeste da microbacia, que corresponde à sua porção mais alta (acima de 600 m) e contém, portanto, a maior parte das nascentes dos riachos Capitão-Mor, Carneiro e Trapiá. Apesar de o platô do Maciço de Baturité não possuir áreas de alta declividade (como nas vertentes), sua porção inclusa na microbacia do Riacho Capitão-Mor foge a esse padrão por conter o “Pico Alto”, ponto culminante do maciço que supera os 1.000 m de altitude. A existência do pico alto e outros picos menores faz com que a declividade nessa região do platô seja bastante irregular e atinja 131%, enquanto que em regiões mais distantes do “Pico Alto”, esse valor não ultrapassa 20%.

Tabela 2. Aspectos territoriais dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Compartimento	Unidade geoambiental	Área (km ²)	Declividade predominante	Posição hidrográfica	Clima (meses secos)
DS1	Depressão Sertaneja	13,18	0 - 8%	Baixo curso	7
DS2	Depressão Sertaneja	46,27	0 - 45%	Curso médio-baixo	7
DS3	Depressão Sertaneja	30,60	20 - 45%	Curso médio-alto	7
VS	Vertente Sotavento	16,76	20 - 45%	Alto curso	5 - 6
PU	Platô Úmido	9,96	20 - 70%	Alto curso	3 - 4

A maioria dos compartimentos pedo-climáticos encontram-se no contexto da depressão sertaneja (tanto em quantidade como em área), de modo que a representatividade da depressão sertaneja na microbacia foi proporcional à extensão da respectiva unidade geoambiental no Estado do Ceará – em torno de $\frac{3}{4}$ da área total (Tabela 3).

Tabela 3. Proporção territorial entre unidades geoambientais na microbacia do Riacho Capitão-Mor e no Estado do Ceará.

Unidade Geoambiental	Microbacia do Riacho Capitão-Mor	Estado do Ceará
Depressão sertaneja	77,11%	68,91%
Maçiços residuais	22,89%	7,7%
Demais unidades	–	15,19%

FONTE: Souza *et al.* (1979).

b) Aspectos pedológicos

As descrições dos perfis analisados encontram-se no Apêndice A, com as respectivas características morfológicas de cada horizonte. Os resultados das análises físicas e químicas encontram-se nas tabelas 4 e 5, respectivamente. DS1 localiza-se nos limites da associação PLS12, na qual predomina o Planossolo. O perfil analisado nesse compartimento foi classificado como **Planossolo Háptico Eutrófico típico** textura franco arenosa (Quadro 10; Tabela 4). O solo apresentou bastante dureza, o que dificultou a escavação do perfil. A trincheira foi cavada somente até a profundidade de 55 cm, que foi suficiente para classificar o perfil, embora o solo atingisse maior profundidade. O horizonte A foi classificado como fraco devido a sua pequena espessura (4 cm). O pédon apresentou horizonte E e transição abrupta, caracterizando o horizonte diagnóstico B plânico, um caso especial de horizonte B textural (EMBRAPA, 2006). Suas cores foram uniformes e sempre amareladas, 10YR ou 7,5YR (a maioria), com valores e cromas baixos (3/4 em todos os horizontes, com exceção do horizonte A, que se apresentou mais escuro: 2/2). Os valores da soma de bases (S) e da CTC foram os mais altos encontrados. Todos os horizontes se mostraram eutróficos ($V > 65\%$), com a saturação por bases aumentando conforme a profundidade (Tabela 5).

O compartimento **DS2** está incluso nas unidades de mapeamento de solo NC41 e NC42, ambas com predomínio de Luvisolo, conforme o Quadro 9. O perfil amostrado foi classificado como **Neossolo Regolítico Distrófico típico**, com textura de areia franca (Quadro 10; Tabela 4). A trincheira foi escavada até a profundidade de 133 cm sem, no entanto, ocorrer contato lítico. Os horizontes eram bastante homogêneos, tanto em textura (constante) como em cor, variando de bruno escuro no horizonte A (moderado), até bruno amarelado ou acinzentado nas camadas inferiores (todos com matiz 10YR). Com exceção dos horizontes A e AC, os teores de carbono orgânico foram muito baixos, variando entre 1,02 e 2,82 g/kg. Os valores da soma de bases (S) e da CTC foram relativamente baixos e inconstantes entre os

horizontes, com a soma de bases variando, irregularmente, entre 17,78 e 55,83 mmol_e/kg e a CTC entre 43,73 e 116,88 mmol_e/kg. Com exceção das duas camadas mais profundas (3C4 e 3Cr), todos os horizontes são distróficos, com a saturação por bases (V) também irregular com a profundidade (Tabela 5).

Compartimento	Unidade de Mapeamento (Associação)	Perfil amostrado
DS1	PLS12	Planossolo Háptico Eutrófico típico
DS2	NC41 / NC42	Neossolo Regolítico Distrófico típico
DS3	PE12	Luvissole Crômico Órtico típico
VS	PE12	Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário
PU	PE12	Argissolo Amarelo Distrófico típico

Quadro 10. Associações de solo esperadas e perfis amostrados nos compartimentos pedoclimáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Pedologicamente, o compartimento **DS3** diferencia-se de DS2 pela maior proximidade em relação ao maciço de Baturité, estando incluído em sua unidade de mapeamento de solos (PE12), com predomínio de Argissolo. O perfil analisado foi classificado como **Luvissole Crômico Órtico típico**, com textura franco-argilosa (Quadro 10; Tabela 4). O solo foi analisado a partir de um corte de estrada, com espessura de 70 cm. Os horizontes diferenciavam-se claramente pela mudança textural e pela cor (com Bt mais vermelho e A mais escurecido que BA). Os valores da soma de bases (S) e da CTC foram relativamente altos, próximos aos do compartimento DS1. A soma de bases apresentou valores crescentes com a profundidade, variando de 94,06 a 129,42 mmol_e/kg. A CTC apresentou o mesmo padrão, variando de 125,41 a 166,55 mmol_e/kg. A saturação por bases foi alta, variando entre 75 a 78% (Tabela 5).

O compartimento **VS** (também na associação PE12) teve seu perfil classificado como **Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário**, com textura franco-arenosa (Quadro 10; Tabela 4). Com pouco mais do que 30 cm de profundidade, apresentou uma seqüência de apenas 3 horizontes: A1-A2-Cr. Morfologicamente, A1 diferenciou-se de A2 por uma coloração levemente mais escura (seco). O horizonte A1 foi enquadrado com eutrófico (V = 57%), enquanto que A2, como distrófico (V = 48%), ambos com argila de alta atividade. Os valores soma de bases (S) e CTC decresceram de A1 (respectivamente, 76,22 e 134,80 mmol_e/kg) para A2 (51,80 e 108,73 mmol_e/kg) e foram medianos quando comparados com outros compartimentos (Tabela 5).

O perfil analisado em **PU** (também na associação PE12) foi classificado como **Argissolo Amarelo Distrófico típico**, com textura argilosa (Quadro 10; Tabela 4). Sua profundidade atingiu 194 cm. De todos os perfis analisados, foi o que apresentou horizontes com maior diferenciação pela cor, com sensíveis variações de matiz grandes variações de valores e cromas (ver Apêndice A). A relação textural foi de, aproximadamente, 1,9, caracterizando o horizonte B textural. Os horizontes B/A, Bt1, Bt2 e B/C apresentaram argila de baixa atividade. Todos os horizontes foram enquadrados como distróficos com saturação por bases irregular e não maior do que 44% (Tabela 5). Divergindo de todos os outros perfis analisados, foram encontrados altos valores de alumínio extraível, crescentes com a profundidade (Tabela 5). A soma de bases (S) e a CTC assumiram valores bastante irregulares. A CTC variou de 76,80 a 169,06 mmol/kg. A soma de bases atingiu os valores mais baixos encontrados, variando de 4,48 a 74,18 mmol/kg (Tabela 5).

A análise de agrupamento das características físicas e químicas do solo (Figura 11) agrupou todos os compartimentos em um nível de similaridade de 0,58 – com um nível aceitável de distorção (Coeficiente Cofenético de 0,8274). O dendrograma mostra, claramente, um padrão de gradiente, com compartimentos, progressivamente, mais diferentes. A similaridade entre os compartimentos DS1 e DS3 foi de 0,86, decrescendo progressivamente com a entrada de VS, DS2 e PU na análise (respectivamente).

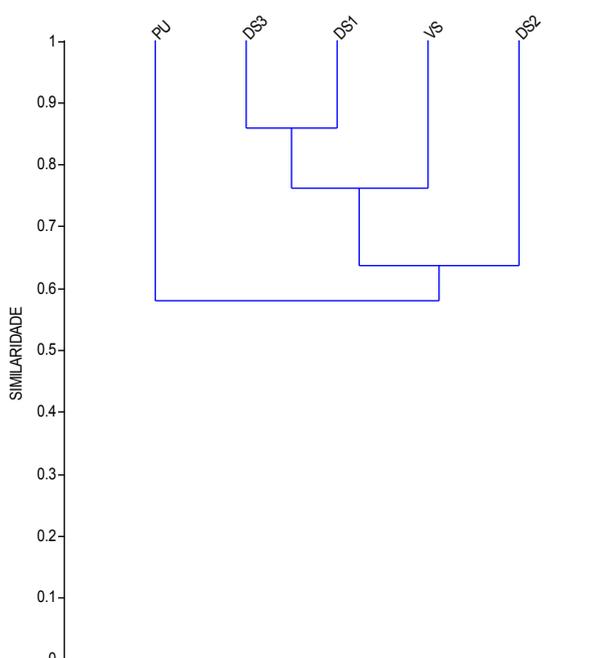


Figura 11. Similaridade entre caracteres pedológicos (físicos e químicos) dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

c) Fisionomia e estrutura vegetacional

A Tabela 6 apresenta um resumo das características estruturais e fisionômicas dos compartimentos analisados. Diferentemente do Platô Úmido do Maciço (PU), a vegetação encontrada nos compartimentos da depressão sertaneja (DS1, DS2, DS3) e da vertente (VS) mostrou-se bastante semelhante em todos os atributos estruturais analisados: densidade, altura (média e máxima) e área basal.

Tabela 6. Características estruturais e fisionômicas da vegetação dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Compartimento	Densidade	Altura		Diâmetro		Área Basal	Meses secos	Fisionomia*
		Mediana	Máxima	Mediano	Máximo			
		----- m -----		----- cm -----		-- m ² --		
DS1	296	3,9	8,5	8,53	35,70	2,72	7	Savana Estépica
DS2	246	3,3	6,0	8,95	39,81	2,60	7	Savana Estépica
DS3	237	3,2	7,5	9,83	56,37	3,55	7	Savana Estépica
VS	203	3,6	9,0	9,16	47,77	2,33	5-6	Savana Estépica
PU	409	5,0	21,0	9,05	67,20	4,57	3-4	Floreta Ombrófila

* Segundo Veloso *et al.* (1991)

O Platô do Maciço (PU) apresentou uma vegetação bem mais exuberante do que os demais compartimentos (DS1, DS2, DS3 e VS), atingindo maior densidade de árvores, maior porte, maior biomassa, além de maior riqueza de espécies, famílias e maior equitabilidade entre as espécies. A densidade de árvores no platô úmido (PU), 412 árvores em 0,1 ha, foi, aproximadamente, o dobro da constatada nos demais compartimentos, que variou entre 203 e 296 árvores em 0,1 ha. A altura média das árvores em PU foi de 5 m, enquanto que, nos demais compartimentos, variou entre 3,2 e 3,9 m. Já a altura máxima variou mais conspicuamente, atingindo 21 m em PU e variando entre 6 e 9 m nos outros compartimentos (Tabela 6).

A diferença de porte da vegetação do platô foi constatada ainda pela diferença entre os diâmetros das árvores. Os maiores diâmetros foram observados em PU (diâmetro máximo de 67,20 cm). Os diâmetros máximos dos outros compartimentos variaram entre 35,70 cm (DS1) e 56,37 cm (DS3). O diâmetro médio variou pouco entre os compartimentos, inclusive PU. Os diâmetros médios variaram entre 8,53 cm (DS1) e 9,83 cm (DS3). Apesar de

ter apresentado algumas lacunas, a distribuição das classes de diâmetros (a intervalos de 3 cm) apresentou um padrão geral semelhante em todos os compartimentos: uma curva exponencial decrescente (Figura 12) – indicando que os indivíduos são mais abundantes quanto mais jovens são (menores diâmetros); e quanto mais velhos (maiores diâmetros) mais raros. Na vegetação de todos os compartimentos, foram observadas inversões da curva de estrutura diamétrica (gerações mais velhas mais abundantes do que gerações juvenis) ou lacunas de diâmetro (gerações ausentes).

Como consequência da maior densidade de árvores e do maior porte destas (tanto em altura como em diâmetro do caule), a área basal da vegetação do compartimento PU, de 4,57 m², foi, consideravelmente, maior do que nos demais compartimentos, onde variou entre 2,33 e 3,55 m².

Além dos aspectos estruturais, as vegetações diferenciam-se quanto ao regime de caducifolia (condicionado pela disponibilidade hídrica). Segundo Veloso *et al.* (1991), essa disponibilidade hídrica manifesta-se, principalmente, pela proporção entre os meses secos e úmidos, sendo essa proporção um dos principais determinantes do tipo fisionômico das vegetações brasileiras. Nos compartimentos da depressão sertaneja (DS1, DS2 e DS3), onde normalmente há 7 meses secos por ano (Quadro 6), foi constatada total queda de folhas no fim da estação seca – outubro/novembro. Em VS, onde foi considerado o padrão intermediário de precipitação, a caducifolia não foi total; e em PU, onde a quantidade de meses secos varia entre 3 e 4, praticamente, não houve queda de folhas.

Com base nos critérios propostos por Veloso *et al.* (1991) para classificação de fisionomias vegetais brasileiras – formas de vida, caducifolia (quantidade de meses secos anuais), altura média e densidade de indivíduos – a vegetação dos compartimentos da depressão sertaneja e da vertente, DS1, DS2, DS3 e VS foram classificados como **Sanava Estépica** (Caatinga) – a mais árida das vegetações brasileiras, que necessita de pelo menos 6 meses secos anuais para se manifestar. Dentro dos próprios compartimentos (fora das áreas de amostragem), foram encontradas áreas com diferentes formas de Savana Estépica: “florestada”, “arborizada” e “gramíneo-lenhosa”. A vegetação de PU foi classificada como **Floresta Ombrófila Densa Montada** (Floresta Pluvial Tropical) – formação florestal perene, de grande porte, rica em plantas epífitas e que não tolera mais do que 3 meses secos anuais – no caso do Nordeste brasileiro, associada às formações montanhosas, onde se constata o efeito orográfico (LIMA *et al.* 2000; NIMER, 1972; VELOSO *et al.* 1991).

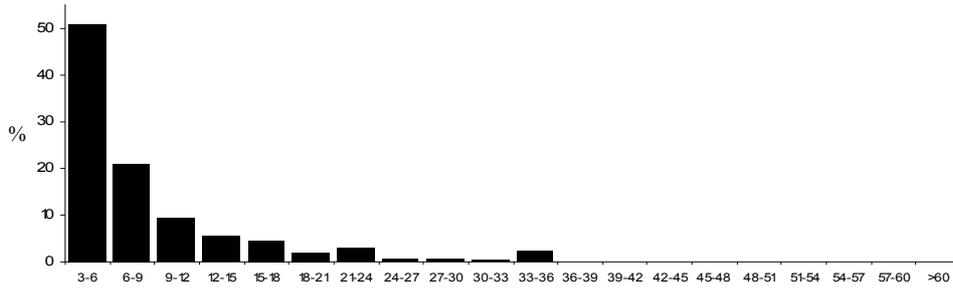
d) Cobertura vegetal

A cobertura vegetal e o estado geral de conservação variaram bastante entre os compartimentos pedo-climáticos (Tabela 7; Figura 13). Áreas com solo completamente exposto e áreas com ocupação humana (fazendas, sedes de municípios e distritos) mostraram-se presentes principalmente nos compartimentos da depressão sertaneja (abundantes em DS1, DS2 e moderadas em DS3), enquanto que, na vertente (VS) e no Platô (PU), esse tipo de alteração da paisagem foi pouco comum. A categoria de Cobertura Florestal esteve presente apenas nos compartimentos VS e PU. Nos compartimentos da depressão sertaneja, DS1, DS2 e DS3, onde a precipitação não é suficiente para sustentar uma biomassa maior e conseqüentemente uma fisionomia florestal, essa classe de cobertura não foi mapeada. As demais categorias de cobertura vegetal foram encontradas em todos os compartimentos.

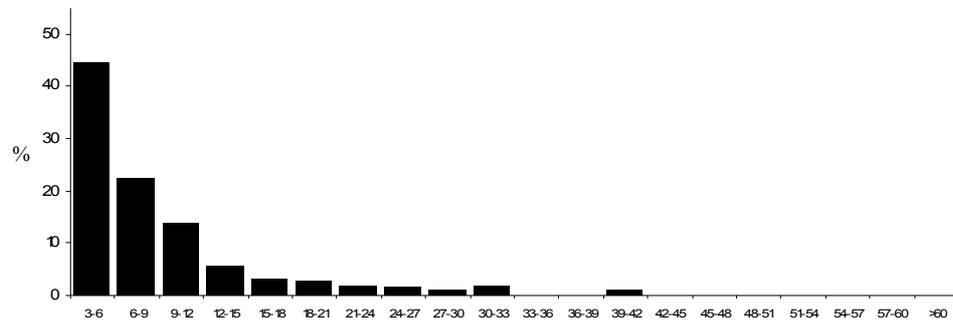
As áreas desmatadas e com predomínio de cobertura herbácea e plantações foram encontradas, principalmente, nas proximidades dos riachos, seguindo os cursos destes, enquanto que, em áreas menos drenadas (interflúvios), foram encontrados grandes fragmentos de vegetação de maior porte (arbustiva-arbórea ou florestal – a depender da unidade geoambiental). O grau de alteração da paisagem também foi maior nas proximidades da rodovia BR-020 e nas estradas não asfaltadas que adentram a microbacia a partir dela, decrescendo conforme o distanciamento desta.

O grau de alteração da paisagem e ocupação humana dos compartimentos também apresentou um padrão decrescente com a altitude: o percentual de áreas desmatadas e ambientes ocupados (abundantes na depressão sertaneja) diminuiu na vertente (VS) e no platô (PU). Apesar de ter apresentado um baixo índice de ocupação e solo exposto, o compartimento PU mostrou outro sinal de uso: a fragmentação da cobertura florestal. Nesse compartimento, foi conspícuo um padrão de fragmentos de cobertura florestal rodeados por uma “matriz” de cobertura arbustiva-arbórea ou herbácea (Figura 13).

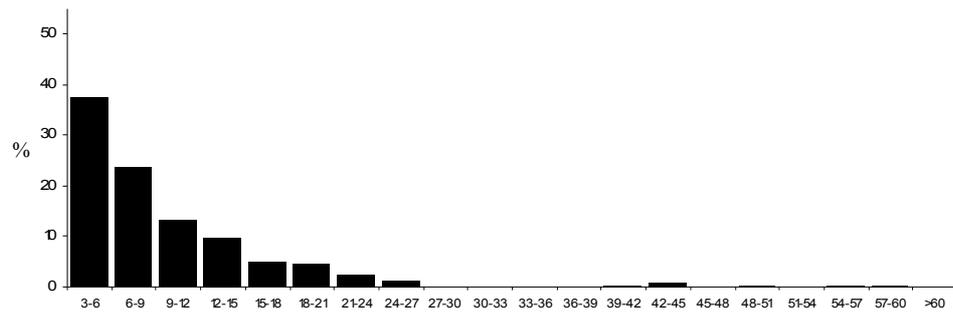
DS1 – Savana Estépica Florestada



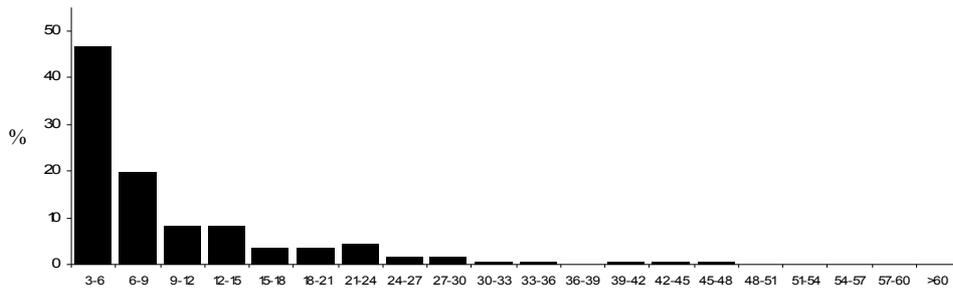
DS2 – Savana Estépica Florestada



DS3 – Savana Estépica Florestada



VS – Savana Estépica Florestada



PU – Floresta Ombrófila Montana

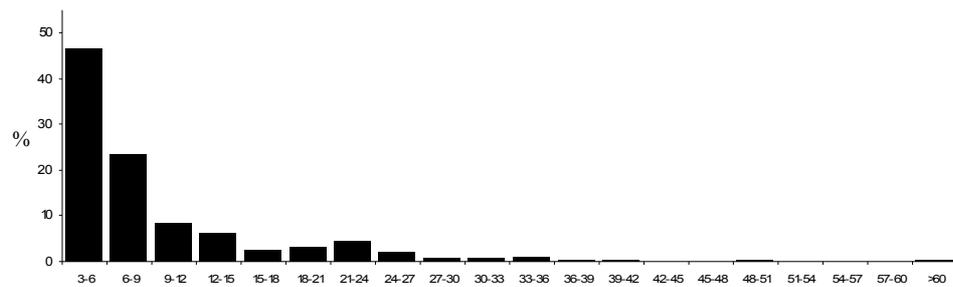


Figura 12. Estrutura diamétrica (cm) da comunidade vegetal amostrada em cada compartimento pedo-climático da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

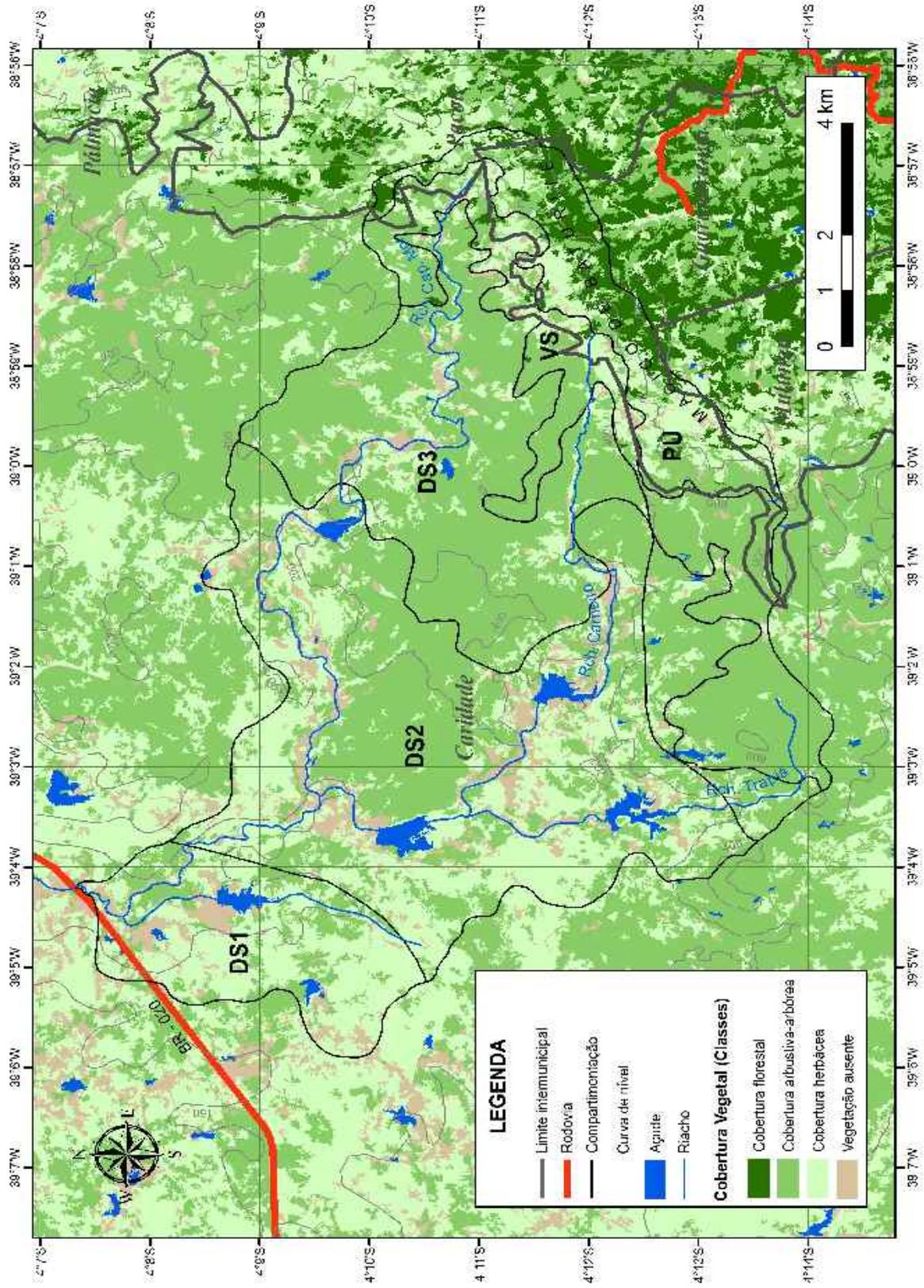


Figura 13. Mapa de cobertura vegetal da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

O índice de cobertura vegetal, baseado na proporção entre estádios de sucessão variou bastante entre os compartimentos. O menor valor foi observado em DS1, onde as vegetações de maior porte respondem por apenas 25,23% da superfície. Nesse compartimento, a cobertura herbácea e as áreas antrópicas / desmatadas respondem juntas por 72,69% da superfície. DS2 apresentou um índice de cobertura vegetal de 46,87%, com as áreas antrópicas / desmatadas ocupando 57,18% de sua superfície. Os compartimentos com maior índice de cobertura vegetal foram DS3 e VS, regiões mais afastadas da rodovia, dos maiores cursos d'água e com relevo irregular (Tabela 2) que, de fato, apresentaram os maiores percentuais de cobertura arbustiva-arbórea (respectivamente 77,49% e 75,93%). Em DS3, o índice de cobertura vegetal foi de 77,90% com apenas 22,00% de áreas desmatadas/antrópicas. Em VS, o índice foi de 78,25%, com apenas 21,48% de áreas desmatadas/antrópicas. Apesar de PU ter apresentado o mais baixo percentual de solo exposto e áreas antrópicas (2,20%), apresentou um dos mais altos percentuais de cobertura herbácea (37,64%), resultando em um índice de cobertura vegetal de 59,60%.

Tabela 7. Cobertura vegetal dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor (Ceará) com respectivos índices de cobertura vegetal.

Compartimento	COBERTURA VEGETAL					TOTAL	Índice de Cobertura Vegetal
	Cobertura Florestal	Cobertura arbustivo -arbórea	Cobertura herbácea	Solo exposto / ambiente antrópico	Água		
	----- % -----					--- km ² ---	---- % ----
DS1	-	24,35	58,00	14,69	2,78	13,18	25,23
DS2	-	45,54	39,46	12,16	2,84	46,27	46,87
DS3	-	77,49	17,72	4,28	0,50	30,60	77,90
VS	1,39	75,93	18,65	2,83	1,20	16,76	78,25
PU	29,04	29,74	37,64	2,20	1,38	9,96	59,60

e) Flora e fitossociologia

A composição florística e fitossociológica foi bastante semelhante nos compartimentos da depressão sertaneja, que apresentou elementos florísticos e riqueza de espécies típicos da Savana Estépica (Caatinga), segundo obras de referência (e.g. FIGUEIREDO, 1997; VELOSO *et al.* 1991) e outros trabalhos florísticos e fitossociológicos (e.g. ALCOFORADO-FILHO, 1993; GOMES, 1999; MEDEIROS, 1995; MENDES, 2003;

RODAL, 1992). Apesar de a vegetação do compartimento VS também ter sido enquadrada como Savana Estépica (Caatinga) e possuir grande parte dos elementos florísticos dessa formação, sua composição diferiu desta pela ausência em alguns elementos-chave da Caatinga, como *Combretum leprosum* e pela presença de espécies mais típicas de formações florestais, incomuns na Caatinga, como *Triplaris gardneriana* e *Cordia trichotoma*. O compartimento PU apresentou uma composição florística completamente distinta dos demais compartimentos, com uma riqueza, aproximadamente, duas vezes maior (Tabela 8) e com elementos florísticos tipicamente florestais (VELOSO, 1991), como *Cecropia* sp., *Vismia guianensis*, *Costus spiralis*, *Casearia* spp., *Ficus guianensis*, *Schoepfia brasiliensis*, *Zanthoxylum rhoifolium*, entre outros, também encontrados na região do Maciço de Baturité em outros levantamentos florísticos (ARAÚJO *et al.* 2006b; CEARÁ, 1991).

Tabela 8. Características florísticas e fitossociológicas das parcelas amostradas nos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Compartimento	Indivíduos	Riqueza		Índice de Shannon-Wiener	
		Famílias	Espécies	Diversidade	Equitatividade
DS1	296	10	15	0,4472	0,3802
DS2	246	6	10	0,7007	0,7007
DS3	237	11	17	0,9392	0,7633
VS	203	11	22	1,0805	0,8049
PU	409	23	38	1,3782	0,8724

Em **DS1**, foram registradas 15 espécies de 10 famílias (Tabela 8; Tabela 9). No entanto, houve uma forte dominância de *Croton blanchetianus*, que respondeu por 72% dos indivíduos e 51% da área basal, seguido por *Combretum leprosum* e *Auxemma onocalyx*, com, respectivamente, 14,86% e 4,05% dos indivíduos e 22,81% e 8,55% da área basal. As demais espécies respondem por valores menores de densidade e área basal. Aproximadamente metade das espécies possuiu apenas um único indivíduo. Esse quadro de dominância gerou valores muito baixos para o Índice de Diversidade e de Equitatividade de Shanon-Wiener, de apenas 0,4472 e 0,3802, respectivamente – os menores de toda a microbacia.

Em **DS2**, foram registradas apenas 10 espécies, pertencentes a 6 famílias (Tabela 8; Tabela 10) – a menor riqueza de todos os compartimentos. Diferentemente de DS1, nesse compartimento o índice de diversidade foi bem mais alto (0,7007), e a distribuição das espécies, mais equitativa (0,7007). As espécies mais representativas em número de indivíduos foram *Combretum leprosum* e *Croton blanchetianus*, responderam juntas por 60,57% da densidade. Quanto à área basal, as mais representativas foram *Combretum leprosum* e *Auxemma onocalyx*, com 50,84% da área basal.

Tabela 9. Composição florística do compartimento DS1, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. **D** = Densidade absoluta; **D (%)** = Densidade relativa; **AB** = Área basal (m²); **AB (%)** = Área basal relativa.

Família	Espécie	D	D (%)	AB	AB (%)
Anacardiaceae	<i>Myracroduon urundeuva</i>	1	0,34	0,091	3,35
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea caudigera</i>	2	0,68	0,003	0,12
Bombacaceae	<i>Pseudobombax marginatum</i>	1	0,34	0,015	0,57
Boraginaceae	<i>Auxemma oncocalyx</i>	12	4,05	0,233	8,55
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	1	0,34	0,001	0,03
	<i>Cereus jamacaru</i>	1	0,34	0,006	0,21
Cactaceae	<i>Pilosocereus chrysostele</i>	1	0,34	0,010	0,36
	<i>Pilosocereus pachycladus</i>	1	0,34	0,037	1,35
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	44	14,86	0,621	22,81
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i>	216	72,97	1,390	51,03
	<i>Jatropha mollissima</i>	5	1,69	0,014	0,53
Leguminosae (Caesalpinoideae)	<i>Caesalpinia ferrea</i>	2	0,68	0,060	2,22
Leguminosae (Mimosoideae)	<i>Mimosa tenuiflora</i>	3	1,01	0,197	7,23
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	1	0,34	0,004	0,14
Malvaceae	<i>Helicteres</i> sp.	5	1,69	0,041	1,49
TOTAL		296	100,00	2,724	100,00

Em **DS3**, foram registradas 17 espécies de 11 famílias (Tabela 8; Tabela 11), formando uma comunidade mais equitativa do que nos dois primeiros compartimentos (Índice de Equitatividade de Shanon-Wiener = 0,7633), representatividade menos discrepante entre as espécies. Ao contrário dos compartimentos DS1 e DS2, os padrões de densidade e área basal foram divergentes: as espécies mais representativas em densidade de indivíduos diferiram das mais representativas em área basal. As espécies mais representativas em densidade foram *Croton blanchetianus* (28,27%), *Combretum leprosum* (23,21%) e *Aspidosperma pyriformium* (14,35%). Quanto à área basal, as dominantes foram: *Combretum leprosum* (28,52%), *Ziziphus joazeiro* (15,61%) e *Aspidosperma pyriformium* (11,09%).

Tabela 10. Composição florística do compartimento DS2, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. **D** = Densidade absoluta; **D (%)** = Densidade relativa; **AB** = Área basal (m²); **AB (%)** = Área basal relativa.

Família	Espécie	D	D (%)	AB	AB (%)
Boraginaceae	<i>Auxemma oncocalyx</i>	44	17,89	0,508	19,59
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i>	2	0,81	0,006	0,22
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	97	39,43	0,811	31,25
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i>	52	21,14	0,273	10,52
	<i>Jatropha mollissima</i>	16	6,50	0,102	3,92
Leguminosae (Caesalpinoideae)	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	4	1,63	0,161	6,20
	<i>Senna macranthera</i>	1	0,41	0,001	0,05
Leguminosae (Mimosoideae)	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	27	10,98	0,680	26,19
	<i>Mimosa tenuiflora</i>	1	0,41	0,052	2,01
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i>	2	0,81	0,002	0,06
TOTAL		246	100,00	2,595	100,00

Tabela 11. Composição florística do compartimento DS3, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. **D** = Densidade absoluta; **D (%)** = Densidade relativa; **AB** = Área basal (m²); **AB (%)** = Área basal relativa.

Família	Espécie	D	D (%)	AB	AB (%)
Anacardiaceae	<i>Myracrodouon urundeuva</i>	3	1,27	0,145	4,08
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	34	14,35	0,394	11,09
Boraginaceae	<i>Auxemma onocalyx</i>	13	5,49	0,270	7,60
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	9	3,80	0,259	7,31
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i>	9	3,80	0,034	0,96
	<i>Pilosocereus chrysostele</i>	1	0,42	0,003	0,09
Capparaceae	<i>Capparis cynophallophora</i>	3	1,27	0,028	0,78
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	55	23,21	1,012	28,52
	<i>Croton blanchetianus</i>	67	28,27	0,381	10,73
Euphorbiaceae	<i>Jatropha mollissima</i>	4	1,69	0,013	0,36
	<i>Bauhinia aromatica</i>	1	0,42	0,001	0,02
	<i>Caesalpinia ferrea</i>	2	0,84	0,074	2,09
Leguminosae (Caesalpinoideae)	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	13	5,49	0,236	6,66
	<i>Chamaechrista</i> sp.	5	2,11	0,015	0,41
Leguminosae (Mimosoideae)	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	3	1,27	0,015	0,42
Malvaceae	<i>Helicteres</i> sp.	7	2,95	0,116	3,27
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i>	8	3,38	0,554	15,61
TOTAL		237	100,00	3,548	100,00

Em **VS**, foram registradas 22 espécies, pertencentes a 11 famílias (Tabela 8; Tabela 12). A flora desse compartimento apresentou riqueza de espécies e equitatividade pouco maior do que os compartimentos anteriores (Índice de Equitatividade de Shanon-Wiener = 0,8049), com elementos típicos de Savana Estépica, ou Caatinga, (como *Croton blanchetianus* e *Mimosa caesalpiniiifolia*) e alguns elementos típicos de matas serranas (como *Cordia trichotoma* e *Triplaris gardneriana*). Contudo, não foram encontrados quaisquer elementos comuns às floras de VS e PU. Assim como em DS3, os padrões de dominância em densidade de indivíduos e área basal foram divergentes. Na densidade de indivíduos, foram dominantes: *Croton blanchetianus* (20,69%), *Piptadenia stipulacea* (17,73%) e *Capparis flexuosa* (15,27%). Em área basal, as dominantes foram: *Mimosa caesalpiniiifolia* (32,36%), *Piptadenia stipulacea* (13,46%) e *Croton blanchetianus* (13,19%).

Em **PU**, foram encontradas 38 espécies e 23 famílias (Tabela 8; Tabela 13), típicas de matas serranas e completamente distintas dos demais compartimentos (inclusive no compartimento VS) onde predominaram espécies de caatinga. Foi o compartimento que apresentou maior índice de diversidade e distribuição mais equitativa entre as diferentes espécies (Tabela 8). Muitas espécies possuíam apenas um único indivíduo como representante, mas nenhuma das espécies mais abundantes alcançou sequer 15% de densidade ou área basal.

Tabela 12. Composição florística do compartimento VS, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. **D** = Densidade absoluta; **D (%)** = Densidade relativa; **AB** = Área basal (m²); **AB (%)** = Área basal relativa.

Família	Espécie	D	D (%)	AB	AB (%)
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	1	0,49	0,005	0,21
Asteraceae	Não Identificada (a)	3	1,48	0,003	0,15
	<i>Wedelia</i> cf. <i>scaberrima</i>	9	4,43	0,014	0,60
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea caudigera</i>	4	1,97	0,013	0,55
Boraginaceae	<i>Auxemma oncocalyx</i>	1	0,49	0,141	6,04
	<i>Cordia trichotoma</i>	4	1,97	0,007	0,30
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i>	3	1,48	0,025	1,06
	<i>Pilosocereus chrysostele</i>	1	0,49	0,002	0,07
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i>	31	15,27	0,187	8,03
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i>	42	20,69	0,307	13,19
	Não Identificada	4	1,97	0,095	4,08
	<i>Bauhinia aromatica</i>	4	1,97	0,009	0,38
Leguminosae (Caesalpinioideae)	<i>Caesalpinia ferrea</i>	1	0,49	0,066	2,83
	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	4	1,97	0,066	2,84
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	8	3,94	0,208	8,91
	<i>Chloroleucon dumosum</i>	8	3,94	0,036	1,54
Leguminosae (Mimosoideae)	<i>Mimosa arenosa</i>	9	4,43	0,029	1,23
	<i>Mimosa caesapiniifolia</i>	15	7,39	0,754	32,36
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	36	17,73	0,314	13,46
Malvaceae	Não Identificada	1	0,49	0,017	0,72
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i>	1	0,49	0,001	0,03
Verbenaceae	<i>Lantana</i> cf. <i>camara</i>	13	6,40	0,033	1,41
TOTAL		203	100,00	2,331	100,00

Assim como em DS3 e VS, houve certa divergência na dominância de densidade de indivíduos e área basal, porém, em PU, as espécies dominantes em densidade foram completamente distintas das dominantes em área basal. Em densidade, as espécies mais representativas foram *Myrcia rostrata* (10,27%), *Allophyllus edulis* (7,58%) e *Cinnamomum* cf. *triplinerve* (7,09%). Em área basal, as espécies dominantes foram *Manihot glaziovii* (14,94%), espécie não identificada (Anacardiaceae, 11,34%) e *Cecropia* sp. (9,27%).

A Análise de Agrupamento realizada com a composição fitossociológica na microbacia do Riacho Capitão-Mor apresentou baixo nível de distorção (Coeficiente Cofenético de 0,9904) – Figura 14. A análise resultou em dois grupos: (1) um constituído pelo compartimento PU isoladamente, e outro (2) composto pelos demais compartimentos. A similaridade entre eles foi de zero, ou seja, não apresentaram qualquer semelhança fitossociológica. O grupo (2), formado pelos demais compartimentos, apresentou um gradiente: VS < DS1 < DS2 + DS3, com similaridade de 0,25 a 0,56 (Figura 14). Dentre eles, DS2 e DS3 se mostraram mais semelhantes entre si (similaridade de 0,56) do que em relação a DS1 e VS.

Tabela 13. Composição florística do compartimento PU, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. **D** = Densidade absoluta; **D (%)** = Densidade relativa; **AB** = Área basal (m²); **AB (%)** = Área basal relativa.

Família	Espécie	D	D (%)	AB	AB (%)
Anacardiaceae	Não Identificada	4	0,98	0,518	11,34
Apocynaceae	Não Identificada	2	0,49	0,082	1,8
Asteraceae	Não Identificada (b)	1	0,24	0,004	0,08
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1	0,24	0,033	0,71
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> sp.	22	5,38	0,423	9,27
Celastraceae	<i>Maytenus</i> sp.	1	0,24	0,001	0,03
Clusiaceae	<i>Vismia guianensis</i>	18	4,4	0,140	3,07
Costaceae	<i>Costus spiralis</i>	2	0,49	0,007	0,16
Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i>	24	5,87	0,683	14,94
	<i>Banara guianensis</i>	2	0,49	0,007	0,14
Flacourtiaceae	<i>Casearia silvestris</i>	15	3,67	0,070	1,52
	<i>Casearia</i> sp.	23	5,62	0,169	3,7
Lauraceae	<i>Cinnamomum cf triplinerve</i>	29	7,09	0,144	3,16
Leguminosae (Caesalpinoideae)	<i>Senna georgica</i>	1	0,24	0,000	0
	<i>Albizia polycephala</i>	25	6,11	0,083	1,82
Leguminosae (Mimosoideae)	<i>Inga vera</i>	7	1,71	0,245	5,35
	<i>Machaerium hirtum</i>	16	3,91	0,038	0,83
	<i>Bunchosia cf acuminata</i>	18	4,4	0,038	0,83
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crispa</i>	1	0,24	0,005	0,11
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	2	0,49	0,045	0,99
Moraceae	<i>Ficus guianensis</i>	3	0,73	0,250	5,47
	<i>Camponesia aromatica</i>	5	1,22	0,009	0,21
	<i>Eugenia cf. ligustrina</i>	4	0,98	0,004	0,09
Myrtaceae	<i>Myrcia alagoensis</i>	9	2,2	0,016	0,36
	<i>Myrcia rostrata</i>	42	10,27	0,189	4,14
	<i>Myrcia</i> sp.	2	0,49	0,053	1,16
	<i>Guapira cf oposita</i>	17	4,15	0,075	1,73
Nyctaginaceae	Não Identificada	7	1,71	0,019	0,42
Ochnaceae	<i>Ouratea</i> sp.	5	1,22	0,006	0,13
Olacaceae	<i>Schoepfia cf. brasiliensis</i>	14	3,42	0,083	1,82
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	22	5,38	0,503	11
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	31	7,58	0,155	3,4
	<i>Cupania</i> sp.	6	1,47	0,024	0,52
	<i>Brunfelsia uniflora</i>	4	0,98	0,008	0,18
Solanaceae	Não Identificada	1	0,24	0,010	0,21
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis racemosa</i>	1	0,24	0,001	0,02
	Não Identificada (A)	5	1,21	0,118	2,59
Não identificada	Não identificada (B)	6	1,46	0,112	2,47
	Árvore morta	11	2,69	0,195	4,26
	TOTAL	409	100	4,569	100

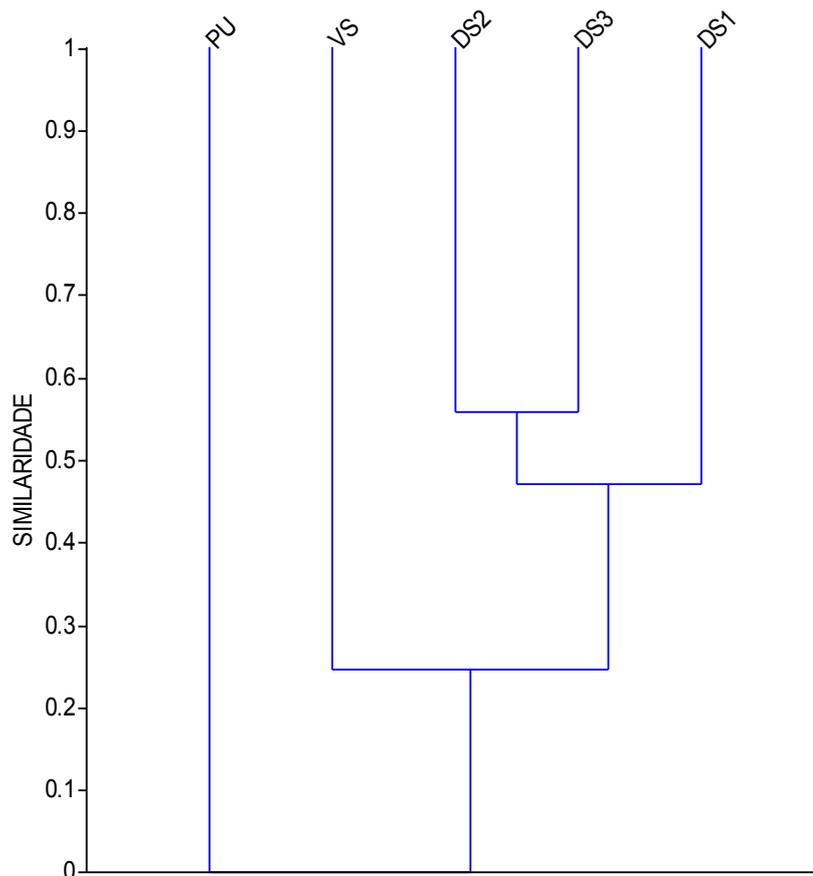


Figura 14. Similaridade fitossociológica (*Bray-Curtis*) entre os compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

f) Distribuição das espécies vs. Fatores ambientais

A análise de correspondência retificada – *DCA* (Figura 15) detalha e associa os resultados da análise de agrupamento (Figura 14) às correlações observadas entre as distribuições das espécies e os fatores ambientais (Tabela 14). As dissimilaridades encontradas na análise de agrupamento repetem-se na *DCA*, embora associadas a seus eixos – a hierarquia de (dis)similaridade nos eixos da *DCA* é a mesma do fluxograma da Análise de agrupamento. A Figura 15 contém os eixos do gráfico (tridimensional) da Análise de Correspondência (*DCA*), mostrando a distribuição das espécies nos pontos amostrados bem como suas respostas aos fatores ambientais. Os autovalores dos dois primeiros eixos foram, respectivamente, 1,000 e 0,633.

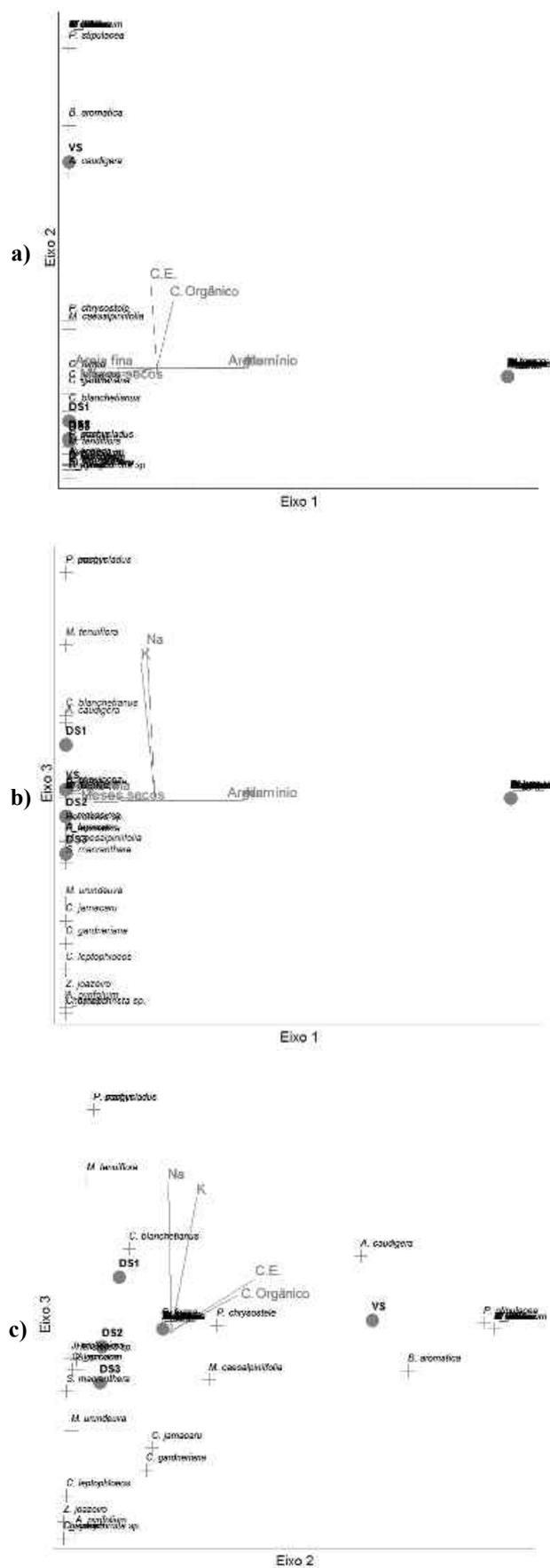


Figura 15. Análise de Correspondência Retificada (DCA) entre a abundância das espécies vegetais e os fatores ambientais na microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará. a) Eixos 1 e 2. b) Eixos 1 e 3. c) Eixos 2 e 3.

Tabela 14. Correlações lineares entre fatores ambientais e os eixos da Análise de Correspondência Retificada (DCA).

Fator Ambiental	Coeficiente de Correlação de Pearson (r)		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Alumínio (Al)	+ 0,996 **	- 0,060	+ 0,014
Saturação por alumínio (m)	+ 0,994 **	- 0,001	+ 0,021
Areia fina (g/kg)	- 0,963 **	- 0,068	+ 0,183
Meses secos/úmidos	- 0,907 **	- 0,382 *	- 0,101
Argila (g/kg)	+ 0,905 **	- 0,099	- 0,010
Saturação por bases (V)	- 0,880 **	- 0,291	+ 0,044
pH	- 0,693 *	- 0,537 *	+ 0,231
Hidrogênio (H)	+ 0,643 *	+ 0,680 *	+ 0,126
Cálcio (Ca)	- 0,603 *	- 0,193	- 0,092
Soma de bases (S)	- 0,576 *	- 0,202	+ 0,284
Fósforo (P)	- 0,567 *	+ 0,646 *	- 0,115
Silte (g/kg)	- 0,513 *	+ 0,101	- 0,415 *
Magnésio (Mg)	- 0,438 *	- 0,231	+ 0,608 *
Carbono orgânico	+ 0,433 *	+ 0,790 **	+ 0,418 *
Potássio (K)	- 0,393 *	+ 0,486 *	+ 0,804 **
Sódio (Na)	- 0,306 *	- 0,160	+ 0,848 **
CTC (T)	- 0,279	+ 0,006	+ 0,369 *
Condutividade elétrica	- 0,278	+ 0,885 **	+ 0,504 *
Sat. por sódio (PST)	- 0,194	- 0,219	+ 0,500 *
Areia grossa (g/kg)	- 0,043	+ 0,129	+ 0,100

* $0,3 < |r| < 0,7$ (Correlação moderada)

** $|r| > 0,7$ (Correlação forte)

A Tabela 14 mostra os coeficientes de correlação linear entre os fatores ambientais analisados e a distribuição das espécies nos eixos. Os fatores ambientais que apresentaram fortes correlações ($|r| > 0,700$) foram alumínio, saturação por alumínio (m), areia fina, umidade (meses secos/úmidos), argila, saturação por bases, carbono orgânico, potássio, sódio e condutividade elétrica. Os demais fatores apresentaram correlação moderada ($0,3 < |r| < 0,7$) com pelo menos um eixo, com exceção do teor de areia grossa (g/kg), que não apresentou correlações moderadas ou fortes com eixo algum.

O Eixo 1 respondeu pela dissimilaridade entre o compartimento PU e os demais compartimentos (Figura 15–A,B). Os fatores cujos vetores se apresentaram mais alinhados e apresentaram maiores correlações com o Eixo 1 foram alumínio, areia fina, argila, meses secos, saturação por bases (V), "m" e pH. O Eixo 2 respondeu pelo agrupamento dos compartimentos da depressão sertaneja *versus* o compartimento VS (Figura 15–A,C). Os fatores mais alinhados e que apresentaram maiores correlações com o Eixo 2 foram carbono orgânico, condutividade elétrica, fósforo e hidrogênio. Sódio, potássio e magnésio mostraram-se alinhados ao Eixo 3, que respondeu pela diferenciação entre os compartimentos da depressão sertaneja: DS1, DS2 e DS3 (Figura 15–B,C). Os demais fatores apresentaram

correlações moderadas a fracas e não se apresentaram alinhados a nenhum eixo especificamente (Figura 15, Tabela 14).

As espécies encontradas em PU (não encontradas nas amostras dos demais compartimentos) mostraram-se densamente agrupadas no gráfico, no fim do Eixo 1 (Figura 15–A,B). Sua distribuição mostrou correspondência com acidez, baixa proporção de meses secos anuais, baixa saturação de bases (V), por altos níveis de alumínio, "m" e de argila (*versus* baixos níveis de areia fina).

As demais espécies encontraram-se agrupadas na origem do Eixo 1 (Figura 15–A,B). Essa configuração significa que, entre essas espécies, há um padrão de resposta oposto à das espécies de PU em relação ao fatores citados acima. A dispersão dessas espécies no gráfico se dá nos Eixos 2 e 3, principalmente no eixo 2, que separa as espécies típicas da depressão sertaneja (próximas à origem desse eixo) das espécies que ocorreram exclusivamente em VS, ou que apresentaram maior abundância nesse compartimento: *Anadenanthera colubrina*, *Arrabidaea caudigera*, *Bauhinia aromatica*, *Capparis flexuosa*, *Chloroleucon dumosum*, *Cordia trichotoma*, *Lantana camara*, *Mimosa arenosa*, *Piptadenia stipulacea*, *Triplaris gardneriana* e *Wedelia scaberrima* (Figura 15–A,C). Inversamente ao padrão das espécies da depressão sertaneja, a distribuição das espécies de VS apresentou correlações positivas com teores de carbono orgânico, condutividade elétrica, hidrogênio e fósforo.

Por fim, ao longo do Eixo 3 estabeleceu-se o gradiente de espécies da depressão sertaneja. Próximas a origem do eixo localizaram-se *Aspidosperma pyrifolium*, *Caesalpinia gardneriana*, *Capparis cynophallophora*, *Cereus jamacaru*, *Chamaechrista* sp., *Commiphora leptophloeos*, *Myracrodouon urundeuva* e *Ziziphus joazeiro* – apresentando correlações positivas com sódio, potássio e magnésio. No outro extremo, encontram-se *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Pilosocereus pachycladus* e *Pseudobombax marginatum* (Figura 15–B,C).

4.2 Proposição de áreas prioritárias de conservação

Foram mapeadas na microbacia do Riacho Capitão-Mor quatro tipos de área de preservação permanente: matas ciliares (ao longo dos cursos d'água e reservatórios), de declividade (declividade > 45°), de topo de morro (terço superior) e de nascentes.

As APP de mata ciliar são faixas de preservação que se distribuem ao longo dos cursos d'água, portanto, com forma linear, com largura proporcional à largura do leito (Lei Federal n.º 4.771/1965). Foram mapeadas ao longo de toda a microbacia e contemplaram todos os compartimentos pedo-climáticos, ao longo dos cursos d'água. Assim, as APP de mata ciliar apresentaram menor densidade na porção baixa da bacia, onde a largura da APP foi de 50 m em cada margem, enquanto que, nas porções média e alta, a densidade das APP é maior, seguindo o padrão da drenagem – com largura de 30 m em cada margem.

Após o levantamento das características do meio ambiente, das Unidades de Conservação (UC) e Áreas de Preservação Permanente (APP) já existentes na microbacia, do estado de conservação e da cobertura vegetal em cada compartimento, foi feito um diagnóstico do estado de conservação de cada um deles, que por sua vez, subsidiou a elaboração de diretrizes de manejo e prioridades de conservação para cada compartimento pedo-climático (Quadro 11). Com bases nessas diretrizes, foram delimitadas as áreas mais aptas a receber os respectivos regimes de manejo e unidades de conservação em cada compartimento pedo-climático da microbacia do Riacho Capitão-Mor – delimitando-se trechos de APP de mata ciliar para assumirem função de corredores ecológicos entre as UC.

O compartimento DS1 foi o compartimento que apresentou pior estado de conservação. Fica próximo à sede do distrito, é cortado pela rodovia BR-020 e possui muitas propriedades rurais ativas, onde eram desempenhadas atividades de agricultura, pecuária extensiva, corte de madeira, entre outras. Além de um alto percentual de vegetação herbácea e solo exposto constatado pela imagem de satélite, a degradação se manifestou na estrutura etária das árvores e na composição da comunidade vegetal da parcela amostrada (com a forte dominância de *Croton blanchetianus* em densidade e área basal). Esse compartimento não era contemplado por qualquer unidade de conservação, mas apenas APP (nascentes e matas ciliares). Como prioridade de conservação nesse compartimento, foi estabelecida a instituição de uma área de recuperação ambiental, pois apesar do estado degradado e do baixo índice de diversidade e equitatividade, ainda possui um bom banco de espécies, inclusive espécies raras ou relativamente de baixa densidade, como *Pseudobombax marginatum* (Tabela 9).

O compartimento DS2 encontrou-se moderadamente conservado. Apesar de ter apresentado o segundo menor índice de cobertura vegetal, esse foi bastante maior do que o de DS1 (Tabela 7), e apresentou o maior fragmento de vegetação arbórea-arbustiva da microbacia (Figura 13). O compartimento possui poucas habitações (Figura 16). Segundo relato de um morador local, boa parte da região norte desse compartimento pertence a um único dono, seu patrão, que há muito não manifestava interesse em utilizar suas terras. De

fato, nessa região foram constatados pouquíssimos trechos ativos, somente com pecuária e corte de lenha, para subsistência de moradores locais. Há poucas propriedades rurais ativas. No entanto, na região sul desse compartimento, há mais ocupação humana: um assentamento às margens do riacho Carneiro (Assentamento Carneiro) e propriedades rurais ativas ao longo do Riacho Trapiá, com exploração de carnaúba, pecuária e corte de lenha.

O compartimento DS2 também não era contemplado por nenhuma unidade de conservação – apenas áreas de preservação permanente (nascentes e mata ciliar). Para conservação desse compartimento, foi priorizado um grande fragmento de vegetação arbustivo-arbórea localizado no centro do compartimento, quase completamente cercado por riachos e sem estradas de acesso (Figura 13). Essa área foi considerada propícia à instalação de uma UC de Proteção Integral por apresentar dificuldade de acesso, conter cobertura contínua por vegetação arbustiva arbórea e, principalmente, ser um fragmento grande (8,32 km²). Além disso, o respectivo fragmento fica adjacente a um pequeno serrote do compartimento DS3, que apresenta condições bastante similares, com os diferenciais de apresentar maior declividade e conter nascentes e cursos d'água.

Apesar de ter apresentado grande número de lacunas etárias na parcela de vegetação amostrada, o compartimento DS3 apresentou o segundo maior índice de cobertura vegetal: pouco mais do que $\frac{3}{4}$ de sua superfície constituía vegetação arbustiva-arbórea. Há poucas habitações nesse compartimento – condensadas principalmente em uma pequena vila com não mais do que dez casas e uma pequena capela. No setor norte do compartimento, há poucos terrenos utilizados para agricultura – situados principalmente na planície de inundação do Riacho Capitão-Mor (Figura 17-A). O compartimento DS3 ainda não é contemplado por qualquer unidade de conservação – apenas áreas de preservação permanente de nascentes, matas ciliares e de declividade (áreas pouco extensas). Como medida prioritária nesse compartimento foi proposta a implantação de uma UC em um pequeno serrote (que atinge cerca de 600 m) que ocupa posição central no compartimento (Figura 13; Figura 17-B). Essa escolha justificou-se na posição relativa do serrote (no centro do compartimento); em seu estado de conservação (com cobertura vegetal contínua e íntegra); no fato de abrigar nascentes dos riachos Capitão-Mor e Carneiro; e no fato de o mesmo ser completamente cercado por riachos – não havendo inclusive estrada ou ponto de acesso ao mesmo.

Em geral, o compartimento VS foi o mais conservado – juntamente com DS3 foram os compartimentos com menos ocupação humana. Em todos os indicadores de perturbação ecológica utilizados, sua situação foi boa, tendo, inclusive, apresentado o maior valor do índice de cobertura vegetal (Tabela 7). Trata-se de uma área de difícil acesso, com

vias não asfaltadas e muito inclinadas. Havia poucas habitações e poucas propriedades rurais ativas (principalmente com pecuária), no entanto, foram encontradas áreas de agricultura em áreas de alta declividade (Figura 18) e uma pedreira na vertente. O Compartimento VS também não tem unidades de conservação – apenas áreas de preservação permanente (matas ciliares, nascentes e declividade). Nesse compartimento, foram priorizadas áreas de maior declividade, uma vez que áreas com essas condições de relevo além de serem mais frágeis (suscetíveis à erosão e desmoronamentos), são de difícil acesso e inadequadas à agricultura – minimizando efeitos adversos da conservação sobre a geração de renda e ainda possíveis transtornos com desapropriações.

O compartimento PU foi o mais diferenciado no que diz respeito a uso e ocupação do solo. Além da existência de casa de veraneio, as propriedades eram bem menores do que na depressão sertaneja. Os tipos de cultura predominantes também diferiram: enquanto que, na depressão sertaneja, predominaram plantações de milho e feijão, no platô do maciço, predominaram culturas de café, banana e outras frutíferas. As APP de mata ciliar desse compartimento são, assim como em VS, pouco extensas, mas abundantes, há várias nascentes e respectivas APP. Além das áreas de preservação permanente (matas ciliares, nascentes e declividade), esse compartimento está totalmente inserido dentro dos limites da APA da Serra de Baturité – delimitada como a porção do maciço acima da cota de 600 m. Uma vez que esse compartimento já é contemplado por uma UC de uso sustentável, foi-lhe definida como ação prioritária de conservação a criação de uma unidade de conservação da categoria “Proteção Integral” dentro da APA, bem como a efetivação de seu plano de manejo.

Foram propostas cinco áreas prioritárias de conservação para a microbacia do Riacho Capitão-Mor, bem como seis corredores ecológicos para interligá-las. A partir dos princípios e diretrizes de conservação já mencionadas, bem como as prioridades de manejo definidas para cada compartimento (Quadro 11), foram propostos três tipos de regime de uso:

- **Áreas de Recuperação Ambiental (AR)** – áreas com severo grau de degradação ambiental, destinadas a planos de recuperação ou restauração, envolvendo reflorestamento, racionamento de recursos florestais e rodízio de roçados – podendo, posteriormente, ser convertidas em unidades de uso sustentável ou mesmo de proteção integral;
- **Áreas de Uso Sustentável (US)** – áreas com estado de conservação bom ou relativamente bom, porém, aptas a atividades econômicas. Esse regime de uso visa à compatibilização das atividades econômicas com a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade em longo prazo; e

- **Áreas de Proteção Integral (PI)** – Áreas com estado de conservação bom ou relativamente bom, ou impróprias para muitas atividades econômicas, principalmente devido à declividade e à abundância de Neossolos Litólicos e afloramentos. O regime de uso consiste na não intervenção no ambiente, na não realização de qualquer atividade humana, com ou sem fins econômicos. Foram escolhidas em função da dificuldade de acesso, aliada ao bom estado de conservação e à localização geográfica dessas áreas – favorecendo uma distribuição espacialmente equitativa das unidades de conservação.

A Tabela 15 mostra a extensão territorial das unidades de conservação propostas na microbacia do Riacho Capitão-Mor, enquanto que a Figura 19 mostra suas respectivas formas e localizações geográficas. Foi proposta somente uma área de recuperação, denominada AR, contemplando os compartimentos DS1 e DS2 – com área de 2,26 km², ou 1,93%. As áreas designadas para o regime de uso sustentável totalizaram 12,67 km², ou 10,85% da microbacia. Foram designadas como US-I e US-II, contemplando respectivamente o compartimento DS2 e os compartimentos DS2 e DS3. Para o regime de proteção integral, foram designadas também duas áreas, com área total de 11,985 km², ou seja, 10,25% da microbacia – designadas como PI-I (contígua a US-I) e PI-II, contemplando, respectivamente, os compartimentos DS3 (com pequena extensão em DS2) e os compartimentos PU e VS (com pequena extensão em DS3). Além das cinco unidades de conservação, foram propostos seis corredores ecológicos interligando-as, formando uma rede de conservação (Figura 19). Os corredores possuem forma linear – com largura definida de 250 m (125 m em cada margem do rio), totalizando 8,6 km de extensão e uma área linear não contínua de 2,27 km² (1,94% da microbacia).

Tabela 15. Extensão territorial das unidades de conservação propostas para a microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Unidade de Conservação	Área em km²	Percentual da microbacia
Área de Recuperação (AR)	2,26	1,93%
Área de Uso Sustentável I (US-I)	8,32	7,13%
Área de Uso Sustentável II (US-II)	4,35	3,72%
Área de Proteção Integral I (PI-I)	6,82	5,84%
Área de Proteção Integral II (PI-II)	5,16	4,41%
Corredores Ecológicos (CE)	2,27	1,94%
TOTAL	29,18	24,98%



Figura 16. Plantação de milho cercada por terrenos inativos em propriedade rural do compartimento DS2, microbacia do Riacho Capitão-Mor, Ceará.

Figura 17. Compartimento DS3. a) Plantações de milho na planície de inundação do Riacho Capitão-Mor; b) Açude do Assentamento Carneiro – ao fundo, o serrote definido como área prioritária de conservação no compartimento.

Figura 18. Plantação em plena vertente do Maciço de Baturité – região de alta declividade.

Compartimento	Meio Físico	Meio Biótico	Áreas Protegidas	Estado de Conservação	Prioridade de manejo e conservação
DS1	Relevo plano Porção baixa da microbacia Rede de drenagem esparsa; Poucas nascentes Clima semi-árido (7 meses secos); Predomínio de Planossolo	Vegetação e flora: Savana Estépica Riqueza mediana de espécies, apesar da monodominância de <i>C. blanchettianus</i>	APP de Mata ciliar APP de nascente Nenhuma UC	Índice de cobertura vegetal = 25,23% Vegetação amostrada com 2 inversões na curva etária	Criar Área de Recuperação Ambiental
DS2	Relevo plano a montanhoso Porção média-baixa da microbacia, drenagem pouco densa, algumas nascentes; Clima semi-árido (7 meses secos); Predomínio de Luvissoilo	Vegetação e flora: Savana Estépica Riqueza média de espécies	APP de Mata ciliar APP de Nascente Nenhuma UC	Índice de cobertura vegetal = 46,87% Vegetação amostrada com 1 inversão e 2 lacunas na curva etária	Criar UC de uso sustentável e proteção integral no Fragmento Central do compartimento
DS3	Relevo suave ondulado a montanhoso Porção média-alta da microbacia, drenagem densa e muitas nascentes; Clima semi-árido (7 meses secos); Predomínio de Luvissoilo	Vegetação e flora: Savana Estépica Riqueza média de espécies	APP de Mata ciliar APP de nascente APP de declividade (poucas) Nenhuma UC	Índice de cobertura vegetal = 77,90% Vegetação amostrada com 1 inversão e 6 lacunas na curva etária	Criar UC de proteção integral do Serrote, adjacente à área escolhida em DS2
VS	Relevo montanhoso Porção alta da microbacia, drenagem densa, algumas nascentes; Clima XXX (5-6 meses secos); Predomínio de Neossolos Litólicos	Vegetação: Savana Estépica Flora de transição entre Savana Estépica e Floresta Ombrófila	APP de Mata ciliar (trechos curtos) APP de nascente (abundantes) APP de declividade Nenhuma UC	Índice de cobertura vegetal = 78,25% Vegetação amostrada com 1 inversão e 1 lacuna na curva etária	Criar UC de uso sustentável e proteção integral nas áreas de maior declividade (sobrepostas às APP de declividade)
PU	Relevo ondulado a montanhoso Porção alta da microbacia, rede de drenagem esparsa, região de nascentes; Clima subúmido 3-4 meses secos) Predomínio de Argissolo	Vegetação e flora: Floresta Ombrófila Alta riqueza de espécies florestais	APP's de nascente e mata ciliar (trechos curtos) APP de nascente (abundantes) APP de declividade APA da Serra de Baturité (uso sustentável)	Índice de cobertura vegetal = 59,60% Vegetação amostrada com 2 inversões e 5 lacunas na curva etária Flora equitativamente distribuída	Implementar UC de Proteção Integral dentro da APA da Serra de Baturité

Quadro 11. Diagnóstico e diretrizes de conservação dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitião-Mor, Ceará.

5 DISCUSSÃO

5.1 Compartimentação pedo-climática e distribuição das espécies

Foi observada grande discrepância nas extensões territoriais dos compartimentos pedo-climáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor (Tabela 2) – atingindo variação de 500% de extensão territorial. No entanto, essa discrepância entre extensão de zonas e compartimentos é esperada, pois, na natureza, fatores ambientais e ecossistemas não se distribuem equitativamente (Tabela 1). Silva *et al.* (2007), em um trabalho de zoneamento com sobreposição de fatores ambientais, encontraram uma divergência de até 800% na extensão territorial de suas zonas.

Como esperado, a compartimentação pedológica refinou a compartimentação climática, que, geralmente, tende a se apresentar como gradiente. Mesmo quando em uma mesma unidade geoambiental, os compartimentos mostraram diferentes condições pedológicas. No entanto, considerando as próprias associações do mapeamento de solo, não foi possível a plena homogeneidade pedológica dentro dos compartimentos. Um maior nível de homogeneidade interna poderia ter sido alcançado com uma compartimentação mais precisa – o que não foi possível devido à inexistência de mapeamentos de solo em escala maior para a região. O mapeamento de solos (CEARÁ, 1988) foi realizado em escala muito ampla e utilizou associações como unidades de mapeamento. Além de as associações de solo possuírem variações internas (por definição), existem ainda variações condicionados por condições particulares de relevo ou regime hídrico não detectados na escala utilizada – como foi o caso do compartimento DS2 – o único cujo perfil amostrado (Neossolo Regolítico) não correspondeu à tendência esperada segundo o mapeamento de solos (NC41/NC42 – Quadro 9). Essa divergência radical foi atribuída à condição particular do ponto de amostragem – um pé de morro – que favorece a acumulação de sucessivas camadas de sedimento pouco intemperizado devido à erosão em seu topo e encostas.

De fato, foi possível delimitar uma compartimentação biótica na microbacia do Riacho Capitão-Mor, correspondente à compartimentação pedo-climática, o que foi evidenciado nas análises de agrupamento (Figura 11; Figura 14) e de correspondência (Tabela 14; Figura 15). Ambas as análises apresentam uma mesma hierarquia de semelhança biótica entre os compartimentos, que reflete, principalmente, os aspectos climáticos (LIMA *et al.* 2000). Na grande maioria dos aspectos bióticos analisados (composição florística, fitossociologia, fisionomia, biomassa, altura), houve uma grande diferenciação entre o

compartimento PU (de clima mais úmido) e os compartimentos da depressão sertaneja (clima mais seco), com o compartimento VS (de clima intermediário) apresentando-se como ecótono entre a Floresta Ombrófila e a Savana Estépica.

Considerando as unidades geoambientais propostas por Lima *et al.* (2000) e os resultados de Araújo *et al.* (2006 b), seria esperado encontrar como ecótono na vertente sotavento do maciço a fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual. A ocorrência da fisionomia de Savana Estépica na área amostrada da vertente, em uma altitude de aproximadamente 520 m, pode ter sido condicionada pela baixa disponibilidade hídrica proporcionada por seu solo raso. De qualquer modo, essa manifestação fisionômica reforça sua condição de Ecótono (zona de transição vegetacional), que, segundo Veloso *et al.* (1991), pode ocorrer em forma de mosaico, de gradiente ou mesmo de forma mista. A condição de vertente, em especial, tem-se mostrado associada a gradientes vegetacionais em vários trabalhos (*e.g.* ARAÚJO *et al.* 2006a; 2006b; BOTREL *et al.* 2002; MARTINS *et al.* 2003) devido às suas condições fisiográficas peculiares, que afetam a umidade, fatores pedológicos e de drenagem.

A condição de ecótono do compartimento VS é ainda evidenciada por sua riqueza de espécies (levemente superior aos compartimentos da depressão sertaneja – Tabela 8) e por sua composição fitossociológica (Tabela 12), que apresenta tanto espécies típicas de Floresta Estacional (*Cordia trichotoma* e *Triplaris gardneriana*) como de Savana Estépica (*Croton blanchetianus*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Pilosocereus chrysostele*, entre muitas outras também registradas por Araújo *et al.* 2006a e Figueiredo, 1997). Essa condição de ecótono vegetacional registrada na vertente reforça a correspondência existente entre a compartimentação do ambiente físico e a sua respectiva biota – em geral, mais conspícua quanto maior for a heterogeneidade pedo-climática da área.

Entre os compartimentos da Depressão Sertaneja, onde predomina o mesmo regime climático, houve maior similaridade entre os atributos estruturais da vegetação, independentemente das variações pedológicas de textura e fertilidade (Tabela 4; Tabela 5). Além de apresentarem todos a mesma fisionomia, os três compartimentos apresentaram valores bastante próximos para densidade de indivíduos, altura, área basal e riqueza de espécies (Tabelas 6; Tabela 8). Até mesmo a composição florística desses compartimentos foi semelhante, diferenciando-se apenas quanto aos padrões fitossociológicos (Tabela 9; Tabela 10; Tabela 11).

5.2 Distribuição das espécies e fatores ambientais

Além da umidade, a distribuição das espécies entre o platô úmido e a depressão sertaneja mostrou-se, primariamente, correlacionada com cinco fatores pedológicos: acidez, baixa saturação por bases, textura argilosa, alto teor de alumínio e alta saturação por alumínio, (Tabela 14). Desses, três (areia fina, “m” e Al^{3+}) apresentaram coeficientes de correlação maiores do que o da umidade. Padrões pedológicos semelhantes foram encontrados por outros autores (e.g. BOTREL *et al.* 2002; MARTINS *et al.* 2003), e sabe-se que as condições pedológicas acima citadas (inclusive as que apresentaram maior coeficiente de correlação do que a umidade), geralmente, estão associadas a solos evoluídos, lixiviados e com prolongada ação do intemperismo químico e biológico (BARNES *et al.* 1998). Esses efeitos, por sua vez, são mais intensos quanto maior for a umidade (BARNES *et al.* 1998; OLIVEIRA, 2005) e, no caso específico do Maciço de Baturité, seriam ainda maximizados pela ação gravitacional, devido à sua elevação e declividade – inerentes à condição fisiográfica de topo (Tabela 2). Assim sendo, apesar de não ter apresentado o maior coeficiente de correlação, o clima (umidade) foi considerado como o fator mais importante e, decisivo para a diferenciação entre as comunidades vegetais (e fisionomias) do platô úmido e da depressão sertaneja. O fato de a umidade ter apresentado menor coeficiente pode ser atribuído ao método de quantificação da umidade – quantidade de meses secos (ou úmidos) anuais, que, além de ser um conceito artificial e subjetivo em si, não foi diretamente mensurado na área de estudo, mas sim extrapolado das médias de postos pluviométricos próximos (Quadro 6; Quadro 7).

O compartimento VS apresentou várias espécies em comum com os compartimentos da depressão sertaneja. No entanto, não foram registrados, nas parcelas amostradas, quaisquer espécies em comum entre os compartimentos VS e PU, o que dificultou a detecção do padrão transicional do primeiro compartimento. Essa falta de elementos em comum pode ter-se manifestado nas análises por meio da separação do compartimento PU em um agrupamento separado dos outros compartimentos (Figura 14), ou da fraca correlação observada entre a umidade e a distribuição das espécies do compartimento VS (Tabela 14 – Eixo 2). Não foram encontradas explicações plausíveis para as fortes correlações observadas entre a distribuição das espécies desse compartimento e os atributos de carbono orgânico ou condutividade elétrica (Tabela 14). Do mesmo modo, não foi encontrada explicação para as altas correlações entre sódio e potássio e as variações observadas nos compartimentos da depressão sertaneja (Figura 15-B;C).

O fato de a compartimentação biótica ter mostrado maior correspondência com fatores climáticos do que com fatores pedológicos está de acordo com o esperado segundo Barnes *et al.* (1998), Good (1953) e Woodward (1987). Woodward (1987) comenta que, mesmo com temperatura adequada, em casos de precipitação inferior à evapotranspiração (déficit hídrico), a fisionomia perene pode dar lugar à uma fisionomia decídua – como seria o caso da depressão sertaneja nordestina, onde se desenvolve a Savana Estépica. A influência da disponibilidade hídrica do platô do maciço de Baturité sobre a vegetação manifesta-se por sua fisionomia florestal, perene, com maior porte e biomassa do que todos os demais compartimentos (Tabela 6). Analisando-se a fitossociologia, é possível perceber que a composição florística é semelhante para toda a depressão sertaneja mesmo sobre diferentes classes de solo. No entanto, à medida que ocorre a transição da depressão sertaneja para o platô do maciço (aumento de altitude), as espécies dominantes na depressão sertaneja vão diminuindo sua proporcionalidade e dando espaço para espécies de Floresta Estacional (Tabela 12), até que, no platô, são observadas, predominantemente, espécies de Floresta Ombrófila (Tabela 13). De um modo geral, as espécies de Floresta Ombrófila e Estacional seriam exclusas da depressão sertaneja pela baixa umidade – pois, ao contrário das espécies de Savana Estépica, elas não possuiriam mecanismos de tolerância ao longo período de déficit hídrico (7 meses). Já as espécies de Savana Estépica estariam exclusas das zonas mais altas do maciço de Baturité por desvantagem competitiva, visto que a temperatura mínima no platô do Maciço, de 16,1 °C, no mês de agosto (BRASIL, 1992), não seria suficiente (segundo WOODWARD, 1987 – Quadro 2) para causar qualquer efeito limitante sobre a sobrevivência ou mesmo crescimento vegetal.

No entanto, apesar da constatação dessa influência preponderante do clima, a influência do solo sobre vegetação e flora existe – mas parece ocorrer associada à condições geomorfológicas, em escalas menores. A própria ocorrência da fisionomia de Savana Estépica no compartimento VS pode ser decorrente de seu solo raso (Neossolo Litólico), que possui limitada capacidade de retenção de água, diminuindo, assim, a disponibilidade hídrica. Em escala regional, é possível encontrar forte associação entre aspectos geomorfológicos e vegetação. Araújo *et al.* (2003) comentam que, mesmo quando ocorrem padrões climáticos semelhantes nas serras e chapadas cearenses, a composição florística difere conspicuamente entre terrenos cristalinos e sedimentares. As diferenças podem ser facilmente observadas no mapa de unidades fitoecológicas do Estado (FIGUEIREDO, 1997): enquanto que as serras de origem cristalina com altitude maior do que 400 m, apresentam, em geral, fisionomias florestais (estacionais ou ombrófilas, conforme a continentalidade), os planaltos de origem

sedimentar (inclusive a Formação Barreiras), no mesmo patamar de altitude, apresentam fisionomias savânicas, incluindo Cerrado e cerradão. Essa associação entre o tipo de terreno e a vegetação pode estar relacionada com sua influência sobre a gênese e dinâmica dos solos. Enquanto que terrenos cristalinos apresentariam tendência de serem mais rasos e estarem em estádios mais incipientes de intemperização (possuindo maior fertilidade química); terrenos sedimentares, teriam a tendência de serem solos mais evoluídos e profundos, que, segundo Barnes *et al.* (1998) e Oliveira (2005), facilitaria a lixiviação, com o conseqüente decréscimo dos teores de bases e acréscimo de alumínio.

Considerando a teoria de uma origem escleromórfica aluminotóxica para o Cerrado (ARENS, 1963 *apud.* FERREIRA *et al.* 2006; COLE, 1960 e GOODLAND, 1971 *apud.* RIZZINI 1997), corroborada pelos altos teores de alumínio geralmente encontrados nessa formação (*e.g.* BOTREL *et al.* 2002; MARTINS *et al.* 2003; MORENO; SCHIAVINI, 2001) e por sua flora, segundo Rizzini (1997), rica em espécies acumuladoras de alumínio, é possível deduzir que as áreas de origem sedimentar, possivelmente, estejam associadas à existência dos encaves de Cerrado no domínio das Caatingas do seguinte modo: baixa fertilidade química e altos teores de alumínio condicionariam o Cerrado – independentemente da precipitação, o que explicaria a gama de variações estruturais do Cerrado, desde os campos Cerrados até o cerradão (formação florestal). Como exemplo dessa situação, há o planalto central (em escala continental) ou os encaves de Cerrado e cerradão existentes no Ceará, presentes na Formação Barreiras, na Chapada do Araripe e no Planalto da Ibiapaba. Em regiões onde o solo não constitui um fator limitante, ou seja, onde os teores de alumínio não atingem limiar de toxicidade, a baixa precipitação atuaria como fator limitante, condicionando a existência de fisionomias (semi)decíduas: quando em menor grau (até 5 meses secos) as florestas estacionais, e, quando em maior grau (6 ou mais meses secos), a Caatinga. Em regiões sem limitação pedológica (por alumínio) ou hídrica (até 4 meses secos), desenvolver-se-iam formações florestais como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica (VELOSO *et al.* 1991).

O funcionamento desse mecanismo biogeográfico é bem ilustrado por Rizzini (1997). O autor comenta a condição particular da Chapada do Araripe (CE/PE), onde são encontradas, basicamente, três formações vegetais: Floresta, Caatinga e Cerrado respectivamente, na vertente úmida da chapada, na vertente seca e no topo. Analisando-se, logicamente, a situação apresentada pelo autor, é possível perceber que o solo pode, inclusive, ser um fator prioritário em relação ao próprio clima, uma vez que a existência de Cerrado no topo da chapada não encontra explicação simplesmente na umidade, pois o topo está inclusive

em altitude maior do que as vertentes. A explicação mais plausível seria de que os solos profundos e lixiviados (quimicamente pouco férteis) da chapada estariam impondo fatores limitantes ao desenvolvimento de qualquer fisionomia em seu topo que não o Cerrado. Uma vez que a condição de baixa fertilidade química, predominante nos topos (BOTREL *et al.* 2002; MARTINS *et al.* 2003), não constituísse fator limitante nas vertentes da chapada, estas poderiam manifestar outras fisionomias, a depender da umidade. Assim, na vertente úmida, onde a umidade não constitui fator limitante, formar-se-ia a fisionomia florestal, enquanto que, na vertente seca, o déficit hídrico condicionaria a formação da Caatinga. Esse padrão de influência dos fatores ambientais seria capaz de explicar os enclaves de Cerrado e floresta atlântica existentes nos domínios da Caatinga.

Alguns pesquisadores, principalmente na primeira metade do século XX (*e.g.* GOOD, 1953; HAYEK, 1926 e DuRIETZ, 1929 – ambos citados por GOOD, 1953) tentaram interpretar as relações entre ambiente e distribuição vegetal de modo absoluto – estabelecendo “hierarquias” de importância dos fatores ambientais independentemente da escala de estudo, geralmente, lideradas pelo clima. No entanto, muitos resultados divergem dessas hierarquias, mostrando fatores pedológicos, fisiográficos ou de outra ordem como decisivos para a distribuição das espécies. Silva & Fernandes (2004), por exemplo, não encontraram nenhuma correlação significativa entre fatores climáticos ou pedológicos com gradiente florístico do manguezal. Os próprios autores consideram que o gradiente não responde a clima ou solo, mas a algum outro fator não incluso em sua análise. O fator que os autores mencionam seria, provavelmente, o gradiente de salinidade, que, inclusive, é um fator (limitante) fulcral para a existência do manguezal – tanto que esta formação vegetal ocorre em toda a zona tropical e subtropical do mundo em regiões de encontro de água doce e salgada (VANNUCCI, 1999; 2001). No caso do manguezal, o regime climático não constitui um fator limitante, mas sim a salinidade, sendo um requisito básico para sua ocorrência. Outro exemplo que foge às hierarquias absolutas seria o próprio Cerrado brasileiro – formação associada a solos quimicamente pouco férteis e com alto teor de alumínio, aparentemente, independentemente da umidade (precipitação), manifestando (a depender desta) fisionomias variadas desde o campo-Cerrado até o cerradão (formação florestal), com várias formas de porte intermediário. Nesse caso, o clima deixa de ser um fator prioritário para distribuição das espécies, sendo substituído pela fertilidade química do solo e o teor de alumínio.

5.3 Proposição de áreas prioritárias

Os padrões de riqueza de espécies, dominância e estrutura diamétrica não constituíram indicadores confiáveis de conservação dos compartimentos – talvez por serem amostras muito pontuais para a escala de trabalho, mostraram padrões incoerentes com as impressões de campo. A estrutura diamétrica (etária) da comunidade vegetal, por exemplo, mostrou um mesmo padrão para todos os compartimentos, com lacunas e desequilíbrios entre as faixas etárias (Figura 12), colocando-os todos no mesmo patamar de conservação – como ambientes perturbados / degradados. O indicador que melhor representou o estado de conservação dos compartimentos pedoclimáticos da microbacia do Riacho Capitão-Mor – em termos de oferecer subsídios para alocação de unidades de conservação – foram o mapeamento (Figura 13) e o Índice de Cobertura Vegetal (Tabela 7), que ofereceram uma visão geral do desmatamento nos compartimentos juntamente com a espacialização da cobertura vegetal remanescente.

Além do estado de conservação, o mapeamento das classes de cobertura vegetal evidenciou o padrão de uso e ocupação¹⁰ na microbacia do Riacho Capitão-Mor. Constatou-se que a ocupação humana, mais intensa nos setores baixo e médio da microbacia (compartimentos DS1 e DS2), segue dois padrões provavelmente associados às características desses setores: proximidade a corpos hídricos e proximidade a vias de acesso (Figura 7; Figura 13). Os setores mais baixos da microbacia possuem cursos de água com maior vazão e relativamente constantes (resultantes do próprio padrão dendrítico de drenagem). Isso garante maior disponibilidade hídrica nesses setores da bacia, favorecendo uma maior densidade populacional. Além disso, esses setores da microbacia possuem declividade mais suave (Tabela 2), facilitando o acesso pelas rodovias, estradas ou outros caminhos.

No compartimento DS1, setor mais baixo da microbacia, essas duas condições ocorrem simultaneamente: terreno praticamente plano (cortado pela rodovia BR-020) e com apenas 2 cursos mais largos de água – de fato, esse foi o compartimento mais ocupado, situando-se, inclusive, a menos de 5 km da sede distrital (Campos Belos).

Um padrão um pouco menor de ocupação (mas ainda margeando os rios e riachos) é ainda observado no compartimento DS2, que já não conta com estrada asfaltada (Figura 7; Figura 13). Já no compartimento DS3 e VS, a ocupação é mais restrita, tanto pela inexistência de estradas asfaltadas como pela considerável aumento na declividade e

¹⁰ Também foram consideradas como áreas de ocupação os roçados e terrenos em plantio.

irregularidade do terreno (Tabela 2) – foram observadas poucas propriedades rurais ativas nesses compartimentos.

O compartimento PU apresentou um maior nível de ocupação humana (inclusive por casas de veraneio), que foi atribuída a 3 fatores: localização próxima às sedes dos municípios de Pacoti e Guaramiranga (com estradas asfaltadas); condição de platô, que, apesar de um relevo irregular, não possui grandes diferenças altimétricas; e maior umidade provocada pelo efeito orográfico.

Esse padrão de ocupação observado no mapeamento da cobertura vegetal da microbacia é confirmado pelo índice de cobertura vegetal, que apresentou seu valor mais baixo nos compartimentos DS1 (25,23%), seguido por DS2 (46,87%) e PU (59,60%), enquanto que os compartimentos DS3 e VS mostraram-se, sensivelmente, mais conservados, apresentando maiores valores para o índice, respectivamente, 77,90% e 78,25% (Tabela 7).

Tabarelli & Cardoso (2003) trazem várias recomendações para o planejamento da conservação no domínio geográfico da Caatinga, principalmente no que diz respeito à criação e gestão de reservas biológicas. Entre elas, merecem destaque a criação de mais unidades de proteção integral e a criação de uma nova categoria de unidade de conservação – com um regime destinado à recuperação de áreas degradadas – medidas gerais também sugeridas pela agência *The Nature Conservancy* (2000) e previstas entre as ações prioritárias de conservação para a Caatinga segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008b). Tabarelli & Cardoso (2003) ressaltam que a quantidade de UC de proteção integral no Nordeste é muito reduzida e recomendam a criação de mais UC dessa categoria até atingir um percentual mínimo de 10% de área da Caatinga. Além disso, os autores recomendam a criação da categoria de “Área de Recuperação Ambiental”, com um manejo especializado para áreas degradadas, como as áreas em processo de desertificação. No caso do Ceará (CEARÁ, 2008), o montante de áreas protegidas (todas as unidades de conservação) é de aproximadamente 6,8% da superfície do Estado, dos quais as áreas de proteção integral contribuem com menos do que 0,06% (incluindo reservas públicas e particulares em todas as formações vegetais – não só a Caatinga). Além disso, muitas dessas UC não foram efetivamente implementadas, não possuindo sequer plano de manejo (SILVA 2004). Essa situação demanda urgente criação de unidades de conservação no Estado, com ênfase para as de proteção integral, que são muito escassas, especialmente, na Caatinga – formação predominante no Ceará.

Além de atender as diretrizes propostas por Tabarelli & Cardoso (2003), um dos princípios norteadores para a alocação de áreas prioritárias de conservação na microbacia do Riacho Capitão-Mor foram adequar o regime de uso e tipo de UC ao estado de conservação e

ao grau de utilização de recursos naturais bem como contemplar a diversidade em todos os compartimentos pedoclimáticos. Mesmo no caso dos compartimentos da depressão sertaneja, onde não houve significativa diferenciação na comunidade vegetal, continua sendo importante a proteção de diferentes tipologias vegetais da Caatinga (TABARELLI; CARDOSO, 2003) e a heterogeneidade do ambiente físico (padrões de drenagem, declividade, etc.), condições importantes para a manutenção da dinâmica geoambiental da região.

Atualmente, o total de área protegida por unidades de conservação federais no Brasil é de cerca de 8,5%, e, apesar de esse percentual variar em cada setor do País, mesmo na região amazônica – a mais protegida em todo o território nacional, esse percentual não ultrapassa 15% (BRASIL, 2008a), de modo que, hoje em dia, é consenso que o Brasil precisa ampliar seu sistema de conservação, especialmente nas áreas de Cerrado e Caatinga (BRASIL, 2008a; 2008b; TABARELLI & CARDOSO, 2003). No caso específico do Ceará, a área protegida é de aproximadamente 7% (incluindo todos os tipos de UC). Assim, apesar de ser relativamente alto, o montante de área protegida proposta neste estudo – em torno de 25% da a microbacia do Riacho Capitão-Mor, visa contribuir com as diretrizes de expansão do sistema de conservação (BRASIL, 2008a), especialmente no Ceará, cuja área protegida encontra-se abaixo da média nacional.

No entanto, a criação de unidades de conservação e, conseqüentemente, a expansão da área protegida no Ceará e no Brasil entra em conflito com a exploração econômica do território. Em geral, os proprietários preferem a exploração econômica em relação à preservação ambiental devido às riquezas potencialmente geradas em suas terras. Além dos custos e encargos relativos à manutenção de uma unidade de conservação, a preservação de um território implicaria sua indisponibilidade para a geração de riqueza – uma situação de custo de oportunidade que faz com que as reservas sejam instaladas principalmente em áreas de baixo valor econômico (PRESSEY, 1994). No entanto, quando se consideram os valores financeiros das externalidades ambientais da exploração econômica da terra bem como dos serviços ambientais prestados pela natureza preservada, agrega-se valor às áreas preservadas, tornando sua proteção economicamente viável.

Apesar de haver certa divergência e polêmica entre os métodos de valoração econômica de bens e serviços ambientais, Adams *et al.* (2003) calculam um valor médio de US\$ 296,93/ha/ano para os diversos tipos de unidades de conservação no Brasil e outros países tropicais em desenvolvimento. O valor de uma unidade de conservação é específico e dependente de vários fatores, incluindo o próprio método de valoração, mas considerando a média apresentada por Adams *et al.* (2003), em uma estimativa grosseira, as unidades de

conservação propostas na microbacia do Riacho Capitão-Mor teriam um valor de US\$ 3.468.439,33/ha/ano. Assim, a valoração econômica das áreas protegidas tem grande importância para o reconhecimento da importância e até da viabilidade econômica da preservação de áreas mais extensas da natureza.

As áreas de proteção integral correspondem a pouco menos da metade da área protegida proposta, ou seja aproximadamente 10% da microbacia (Tabela 15) – conforme proposto por Tabarelli & Cardoso (2003). Mesmo havendo urgência de UC de proteção integral na Caatinga, não foi destinado um maior percentual para proteção integral no intuito de não prejudicar as vulneráveis atividades econômicas da população rural assentada na região (SOUZA *et al.* 1979). Embora não haja qualquer quadro grave de degradação ambiental na microbacia (e.g. desertificação), foi criada uma “Área de Recuperação Ambiental” (Tabela 15; Figura 19), destinada ao setor mais degradado da bacia – compartimento DS1 – em virtude de esse compartimento ter apresentado o maior percentual de solo exposto (sem vegetação) – fator diretamente relacionado com o processo de desertificação. O enquadramento de uma área como de “recuperação ambiental”, no entanto, é uma situação provisória, até que, com certo grau de recuperação ambiental, a área possa destinar-se a outro regime de uso, uso sustentável ou proteção integral.

A complementaridade foi atingida graças ao mapeamento prévio das UC já existentes na microbacia do Riacho Capitão-Mor, etapa na qual se procurou incorporar “...novas unidades ao sistema já existente de modo a otimizar a proteção dos objetos de conservação” (SCARAMUZZA *et al.* 2005) – evitando a redundâncias e lacunas de conservação. Na microbacia do Riacho Capitão-Mor, foram evitadas UC de uso sustentável próximas ao platô do maciço (uma vez que este já é contemplado por uma APA). Uma UC foi proposta dentro da APA, mas apenas por tratar-se de um outro regime de uso (proteção integral) – uma vez que não existe nenhuma UC desse tipo em todo o Maciço. No entanto, as APP foram utilizadas em um sentido inverso – procurando exatamente a sobreposição entre elas e as novas UC propostas. Isso foi feito no intuito de “aproveitar” as áreas de APP para efetiva conservação, uma vez que são áreas que já não permitem o desmatamento ou exploração econômica, no entanto, não funcionam efetivamente devido à falta de fiscalização.

Considerando a maior representatividade da depressão sertaneja na microbacia do Riacho Capitão-Mor (os três maiores compartimentos em sua totalidade), o maior percentual de áreas prioritárias propostas foi alocado nessa unidade geoambiental (Figura 19), totalizando 21,75 km² protegidos em unidades de conservação (não inclusos os corredores ecológicos), correspondentes às unidades AR, US-I, US-II e PI-I. Apesar de a depressão

sertaneja ter sido contemplada com 74,54% do total das áreas prioritárias propostas neste trabalho, o quadro geral de distribuição de unidades de conservação não ficou desequilibrado, pois o Maciço Residual recebeu, conforme as recomendações do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008b), uma unidade de conservação com regime de proteção integral, PI-II, além disso, já conta com a extensa APA da Serra de Baturité, que, na microbacia do Riacho Capitão-Mor, corresponde à totalidade do compartimento PU (9,96 km²). Deve-se ainda considerar a proporção das unidades geoambientais na microbacia e mesmo no Estado (Tabela 1; Tabela 3). Uma vez que a depressão sertaneja ocupa a maior parte do território, é cabível que receba um percentual proporcional de áreas prioritárias e efetivas de conservação (princípio da representatividade, segundo SCARAMUZZA *et al.* 2005).

A proposição de unidades de conservação na microbacia procurou ainda alcançar eficiência máxima, que, conforme Scaramuzza *et al.* (2005), seria atingir “*proteção máxima da biodiversidade com um sistema com o menor número de unidades de conservação possível, diminuindo a relação custo/proteção*”. Para isso, procurou-se configurar um sistema com um padrão de poucas UC grandes ao invés de muitas UC pequenas (Tabela 15; Figura 19). Maior eficiência é atingida com essa configuração devido à diminuição da susceptibilidade ao efeito de borda (FORMAN, 1995) e aos benefícios inerentes às reservas grandes. É consenso na biologia da conservação que quanto maior uma reserva (fragmento), maior é sua capacidade de manter processos ecológicos e, conseqüentemente, a viabilidade populacional de suas espécies (FORMAN, 1995; SCHWARTZ, 1999; SHAFER, 1990). Segundo Schwartz (1999), grandes reservas são capazes de proteger espécies com amplos territórios ou áreas de vida; minimizar impactos e efeito de borda (pois possuem maior resiliência) e suportam populações numerosas o suficiente para minimizar riscos de extinção. O autor ressalta que reservas a partir de 0,04 km² são suficientes para a manutenção da diversidade florística por longos períodos de tempo e que, a partir de 1 km², torna-se viável a manutenção de mamíferos de grande porte (que, geralmente, possuem extensos territórios). Nesse sentido, as unidades de conservação propostas na microbacia do Riacho Capitão-Mor foram criadas com dimensões grandes o suficiente (entre 2,26 e 8,32 km²) para serem capazes de abranger e manter uma grande variedade de espécies, populações e comunidades. Além disso, a disposição das reservas em rede é necessária tanto para a proteção de alvos mais amplos como para os processos biológicos (THE NATURE CONSERVANCY, 2000).

Pelo princípio da funcionalidade, Scaramuzza *et al.* (2005) tentaram solucionar o problema da “fragmentação” de ecossistemas – uma questão sempre recorrente no campo da conservação (SHAFER, 1990). Os autores definiram o princípio como a “*promoção da*

persistência dos objetos de conservação no longo prazo, mantendo sua viabilidade e integridade ecológica”. No caso da microbacia do Riacho Capitão-Mor, além do tamanho das unidades de conservação propostas, este princípio foi também contemplado pela interligação das unidades por meio de corredores ecológicos e de suas formas – sempre que possível, baseada em limites e acidentes naturais, coincidindo ou não com os limites dos compartimentos pedo-climáticos (Figura 19). Apesar de sofrerem algumas críticas (SHAFER, 2001), os corredores ecológicos são até hoje o melhor que se pode fazer no sentido de minimizar os efeitos adversos da fragmentação dos habitats, funcionando como refúgios e permitindo o fluxo gênico, a dispersão e a viabilidade das espécies – possibilitando distribuições geográficas e populações maiores (ARRUDA; SÁ, 2004; FORMAN, 1995).

Nesse sentido, a resolução n.º 9/1996 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e a Lei Federal n.º 9.985/2000 (SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação) já mencionam a necessidade da existência de corredores ecológicos ligando unidades de conservação ou mesmo fragmento florestais, definindo-os como:

“... porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.”

(Lei Federal n.º 9.985, art. 2º, XIX)

No entanto, a lei não se estende além de sua definição, apresentando poucos aspectos práticos ou técnicos dos corredores como extensão, largura, conectividade, entre outros atributos, segundo Forman (1995), importantes para o desempenho de suas funções. Isso não constitui uma justificativa, mas, de fato, existem relativamente poucas experiências de corredores ecológico no Brasil. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, órgão governamental atualmente responsável pela gestão do SNUC, lista 300 unidades de conservação federais, mas, em seu portal na internet, não há menção a qualquer corredor ecológico como parte integrante do SNUC (BRASIL, 2009). Arruda & Sá (2004) citam algumas experiências de corredores ecológicos implementados ou em fase de implementação pelo IBAMA / PPG7¹¹ em diferentes regiões do País – todos corredores em escala regional, atingindo de milhares a milhões de hectares. Segundo os autores, o Ceará é

¹¹ PPG7 – Programa Piloto para a Proteção de Florestas do Brasil (MMA).

contemplado por dois corredores: o Corredor Ecológico da Caatinga, que abrange parte dos Estados de Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Ceará, Bahia e Piauí; e o Corredor Ecológico do Maciço de Baturité. Além disso, existe no Ceará um caso de UC designada como Corredor Ecológico, o “Corredor Ecológico do Rio Pacoti” (criado pelo decreto estadual n.º 25.778/2000) – uma unidade de conservação que protege o respectivo rio desde sua nascente até a foz, mas que, até o momento, não foi oficialmente enquadrada no SNUC como unidade de conservação tampouco como corredor ecológico.

Forman (1995) ressalta dois aspectos para que os Corredores Ecológicos sejam funcionais. Primeiro, ter um mínimo de continuidade/conectividade natural e, segundo, ter uma largura adequada a seus “objetos de fluxo”. Com “objetos de fluxo”, o autor refere-se às entidades que transitarão pelos corredores ecológicos. Segundo o autor, apesar de existirem poucos dados empíricos, acredita-se que a ordem de grandeza da largura dos corredores ecológicos exerça grande influência sob o desempenho de sua função de fluxo. O autor exemplifica a situação colocando que, se o objeto de fluxo forem indivíduos (mamíferos por exemplo), um corredor com dezenas de metros é suficiente; enquanto que, para o fluxo de espécies ou comunidades, são necessários corredores com uma ordem de grandeza de quilômetros. Nesse sentido, a conectividade por meio de matas ciliares, já discutida por Forman (1995), foi tido como uma boa alternativa para corredores ecológicos no contexto da microbacia do Riacho Capitão-Mor. Levando em conta os parâmetro legais do Código Florestal, oficialmente a APP de mata ciliar do Riacho Capitão-Mor e de todos os seus efluentes seria de 30 a 50 m em cada margem. Visando à manutenção do máximo de processos demográficos e biogeográficos possíveis, os corredores ecológicos propostos para a microbacia do Riacho Capitão-Mor foram dotados de uma largura maior, 250 m (125 m para cada margem).

Em muitas formações vegetais, como é o caso do Cerrado brasileiro, as matas ciliares possuem fisionomia e mesmo composição florística diferente dos interflúvios, apresentando-se, geralmente, como as “Matas de Galeria” (MORENO; SCHIAVINI, 2001; ROSSI *et al.* 2005). Nesse caso, a funcionalidade das matas ciliares como corredores ecológicos seria limitada. No entanto, no caso do Caatinga, as matas ciliares não diferem, significativamente, da vegetação dos interflúvios, de modo que podem ser especialmente úteis como corredores ecológicos.

6 CONCLUSÕES

A compartimentação ambiental mostrou-se um bom instrumento subsidiário para a conservação, otimizando seu planejamento, principalmente no que diz respeito ao tempo e aos recursos despendidos com inventários biológicos e outras pesquisas de campo – proporcionando um mapeamento confiável e relativamente rápido da biodiversidade. A compartimentação proporciona uma clara visualização das características do ambiente, tanto em aspectos físicos como biológicos. Isso permite a delimitação de fragilidades e potencialidades de cada zona ou compartimento, subsidiando, assim, uma alocação coerente, representativa e pragmática de recursos e esforços de conservação.

Os fatores que influenciam a distribuição de formações e espécies vegetais dependem fortemente da escala de análise, mas também do contexto geoambiental em questão. Na escala desse trabalho e no contexto semi-árido tropical, a umidade (associada ao efeito orográfico) foi o fator decisivo para a distribuição das fisionomias de Floresta Ombrófila e Savana Estépica, bem como seu(s) ecótono(s). A influência da fertilidade química do solo sobre a distribuição vegetal parece estar associada a variações de grande amplitude – atingindo limiares de tolerância/toxicidade, como é observado no caso do Cerrado no Brasil central, e em menores proporções em alguns terrenos sedimentares do Nordeste brasileiro. Variações de pequena amplitude na fertilidade química e no teor de alumínio – como as observadas neste estudo, apesar de se mostrarem associadas às variações climáticas e vegetacionais, parecem exercer pouco influência sobre a distribuição da vegetação ou da flora. Desse modo, a compartimentação vegetal e florística no contexto do semi-árido nordestino parece já ser satisfatoriamente contemplada pelas unidades geoambientais, pois, nesse contexto ambiental, elas já estão intimamente relacionadas com os aspectos ambientais mais relevantes para a vegetação como altitude, declividade, drenagem e profundidade do solo, que, por sua vez, são determinantes para a disponibilidade hídrica.

O planejamento de um sistema de conservação atrelado à bacia hidrográfica apresentou vários aspectos positivos. Basicamente, todos esses aspectos positivos decorrem do fato de se gerir um sistema natural. Por ser pautada em um sistema funcional natural, essa abordagem de planejamento facilita a delimitação de áreas protegidas em função de limites geográficos naturais como rios, riachos, lagoas, divisores de água ou acidentes naturais – gerando, assim, unidades de conservação que, efetivamente, possuem inter-relações funcionais na dinâmica do sistema hidrológico ou ecológico. Além disso, pelo menos no caso

especial da Caatinga, a abordagem favorece a delimitação de corredores ecológicos naturais, pois, considerando-se a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, existe ligação potencial entre praticamente todos seus setores por meio dos cursos d'água.

Desse modo, a união da compartimentação ambiental e da abordagem de bacias hidrográficas trouxe ao planejamento da conservação representatividade entre os ecossistemas, eficiência e complementariedade na alocação de unidades de conservação e a potencial funcionalidade do sistema ecológico associado à bacia hidrográfica – princípios esses que, dificilmente, podem ser alcançados sem um planejamento sistêmico e integrado de conservação, como é o caso do uso das bacias hidrográficas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Metodologicamente, a compartimentação ambiental de bacias hidrográficas também parece ser aplicável a bacias de maior amplitude geográfica, o que, no entanto, demandaria mais recursos e esforços para aquisição de informações. No caso deste trabalho, no qual a unidade de estudo foi uma bacia hidrográfica de pequeno porte, não foram inclusos na compartimentação a radiação solar nem quaisquer outros fatores ambientais dependentes da latitude, no entanto, para a compartimentação ou zoneamento de bacias hidrográficas de maior porte (com fins de conservação), recomenda-se a utilização de tais variáveis ambientais, pois, em uma maior amplitude geográfica, esse fatores podem ter influência sobre a distribuição das espécies e formações vegetais.

Com base em todos os aspectos positivos proporcionados pela abordagem de bacia hidrográfica, recomenda-se que ela seja adotada como unidade básica para o mapeamento da biodiversidade com fins de planejamento conservacionista. Nesse sentido, seriam desejáveis mais pesquisas sobre a viabilidade de se adotar um sistema de gestão do Sistema Nacional de Unidades de Conservação análogo ou mesmo integrado ao sistema de gestão de recursos hídricos, baseado nos Comitês de Bacia (conforme a Lei Federal n.º 9.433/1997).

Recomenda-se, para o Estado do Ceará, um mapeamento da biodiversidade (nas bacias hidrográficas) para elaboração de um macro-planejamento em longo prazo da conservação. A partir de tal mapeamento, seria possível definir um plano estadual de conservação, com metas e áreas prioritárias que contemplassem a diversidade e representatividade dos ecossistemas naturais do Estado – com ênfase especial para a depressão sertaneja, que, por possuir uma extensão muito maior do que as demais unidades geoambientais do Estado, necessita de um maior nível de detalhamento nos estudos de biodiversidade e heterogeneidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.; AZNAR, C. E.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; REID, J. **Valoração econômica do Parque Estadual do Morro do Diabo (SP)**, Conservation Strategy Fund, São Paulo: Páginas & Letras, 2003. 28 p.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G. **Composição florística e fitossociologia de uma área de caatinga arbórea no município de Caruaru – PE**, 1993. 220 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1993.
- AMORIM, P. K.; BATALHA, M. A. Soil chemical factors and grassland species density in Emas National Park (central Brazil), **Braz. J. Biol.**, v. 68, n. 2, p. 279-285, 2008.
- ARAÚJO, F. S.; FIGUEIREDO, M. A.; COSTA, R. C. Diversidade Florística do Estado do Ceará, Diversidade Vegetal da Caatinga (Mesa Redonda), In: JARDIM, M. A; BASTOS, M. N. C.; SANTOS, J. U. M, **Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: Inventário, Sistematização e Conservação da Diversidade Vegetal**, Anais do 54º Congresso Nacional de Botânica, Belém: MPEG / UFRA, 2003. p. 84-56.
- ARAÚJO, F. S.; GOMES, V. S.; LIMA-VERDE, L. W.; FIGUEIREDO, M. A.; BRUNO, M. M. A.; NUNES, E. P.; OTUTUMI, A. T.; RIBEIRO, K. A. Efeito da variação topoclimática na composição e riqueza da flora fanerogâmica da Serra de Baturité, Ceará, In: T. S. OLIVEIRA & F. S. ARAÚJO, **Diversidade e Conservação da biota na Serra de Baturité, Ceará**, Fortaleza: Edições UFC / Coelce, 2006(a). p. 137-162.
- ARAÚJO, F. S.; GOMES, V. S.; SILVEIRA, A. P.; FIGUEIREDO, M. A.; OLIVEIRA, R. F.; BRUNO, M. M. A.; LIMA-VERDE, L. W.; SILVA, E. F.; OTUTUMI, A. T.; RIBEIRO, K. A. Efeito da variação topoclimática na fisionomia e estrutura da vegetação da Serra de Baturité, Ceará, In: T. S. OLIVEIRA & F. S. ARAÚJO, **Diversidade e Conservação da biota na Serra de Baturité, Ceará**, Fortaleza: Edições UFC / Coelce, 2006(b). p. 73-136.
- ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. **Corredores Ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**, Brasília: IBAMA, 2004. 220 p.
- BARNES, B. V. ; ZAK, D. R.; DENTON, S. R.; SPURR, S. H. **Forest Ecology**, 4ª ed. Wiley: John & Sons Inc., 1998. 796 p.
- BONKOUNGOU, E. G. **Biodiversity in drylands: Challenges and opportunities for conservation and sustainable use**, The Global Drylands Partnership/IUCN, 2005. 20 p.
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A. CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG, **Revista Bras. Bot.**, v. 25, n. 2, p. 195-213, jun. 2002.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**, Rio de Janeiro: IBGE, 2008(a). 472 p.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Unidades de Conservação, Portal do ICMBio, <http://www.icmbio.gov.br>, Acesso: 9 mai. 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia, **Normais Climatológicas (1961-1990)**, Brasília, 1992.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 40 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Caatinga: Áreas Prioritárias para a Conservação, Portal do Ministério do Meio Ambiente:
<http://www.mma.gov.br/index.php/ido=conteudo.monta&idEstrutura=54&idMenu=5310&idConteudo=5966>, Acesso: 11 jun. 2008(b).

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling, **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. Q.; MONTEIRO-NETO, C.; POLETTE, M. **Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a gestão integrada**, Fortaleza: Aquasis, 2003. 293 p.

CEARÁ. Centro de Treinamento e Desenvolvimento. Zoneamento Ecológico-econômico das áreas de influência do reservatório da Barragem Castanhão, Ceará, Fortaleza: CETREDECETREDE, 2006. 223 p.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Caracterização Territorial, In: **Ceará em mapas**, Cap. 1, Portal do IPECE, Disponível em: <http://www2.iipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12.htm>, Acesso: 8 mai. 2009.

CEARÁ. Secretaria de Agricultura, **Mapa de Levantamento de Solos**, Fortaleza, 1988.

CEARÁ. Superintendência Estadual de Meio Ambiente, **Unidades de Conservação**, Portal da Semace: <http://www.semace.ce.gov.br>, Acesso: 10 ago. 2008.

CEARÁ. Superintendência Estadual de Meio Ambiente, **Zoneamento Ambiental da APA da Serra de Baturité: Diagnóstico e Diretrizes**, Fortaleza: SEMACE, 1991. 136 p.

CHILD, G. Setting and achieving objectives for conserving biological diversity in arid environments, **Journal of Arid Environments**, v. 54, p. 47-54, 2003.

COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: The distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil, **The Geographical Journal**, v. 126, n. 2, p. 168-179, jun. 1960.

COSTA-FILHO, L. V. C.; NANNI, M. R.; CAMPOS, J. B. Floristic and Phytosociological Description of a Riparian Forest and the Relationship with the Edaphic Environment in Caiuá Ecological Station – Paraná – Brazil, **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 5, p. 785-798, set. 2006.

DAUBENMIRE, R. **Plant Communities**: a textbook of plant synecology, New York: Harper & Row, 1968. 300 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, **Manual de Métodos de Análise de Solos**, 2ª ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira**, Fortaleza: Multigraf, 1998. 340 p.

FERREIRA, I. C. M.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; BERNACCI, L. C.; CONFOTTI, T. B.; DECHOUN, M. S. Associação entre solos e a vegetação nativa na bacia do Ribeirão das Anhumas (Campinas, SP), In, TORRES, R. B.; COSTA, M. C.; NOGUEIRA, F. P. & PEREZ FILHO, A., **Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas**, Relatório de Pesquisa, 2006. p. 127-143, Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas>.

FIGUEIREDO, M. A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas), In: **CEARÁ, Atlas do Ceará**, Governo do Estado do Ceará / IPLANCE, Fortaleza: Edições Iplance, 1997. p. 28-29.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions**, Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Download de Séries Históricas**, Portal da Funceme na internet: <http://www.funceme.br/>, Acesso: 10 set. 2008.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Departamento de Recursos Ambientais, **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará**, Fortaleza: Funceme, 2006.

GOMES, A. P. S. **Florística e fitossociologia da Vegetação arbustiva subcaducifólia no município de Buíque – Pernambuco**, 1999. 55 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

GOMES, M. A. F. A vegetação dos Cariris Velhos, no Estado da Paraíba. **Vegetalia: escritos e documentos**, UNESP, v. 14, p. 1-27, 1980.

GOOD, R. **The Geography of the Flowering Plants**, 2ª ed., New York: John Wiley & Sons INC. 1953. 452 p.

LEIGH Jr., E. G.; DAVIDAR, P.; DICK, C. W.; PUYRAVAUD, J. P.; TERGORH, J.; STEEGE H.; WRIGHT, S. J. Why do some Tropical Forests have so many species of trees? **Biotropica**, v. 36, n. 4, p. 447-473, 2004.

LEITE, C. E. S.; BEZERRA, E. C.; FRANCELINO, F. C. P; MORAIS, J. S. D. Recursos Hídricos, In: CEARÁ, **Atlas do Ceará**, Governo do Estado do Ceará / IPLANCE, Fortaleza: Edições Iplance, 1997. p. 26-27.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**, Fortaleza: FUNCEME, 2000. 268 p.

MAGNUNSSON, W. E. Catchments as basic units of management in Conservation Biology courses, **Conservation Biology**, v. 15, n. 5, p. 1464-1465, 2001.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic Conservation Planning, **Nature**, v. 405, p. 243-253, 2000.

MARTINS, S. V. ; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L.; MEIRA-NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 172-181, 2003.

McARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of island biogeography**, Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**, Oregon: MJM, 2002. 300 p.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate Analysis of Ecological Data**, versão 3.11, Oregon: MJM Software, 1997.

McNEELY, J. A. Biodiversity in arid regions: values and perceptions, **Journal of Arid Environments**, n. 54, p. 61-70, 2003.

MEDEIROS, J. B. L. P. **Florística e fitossociologia de uma área de Caatinga localizada na Fazenda Araçanga, Município de Capistrano – CE**, 1995. 93 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

MENDES, M. R. A. **Florística e fitossociologia de um fragmento de caatinga arbórea, São José do Piauí, Piauí**, 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MONTENEGRO, G. Biodiversity's importance in dryland regions, **TWAS Newsletter**, v. 13, n. 2, p. 5-7, 2001.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG), **Revista Bras. Bot.**, v. 24, n.4 (suplemento), p. 537-544, dez. 2001.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**, 3^a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008. 343 p.

MOULTON, T. P.; SOUZA, M. L. Conservação com base em bacias hidrográficas, In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S., **Biologia da Conservação: Essências**, 2006. Cap. 7, p. 157-181.

MYERS, N. Threatened biotas: “hotspots” in tropical forests, **Environmentalist**, v. 8, p. 187-208, 1988.

NASA. Jet Propulsion Laboratory, **Shuttle Radar Topography Mission – SRTM**, Disponível no portal da NASA: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>, Acesso: 18 dez. 2008.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil: subsídios à geografia regional do Brasil, **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 5-51, 1972.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**, Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

PIOANI, K.; RICHTER, B. **Paisagens Funcionais e a Conservação da Biodiversidade**, Documento de trabalho em Ciências da Conservação, n.º 1, The Nature Conservancy, set. 1999. 11 p.

PRESSEY, R. L. Ad Hoc Reservations: Forward or Backward Steps in Developing Representative Reserve Systems? **Conservation Biology**, v. 8, n. 3, p. 662-668, 1994.

PULLIN, A. S. **Conservation Biology**, Cambridge University Press, 2002. 358 p.

REDFORD, K. H.; RICHTER, B. D. Conservation of biodiversity in a world of use, **Conservation Biology**, v. 13, n. 6, p. 1246-1256, 1999.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

RODAL, M. J. N. **Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de Caatinga em Pernambuco**, 1992. 198 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico – Ecossistema Caatinga**, Sociedade Botânica do Brasil, 1992. 24 p.

RODRIGUES, W. C. **DivEs - Diversidade de espécies. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário**, 2005. Disponível em: <http://www.ebras.bio.br/dives>. Acesso: 22 abr. 2009.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A.; COELHO, R. M.; MENK, J. R. F.; ROCHA, F. T.; PFEIFER, R. M.; DeMARIA, I. C. Relação Solos/Vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo, **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 45-61, jun. 2005.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**, São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SANTOS, M. F. A. V. **Características dos solos e da vegetação em sete áreas de Parnamirim - Pernambuco**, 1987. 225 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1987.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**, 5^a ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**, São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 182 p.

SARKAR, S.; MARGULES, C. Operationalizing biodiversity for conservation planning, **Journal of Bioscience**, v. 27, n. 4, s. 2, p. 299-308, 2002.

SCARAMUZZA, C. A. M.; MACHADO, R. B.; RODRIGUES, S. T.; RAMOS NETO, M. B.; PINAGÉ, E. R.; DINIZ FILHO, J. A. F. Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Goiás. In: FERREIRA, L. G., **Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: Prioridades, estratégias e perspectivas**, Goiás, 2005. 192 p.

SCARANO, F. R. Prioridades para Conservação: a linha tênue que separa teorias de dogmas, In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S., **Biologia da Conservação: Essências**, 2006. Cap. 1, p. 23-39.

SCHWARTZ, M. W. Choosing the appropriate scale of reserves for conservation, **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 30, p. 83-108, 1999.

SHAFER, C. L. Inter-reserve scale, **Biological Conservation**, v. 100, p. 215-227, 2001.

SHAFER, C. L. **Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice**, Washington: Smithsonian Institution Press, 1990. 189 p.

SILVA, E. S.; FERNANDES, M. E. B. Relação entre gradiente vegetacional e atributos do solo nos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança-PA, **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 17, p. 19-27, 2004.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SOUSA-NETO, N. C.; SILVA, A. B.; RICÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; CORREIA, R. C.; BRITO, L. T. L.; SILVA, F. H. B. B.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; LEITE, A. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste**: diagnóstico e prognóstico, CD-ROM, Embrapa Solos – Documento n.º 14, Embrapa Solos, Recife, 2000.

SILVA, F. H. A. **Efetividade das Unidades de Conservação de Proteção Integral na Manutenção da Biodiversidade do Ceará**, 2004. 58 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

SILVA, I. H. **Correlações entre a vegetação e tipos distintos de solos do Baixo de Irecê**, Bahia, 1991. 104 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1991.

SILVA, J. S. V. ; CARVALHO, J. R. P.; SANTOS, R. F.; FELGUEIRAS, C. A. Espacialização da homogeneidade e heterogeneidade do meio biofísico para planejamento ambiental utilizando análise multivariada, **Anais do 1º Simpósio de Geotecnologia no Pantanal**, Campo Grande: EMBRAPA/INPE, 2006. p. 691-699.

SILVA, J. S. V. ; CARVALHO, J. R. P.; SANTOS, R. F.; FELGUEIRAS, C. A. Zoneamentos Ambientais: Quando uma unidade territorial pode ser considerada homogênea? **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/01, p. 83-92, abr. 2007.

SILVA, M. C.; SILVA Jr., A. F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba (EFLEX) – MG, **Acta Bot. Bras.** v. 1, n. 1-2, p. 107-126, 1988.

SIMBERLOFF, D. Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? **Biological Conservation**, v. 83, n. 3, p. 247-257, 1998.

SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará, **Revista Ciência Agronômica**, v. 9, n. 1-2, p. 77-86, 1979.

SPELLERBERG, I. F.; SAWYER, J. W. D. **An introduction to applied biogeography**, Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 243 p.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H. **Environmental Geoscience: Interaction between natural systems and man**, Califórnia: Wiley International Edition, 1973. 511 p.

TABARELLI, M.; CARDOSO, J. M. C. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga, In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C., **Ecologia e Conservação da Caatinga**, 2003. Cap. 20, p.777-796.

THE NATURE CONSERVANCY, **O método dos 5 S* para a Conservação de Áreas Protegidas: Manual de planejamento para a conservação de áreas protegidas e medidas de sucesso das ações de conservação**, v. 1, The Nature Conservancy, 2000. 60 p.

VALENTIM, J. L. **Ecologia numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**, Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós**, São Paulo: Edusp, 1999. 233 p.

VANNUCCI, M. What is so special about mangroves? **Brazilian Journal of Biology**. v. 61, n. 4, p. 599-603, 2001.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R & LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**, Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

WHITTAKER, R. H.; LEVIN, S. A.; ROOT, R. B. Niche, Habitat and Ecotope, **The American Naturalist**, v. 107, n. 955, p. 321-338, 1973.

WOODWARD, F. I. **Climate & Plant Distribution**, Cambridge Studies in Ecology, Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 174 p.

APÊNDICE A

Compartimento DS1

Caracterização geral

Classificação: Planossolo Háptico Eutrófico típico
Unidade Geoambiental: Depressão Sertaneja
Situação: Mini-trincheira no terço baixo da elevação
Localização: Fazenda Timbaúba, a 4 km de Campos Belos
Coordenadas: 4° 8' 31,2" S / 39° 4' 1,2" O
Material de Origem: Gnaisse
Drenagem: Imperfeita
Pedregosidade: Pedregosa
Rochosidade: Não Rochosa
Data: 11 / 08 / 2008
Altitude: 144 m
Vegetação primária: Savana estépica florestada
Uso atual: Mata secundária
Erosão: Ligeira a moderada
Relevo local: Plano
Relevo regional: Suave ondulado



Caracterização Morfológica

- A (0 – 4 cm) bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); franco-arenosa; grão simples; solto (seco e úmido), não plástico; não pegajoso a ligeiramente pegajoso, transição clara e plana.
- 2 E (4 – 12 cm) bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); mosqueados vermelho (2,5YR 4/8) e bruno forte (7,5YR 5/6); franco-arenosa a areia franca; grão simples; solto (seco e úmido), não plástico, não pegajoso; transição abrupta e plana.
- 2 Bt1 (12 – 25 cm) bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); mosqueados vermelho-escuro (2,5YR 3/6) e preto (5YR 2.5/1); franco-arenosa; maciço; duro a muito duro, muito friável, plástico, ligeiramente pegajoso a pegajoso; transição difusa e plana.
- 2 Bt2 (25 – 40 cm) bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno (7,5YR 5/4, seco); mosqueados vermelho-escuro (2,5YR 3/6) e preto (5YR 2.5/1); franco-argilo-arenosa; maciço; duro, muito friável, plástico, pegajoso; transição difusa e plana.
- 3 Bt3 (40 – 55 cm+) bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno (7,5YR 5/4, seco); mosqueado bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2.5/4); franco-arenosa; maciço duro, muito friável, plástico e pegajoso.

Raízes: Poucas finas em A; muitas finas e raras médias em E; raras finas e médias em Bt1 e Bt2. Não foram encontradas raízes em Bt3.

Compartimento DS2

Caracterização geral

Classificação: Neossolo Regolítico Distrófico típico

Unidade Geoambiental: Depressão Sertaneja

Situação: Trincheira no terço inferior da elevação

Localização: à esquerda da Estrada Campos Belos – Guaramiranga.

Coordenadas: 4° 8' 45,6" S / 39° 0' 54" O

Material de Origem: Gnaisse

Drenagem: Boa

Pedregosidade: Moderadamente pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente Rochosa

Data: 03 / 11 / 2008 **Altitude:** 218 m

Vegetação primária: Savana estépica florestada

Uso atual: Mata secundária

Erosão: Moderada

Relevo local: Suave ondulado

Relevo regional: Forte ondulado



Caracterização Morfológica

- A1 (0 – 3 cm) bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido), bruno (10 YR 5/3, seco); areia franca; fraca, pequena a média; blocos subangulares; macio, solto, não plástico, não pegajoso; transição abrupta e plana.
- AC1 (3 – 10 cm) bruno escuro (10 YR 3/3, úmido), bruno (10 YR 5/3, seco); areia franca; fraca, média a grande; blocos subangulares; macio, solto, não plástico, não pegajoso; transição gradual e plana.
- 2 AC2 (10 – 17 cm) bruno escuro (10 YR 3/3, úmido), bruno (10 YR 5/3, seco); areia franca; fraca, média a grande; blocos subangulares; macio a ligeiramente duro, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição gradual e plana.
- 3 C1 (17 – 31 cm) bruno-amarelado-escuro (10 YR 6/4, úmido), bruno-amarelado-claro (10 YR 3/4, seco); areia franca; fraca, pequena a média; blocos subangulares; macio, muito friável, não plástico a ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- 3 C2 (31 – 45 cm) bruno-amarelado-escuro (10 YR 6/4, úmido), bruno-amarelado-claro (10 YR 3/4, seco); areia franca; fraca a moderada, pequena a média; blocos subangulares; macio a ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- 3 C3 (45 – 64 cm) bruno-acinzentado-escuro (10 YR 6/4, úmido), bruno-amarelado-claro (10 YR 4/2, seco); areia franca; fraca a moderada, pequena a média; blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.
- 3 C4 (64 – 92 cm) bruno-acinzentado-escuro (10 YR 6/4, úmido), bruno-amarelado-claro (10 YR 4/2, seco); areia franca; maciço; muito duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- 3 Cr (92 – 133 cm+) Não coletado.

Raízes: Poucas finas em A1; raras finas em AC1, C3, C4 e Cr; raras finas e médias em AC2; poucas finas e raras médias em C1; poucas médias e raras finas em C2.

Compartimento DS3

Caracterização geral

Classificação: Luvissole Crômico Órtico típico
Unidade Geoambiental: Depressão Sertaneja
Situação: Corte de Estrada no terço superior da elevação
Localização: Margem direita da Estrada Campos Belos – Guarimiranga.
Coordenadas: 4° 10' 48" S / 38° 59' 49,2" O
Material de Origem: Gnaisse
Drenagem: Acentuada
Pedregosidade: Muito pedregosa
Rochosidade: Não Rochosa
Data: 11 / 08 / 2008
Altitude: 215 m
Vegetação primária: Savana estépica florestada
Uso atual: Mata secundária
Erosão: Ligeira
Relevo local: Ondulado
Relevo regional: Ondulado



Caracterização Morfológica

- A (0 – 4 cm) bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); franco-arenosa; moderada, pequena a média; blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.
- AB (4 – 22 cm) vermelho-amarelado (5YR 3/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/8, seco); franca; moderada a forte, pequena a média; blocos angulares; cerosidade moderada, pouca a comum; duro, muito friável a friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso a pegajoso; transição clara e plana.
- Bt (22 – 44 cm) vermelho escuro (1YR 3/6, úmido), vermelho (1YR 4/8, seco); franco-argilosa; forte, pequena a média; blocos angulares; cerosidade moderada e comum; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.
- C (44 – 53 cm) Não coletado, transição clara e plana.
- Cr (53 – 70 cm+) Não coletado.

Raízes: Raras finas em A, C e Cr; raras finas e médias em Bt1; poucas médias e raras finas em Bt2.

Observações: Em AB e Bt, ocorrem blocos grandes a muito grandes, que se desfazem em menores.

Compartimento VS

Caracterização geral

Classificação: Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário
Unidade Geoambiental: Vertente Ocidental do Maciço de Baturité
Situação: Mini-trincheira no terço médio da elevação
Localização: Pequena propriedade rural à direita da estrada
 Campos Belos – Guaramiranga.
Coordenadas: 4° 11' 56,4" S / 38° 58' 48" O
Material de Origem: Gnaiss
Drenagem: Forte
Pedregosidade: Muito pedregosa
Rochosidade: Rochosa a muito rochosa
Data: 11 / 08 / 2008
Altitude: 524 m
Vegetação primária: Savana estépica Florestada
Uso atual: Pastagem natural para gado bovino
Erosão: Moderada
Relevo local: Ondulado
Relevo regional: Forte Ondulado



Caracterização Morfológica

- A1 (0 – 9 cm) bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); franco-arenosa; moderada, muito pequena a média; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, transição gradual e plana.
- A2 (9 – 17 cm) bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco-arenosa; moderada a forte, muito pequena a pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, transição clara e plana.
- Cr (17 – 32 cm+) Não coletado.

Raízes: Comuns finas, raras médias e grandes em A1 e A2; raras finas em Cr.

Compartimento PU

Caracterização geral

Classificação : Argissolo amarelo Distrófico típico
Unidade Geoambiental: Platô Úmido do Maciço de Baturité
Situação: Trincheira no terço superior da elevação
Localização: Encosta de um serrote à margem esquerda da Estrada Campos Belos – Guaramiranga.
Coordenadas: 4° 12' 3,6" S / 38° 57' 39,6" O
Material de Origem: Gnaisse
Drenagem: Boa a acentuada
Pedregosidade: Moderadamente pedregosa
Rochosidade: Não rochosa
Data: 03 / 11 / 2008 **Altitude:** 928 m
Vegetação primária: Floresta Ombrófila
Uso atual: Mata **Erosão:** Ligeira
Relevo local: Forte ondulado
Relevo regional: Forte ondulado a montanhoso



Caracterização Morfológica

- A1 (0 – 8 cm) bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); franco-argilo-arenosa; moderada a forte, muito pequena a média; blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso a ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- 2 A2 (8 – 27 cm) bruno (10YR 4/3, úmido), bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco-argilo-arenosa; moderada a forte, muito pequena a pequena; blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- 2 B/A (27 – 49 cm) bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido), bruno-amarelado-claro (2,5Y 6/4, seco); argila; moderada a forte, pequena a média; blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada. Espessura: 13 a 21 cm.
- 2 Bt1 (49 – 78 cm) bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido), amarelo (10YR 7/6, seco); mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/6); argila; moderada a forte, pequena a média; blocos subangulares; duro, muito friável, plástico, ligeiramente pegajoso e pegajoso; transição gradual e ondulada. Espessura: 22 a 29 cm.
- 2 Bt2 (78 – 97 cm) bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 7/4, seco); mosqueado amarelo brunado (10 YR 6/8); argila; moderada a forte, média a grande; blocos subangulares; duro a muito duro, muito friável, plástico a muito plástico, pegajoso; transição gradual e ondulada. Espessura: 19 a 29 cm.
- 2 B/C (97 – 121 cm) amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido), amarelo (10YR 7/8, seco); mosqueado vermelho (2,5YR 4/8); argila; maciço; duro a muito duro, friável a firme, plástico, não pegajoso a ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada. Espessura: 11 a 23 cm.
- 2 C1 (121 – 147 cm) Não coletado, transição clara e irregular. Espessura: 11 a 25 cm.
- 2 C2 (147 – 178 cm) Não coletado, transição clara e ondulada. Espessura: 18 a 44 cm.
- 2 Cr (178 – 194 cm+) Não coletado.

Raízes: Muitas finas e poucas médias em A1; comuns finas, poucas médias e raras grossas em A2 e B/A; raras finas em Bt1, Bt2, B/C e C1.

Observações: Blocos de rocha em A2 e B/A, com fragmentos de 2 a 21 cm de diâmetro. Os três primeiros horizontes são cascalhentos e possuem fragmentos de carvão.

APÊNDICE B

EAC	Família	Gênero	Espécie	Autor	Nome popular	Vegetação	Coletor	N.º Col.
44434	Anacardiaceae	Indeterminado	-	-	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	93
43892	Anacardiaceae	<i>Myracrodruon</i>	<i>urundeuva</i>	Allemão	Aroeira	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	69
42936	Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i>	<i>pyrifolium</i>	Mart.	Pereiro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	63
44426	Apocynaceae	Indeterminado	-	-	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	113
44427	Asteraceae	Indeterminado	-	-	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	126
44433	Asteraceae	Indeterminado	-	-	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	60
44333	Asteraceae	<i>Wedelia</i>	sp.	-	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	55
43894	Bignoniaceae	<i>Arrabidaea</i>	<i>caudigera</i>	(S. Moore) A.H. Gentry	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	84
43295	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>impetiginosa</i>	(Mart. ex DC.) Standl.	Ipê, pau-d'arco	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	106
42933	Bombacaceae	<i>Pseudobombax</i>	<i>marginatum</i>	(A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	Embiratanha	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	44
42930	Boraginaceae	<i>Auxemma</i>	<i>oncocalyx</i>	Baill.	Pau-branco	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	16
42932	Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>trichotoma</i>	(Vell.) Arráb. ex Steud.	Freijorge	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	22
42931	Bromeliaceae	<i>Aechmea</i>	<i>aquilega</i>	(Salisb.) Griseb.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	38
42934	Burseraceae	<i>Commiphora</i>	<i>leptophloeos</i>	(Mart.) J.B. Gillett	Imburana	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	72
42947	Cactaceae	<i>Cereus</i>	<i>jamacaru</i>	DC.	Mandacaru	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	25
42946	Cactaceae	<i>Pilosocereus</i>	<i>chrysostele</i>	(Vaupel) Byles & G.D. Rowley	Facheiro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	24
42948	Cactaceae	<i>Pilosocereus</i>	<i>gounellei</i>	(F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley	Xique-xique	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	23
42928	Cactaceae	<i>Pilosocereus</i>	<i>pachycladus</i>	F. Ritter	Facheiro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	9
43893	Capparaceae	<i>Capparis</i>	<i>cynophallophora</i>	L.	Feijão-brabo	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	79
43302	Capparaceae	<i>Capparis</i>	<i>flexuosa</i>	(L.) L.	Feijão-brabo	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	47
43899	Celastraceae	<i>Maytenus</i>	sp.	-	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	102
43305	Clusiaceae	<i>Vismia</i>	<i>guianensis</i>	(Aubl.) Pers.	Lacre-vermelho	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	105
42925	Combretaceae	<i>Combretum</i>	<i>leprosum</i>	Mart.	Mofumbo	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	12
43304	Costaceae	<i>Costus</i>	<i>spiralis</i>	(Jacq.) Roscoe	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	129
43300	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>blanchetianus</i>	Baill.	Marmeleiro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	74
44430	Euphorbiaceae	Indeterminado	-	-	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	54

EAC	Família	Gênero	Espécie	Autor	Nome popular	Vegetação	Coletor	N.º Col.
42939	Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i>	<i>mollissima</i>	(Pohl) Baill.	Pinhão	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	11
42938	Euphorbiaceae	<i>Manihot</i>	<i>glaziovii</i>	Müll. Arg.	Maniçoba	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	86
43890	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Bauhinia</i>	<i>aromatica</i>	Ducke	Mororó, pata-de-vaca	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	62
42927	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Caesalpinia</i>	<i>ferrea</i>	Mart.	Pau-ferro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	43
42926	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Caesalpinia</i>	<i>gardneriana</i>	Benth.	Catingueira	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	14
43891	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Chamaecrista</i>	sp.		-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	65
43903	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Senna</i>	<i>georgica</i>	H.S. Irwin & Barneby	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	111
42929	Fabaceae (Caesalpinoideae)	<i>Senna</i>	<i>macranthera</i>	(DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	15
43900	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Albizia</i>	<i>polycephala</i>	(Benth.) Killip	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	103
42944	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Anadenanthera</i>	<i>colubrina</i>	(Vell.) Brenan	Angico	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	78
43296	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Calliandra</i>	<i>spinosa</i>	Ducke	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	27
43889	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Chloroleucon</i>	<i>dumosum</i>	(Benth.) G.P. Lewis	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	53
43897	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Inga</i>	<i>vera</i>	Willd.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	98
43887	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Mimosa</i>	<i>arenosa</i>	(Willd.) Poir.	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	29
42943	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Mimosa</i>	<i>caesalpinifolia</i>	Benth.	Sabiá	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	75
43886	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Mimosa</i>	<i>tenuiflora</i>	(Willd.) Poir.	Jurema-preta	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	28
42942	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Piptadenia</i>	<i>stipulacea</i>	(Benth.) Ducke	Jurema-branca	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	26
43301	Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Indigofera</i>	<i>sufruticosa</i>	Mill.	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	89
42941	Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Machaerium</i>	<i>hirtum</i>	(Vell.) Stellfeld	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	33
43896	Flacourtiaceae	<i>Banara</i>	<i>guianensis</i>	Aubl.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	97
43901	Flacourtiaceae	<i>Casearia</i>	<i>sylvestris</i>	Sw.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	109
44429	Indeterminado	-	-		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	116
44431	Indeterminado	-	-		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	122
44336	Lauraceae	<i>Cinnamomum</i>	<i>triplinerve</i>	(Ruiz & Pav.) Kosterm.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	94
44331	Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>crispa</i>	A. Juss.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	119
44332	Malpighiaceae	<i>Bunchosia</i>	<i>acuminata</i>	Dobson	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	101

EAC	Família	Gênero	Espécie	Autor	Nome popular	Vegetação	Coletor	N.º Col.
42935	Malpighiaceae	<i>Mascagnia</i>	<i>rigida</i>	(A. Juss.) Griseb.	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	30
44329	Malvaceae	<i>Helicteres</i>	sp.		-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	71
44432	Malvaceae	Indeterminado	-		-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	56
43297	Melastomataceae	<i>Miconia</i>	sp.		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	118
44335	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>guianensis</i>	Desv. ex Ham.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	107
43309	Myrtaceae	<i>Campomanesia</i>	<i>aromatica</i>	(Aubl.) Griseb.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	108
43906	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>ligustrina</i>	(Sw.) Willd.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	128
43905	Myrtaceae	<i>Myrcia</i>	<i>alagoensis</i>	O. Berg.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	127
43895	Myrtaceae	<i>Myrcia</i>	<i>rostrata</i>	DC.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	96
43904	Myrtaceae	<i>Myrcia</i>	sp.		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	120
44330	Nyctaginaceae	<i>Guapira</i>	<i>opposita</i>	(Vell.) Reitz	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	117
44425	Nyctaginaceae	Indeterminado	-		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	123
44334	Ochnaceae	<i>Ouratea</i>	sp.		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	121
43306	Olacaceae	<i>Schoepfia</i>	<i>brasiliensis</i>	A. DC.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	130
43902	Olacaceae	<i>Schoepfia</i>	sp.		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	110
43299	Olacaceae	<i>Ximenia</i>	<i>americana</i>	L.	Ameixa	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	76
42937	Polygonaceae	<i>Triplaris</i>	<i>gardneriana</i>	Wedd.	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	40
43909	Rhamnaceae	<i>Ziziphus</i>	<i>joazeiro</i>	Mart.	Juazeiro	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	149
43298	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>rhoifolium</i>	Lam.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	100
43303	Sapindaceae	<i>Allophyllus</i>	<i>edulis</i>	(A. St.-Hill., A. Juss. & Cambess.) Radlk.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	95
43898	Sapindaceae	<i>Cupania</i>	sp.		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	99
43308	Solanaceae	<i>Brunfelsia</i>	<i>uniflora</i>	(Pohl) D. Don	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	125
43195	Solanaceae	Indeterminado	-		-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	144
43307	Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis</i>	<i>racemosa</i>	Griseb.	-	Floresta Ombrófila	M. O. T. Menezes	115
43888	Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	L.	-	Savana Estépica	M. O. T. Menezes	48