

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE AMBIENTAL

FERNANDA PEREIRA MARTINS

**CONCEITO, PROTEÇÃO AMBIENTAL E MORFOGÊNESE
DE CHAPADAS NO BRASIL**



BELO HORIZONTE/MG

2018

FERNANDA PEREIRA MARTINS

**CONCEITO, PROTEÇÃO AMBIENTAL E
MORFOGÊNESE DE CHAPADAS NO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Rodrigues Salgado.

Belo Horizonte/MG

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Fernanda Pereira Martins

**CONCEITO, PROTEÇÃO AMBIENTAL E
MORFOGÊNESE DE CHAPADAS NO BRASIL**

Prof. Dr. André Augusto Rodrigues Salgado

Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos

Prof. Dr. António Alberto Gomes

Prof. Dr. António Martins

Prof. Dr. Pedro Proença Cunha

Data: ____/____ de _____

Resultado: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Antônio Batista Martins, referência de honestidade, compaixão e alegria. Ao meu grande pai, de sorriso fácil e leve, pelo seu amor incondicional e por toda a sua garra e persistência perante a vida. Ao meu pai que sempre vibrou com as minhas conquistas, sempre torcendo e me incentivando a trilhar o caminho do bem. Obrigada por ter existido fisicamente 27 anos da minha vida. Obrigada por permanecer vivo em minhas lembranças e me permitir seguir sentindo todo o seu enorme amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Nilza Eliana Pereira Martins e Antônio Batista Martins, por toda dedicação à família, viabilizando minha formação profissional e moral. À minha linda filha, Laura Antônia Martins Fidelis, presente de Deus, que me enche de amor todos os dias, auxiliando-me a superar as dificuldades impostas pela vida. À minha irmã, por todo auxílio e companheirismo. Ao meu orientador, Dr. André Augusto Rodrigues Salgado, por todos os grandiosos ensinamentos, compromisso quanto orientador, paciência e por sua amizade. À co-orientadora, Hélen Nébias Barreto pelo auxílio. Ao Instituto Prístino pelo apoio logístico nas atividades de campo. Ao promotor do Ministério Público de Minas Gerais Marcelo Azevedo Maffra. Aos pesquisadores que se dispuseram a contribuir em anonimato com a pesquisa. Aos colegas Édipo Henrique Cremon (UFG) e Fábio Correa Alves (INPE) pelo auxílio nas análises em ambiente MATLAB. À empresa de turismo Zecatour pelo auxílio nos trabalhos de campo e à CAPES pelo apoio financeiro. Agradeço também a todos os professores que aceitaram fazer parte da banca de defesa desta Tese.

RESUMO

As chapadas são geoformas que se estendem por diversas porções do território brasileiro apresentando-se como unidades paisagísticas compostas tanto por uma única chapada isolada quanto por um agrupamento dessas geoformas. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), classificou oito unidades de relevo do Brasil como sendo domínios de chapadas. Estas se concentram nas regiões Nordeste, Sudeste e, em menor proporção, na Centro-oeste. A partir do momento em que a legislação (Código Florestal Lei nº 12.651/2012 e da Resolução Conama nº 303/2002) instituiu as bordas das chapadas como Área de Proteção Permanente, estas geoformas foram legalmente reconhecidas como possuidoras de grande importância ambiental. Entretanto, apesar desse reconhecimento, as chapadas ainda carecem de estudos científicos. Neste sentido, esta pesquisa se estrutura sobre três eixos norteadores: (i) discutir o conceito legal de chapada no Brasil; (ii) conceituar cientificamente a geoforma chapada e; (iii) compreender a morfodinâmica típica dessas paisagens em duas áreas representativas no Brasil: (A) a região da Chapada das Mesas no Maranhão/Tocantins e (B) a porção sul das Chapadas do Rio São Francisco no estado de Minas Gerais. Para lograr os objetivos propostos, primeiramente analisou-se se as oito unidades classificadas como chapada pelo IBGE (2006) atendem todos os parâmetros exigidos pela lei: declividade da superfície do platô, declividade de suas bordas, extensão superficial e altitude. Posteriormente, foram consultados 22 especialistas em geomorfologia para a utilização do método Delphi com o objetivo de determinar quais são os principais parâmetros para se classificar uma geoforma como chapada, bem como para criar uma definição científica para essa geoforma e constatar a aderência dela às oito unidades do relevo de Chapada no Brasil (IBGE, 2006). Por último, foi testado se os parâmetros sugeridos no Delphi como típicos de gênese de chapada (processos) atendem à realidade dessas geoformas nas duas áreas anteriormente citadas. Para isso, utilizou-se de método de observação em campo, geoprocessamento e sensoriamento remoto e, no caso das Chapadas das Mesas, ainda utilizou-se de dados laboratoriais de isótopo cosmogênico Be¹⁰. Concluiu-se que a legislação vigente não cumpre seu objetivo de proteger as chapadas, porque ela utiliza um conceito confuso e restritivo, não abrangendo a real ocorrência desse tipo de relevo no Brasil. Por meio do método Delphi, foi possível criar um conceito mais compatível com a realidade de ocorrência dessas geoformas no Brasil e, portanto, passível de ser utilizado pela legislação, contribuindo para a compreensão da dinâmica evolutiva natural das chapadas. No que se refere à morfogênese, a análise das Chapadas das Mesas demonstrou que os processos em curso são mais heterogêneos do que aqueles mencionados nos clássicos geomorfológicos e do que aqueles levantados nesse trabalho através do método Delphi. De fato, nesta área, processos de subsuperfície cársticos em rocha não carbonática – siliciclásticas - ocorreram em interação aos processos superficiais do ciclo supérgeno. Ou seja, processos típicos do carste foram fundamentais para a morfogênese das chapadas da região da Chapada das Mesas. Este fato é relevante, pois até a atualidade não se tinha menção nas bibliografias geomorfológicas dos processos cársticos como precursores da morfogênese de chapadas. Já a morfogênese do Sul das Chapadas do Rio São Francisco demonstrou estar em maior conformidade com a morfogênese descrita pelas teorias de evolução da paisagem de longo termo. A análise dessas duas áreas representativas das chapadas demonstraram que as chapadas são formas de relevo poligenéticas e não devem ser analisadas dentro de uma perspectiva dedutiva.

Palavras-chave: Chapadas; Geomorfologia, Legislação ambiental; Morfogênese.

ABSTRACT

The tablelands are common landforms in Brazilian landscapes. Sometimes they occur in isolation, but can also occur in a grouping of these geomorphs. The Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2006) classified eight Brazilian units of relief as tableland areas. They are concentrated in the northeast, southeast and, in a lesser extent, in the Midwest. From the moment that legislation (Código Florestal Lei nº 12.651/2012 and the Resolução Conama nº 303/2002) established the tablelands edges as Permanent Protection Area, these geomorphs were legally recognized as possessing great environmental importance. However, despite this recognition, the tablelands still lack scientific studies. In this sense, this research is structured on three guiding principles: (i) discuss the legal concept of tableland in Brazil; (ii) make a scientific concept of tableland form and and; (iii) understand the typical morphodynamics of this landscapes in two representative areas of tablelands in Brazil: (A) the region called Chapada das Mesas in the state of Maranhão and Tocantins and (B) the south portion of the Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais State. To achieve the proposed objectives, it was first analysed if the eight units classified as tablelands by IBGE (2006) meet all the parameters required by legislation: tableland surface slope, slope of their edges, surface extension and altitude. Afterwards, 22 specialists in geomorphology were consulted to use the Delphi method to determine the main parameters for classifying a geomorph as being tablelands, as well as to create a scientific definition for this geomorph and to see its adherence to reality of the eight tablelands relief units in Brazil (IBGE, 2006). Finally, it was tested in the two previous selected areas, if the parameters suggested in Delphi as typical of the tablelands genesis (processes) is applied to the reality of these geomorphs. For that, field observation, geoprocessing and remote sensing methods was used, and, in the case of the Chapadas das Mesas, laboratory data of cosmogenic isotope Be^{10} was also used. It was concluded that the current legislation does not fulfill its objective to protect the tablelands because it uses a confusing and restrictive concept, not covering the actual occurrence of this type of relief in Brazil. By means of the Delphi method, it was possible to create a concept more compatible with the reality of the occurrence of these geomorphs in Brazil and, therefore, it can be used by the legislation, contributing to the understanding of the natural evolutionary tablelands dynamics. With regard to morphogenesis, the analysis of the Chapadas das Mesas has shown that the morphogenetic processes were more heterogeneous than those mentioned in the geomorphological classics and than those raised in this work through the Delphi method. . In this area, karstic subsurface processes in non-carbonate rocks – siliciclastic - occurred in interaction with the surface processes of the supergene cycle. That is, typical karst processes were fundamental for the morphogenesis of plateaus in the Chapada das Mesas region. This fact is relevant, because up to the present time there was no mention in the geomorphological bibliographies of the karstic processes as precursors of the tablelands morphogenesis. The morphogenesis of the South of the Chapadas do Rio São Francisco unit has been shown to be in greater conformity with the morphogenesis described by the evolutionary theories of the long term landscape. The analysis of these two representative areas of tablelands demonstrated that they are polygenetic relief forms and should not be analyzed from a deductive perspective.

Keyword: Tablelands; environmental legislation; scientific concept; morphogenesis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** Distribuição das Unidades de relevo do tipo Chapada (IBGE, 2006) nas regiões geográficas brasileiras.....13
- Figura 1.2:** Desenhos esquemáticos que mostram intensidade do recuo lateral das vertentes das chapadas em dois ambientes: (A) Com bordas preservadas e consequente intenso fluxo de água subsuperficial e pequeno fluxo superficial e; (B) Com bordas desmatadas e com consequente intenso fluxo de água superficial e pequeno fluxo subsuperficial. Elaborado por: Breno, 2014.....15
- Figura 2.1:** Região da Chapada das Mesas com destaque para a Unidade do Relevo Chapadas e Planos do rio Farinha (IBGE, 2006) e localização dos pontos, e suas respectivas bacias hidrográficas, em que foram coletadas amostras de sedimentos para análise do isótopo cosmogênico ^{10}Be24
- Figura 2.2:** Região das Chapadas do Rio São Francisco com destaque para o sul desta unidade, a qual é área do referido estudo.27
- Figura 3.1:** Unidades de relevo classificadas como sendo de chapada no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006).....29
- Figura 3.2:** Desmatamento e erosão: regressão lateral de vertente no Morro Pelado, Município de Carolina, Maranhão. Foto dos autores.....30
- Figura 3.3:** Declividade das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecis, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.....34
- Figura 3.4:** Hipsometria das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecis, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.....35
- Figura 3.5:** Paisagem típica da unidade do relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. Maranhão e Tocantins. Foto: os autores.....39
- Figura 4.1:** Desenho esquemático da geoforma chapada. Elaboração: Breno Marent, 2014.....49
- Figura 4.2:** Modelo de evolução das chapadas mais aceito entre os participantes da pesquisa: (A) Momento inicial: início da incisão vertical (encaixamento) da rede de drenagem; (B) Momento intermediário: rede de drenagem já alcançou novo nível de base (está equilibrada) e por isso começa a lateralmente alargar os vales; (C) Momento avançado: individualizam-se as chapadas em um contexto de duas superfícies planas. Elaboração: Breno Marent, 2014.....50
- Figura 4.3:** Regressão lateral de vertentes para as chapadas: (A) Desenho esquemático; (B) Momento inicial; (C) Momento intermediário; (D) Momento avançado. Elaboração: Breno Marent, 2014.....51

Figura 5.1: Paisagem típica da Região da Chapada das Mesas.....	55
Figura 5.2: Densidade de drenagem na região da Chapada das Mesas.....	58
Figura 5.3: Densidade de lineamentos na região da Chapada das Mesas.....	58
Figura 5.4: Diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais em frequência absoluta e comprimento absoluto de Falhas e Fraturas na Região da Chapada das Mesas.....	59
Figura 5.5: Diagrama de rosetas em frequência absoluta e comprimento absoluto referente a direção das mesas dentro da Unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha.....	59
Figura 5.6: Diagrama de rosetas com frequência absoluta e comprimento absoluto da rede de drenagem da região de estudo: (a) drenagem de todas as ordens, (b) de primeira ordem e (c) de segunda ordem.....	60
Figura 5.7: Perfis topográficos na área de estudo com a disposição das mesas e da drenagem com suas respectivas ordens de canal segundo Strahler (1952).....	61
Figura 5.8: Geoformas cársticas na região da Chapada das Mesas, MA/TO. (1) Cachoeira do Santuário e (2) Cachoeira da Caverna; (3) Cânion e caverna da Cachoeira de Santa Bárbara; (4a e b) Arco da Pedra Caída; (4c) Ductos em diversos diâmetros na rocha que compõe o portal da Pedra Caída.....	64
Figura 5.9: Modelo de morfogênese de paisagem da Chapada das Mesas: Processos superficiais e subsuperficiais são importantes para a evolução do relevo da região. Estes últimos, graças a “carstificação” em lineamentos de arenitos, formam ductos e cavernas que, ao colapsarem, potencializam a formação de vales encaixados.....	66
Figura 6.1: Localização da área de estudo: extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, estado de Minas Gerais.....	68
Figura 6.2: Paisagem típica da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco: (A) Chapada típica com escarpas com cerrado mais denso; (B) Topo da Chapada dominada pelo Agronegócio.....	69
Figura 6.3: a) Hipsometria e b) litologia no extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco e o limite entre as bacias hidrográficas do Rio Paraná à esquerda e do Rio São Francisco à direita.....	70
Figura 6.4: Principais classes de solos no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco. Fonte: UFV/DPS, 2010.....	71
Figura 6.5: Densidades a) de drenagem e b) de lineamentos no extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.....	72
Figura 6.6: Diagrama de rosetas em frequência absoluta e comprimento absoluto da hidrografia no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.....	73

Figura 6.7: Diagrama de rosetas em frequência absoluta e comprimento absoluto dos lineamentos morfoestruturais de Falhas e Fraturas no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.....73

Figura 6.8: Bacias hidrográficas e seus respectivos valores de área total, Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT) com a média (X) e o desvio padrão(S), e o valor do Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) no extremo sul das Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.....74

Figura 6.9: Perfis topográficos cruzando o extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco nas direções (A-A') NW-S e (B-B') NE-S. Os perfis estão localizados no mapa geológico correspondente à Figura 3b.....75

Figura 6.10: Modelo hipotético de morfogênese na região das Chapadas do Rio São Francisco. Ilustração: Henrique Amorim Machado.....79

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Etapas e fases a serem desenvolvidas na pesquisa.....	18
Quadro 3.1: Texto da legislação ambiental brasileira que protege as chapadas.....	31
Quadro 4.1: Porcentagem de participantes que consideraram cada um dos parâmetros em análise como Muito Importante; Importante; Pouco Importante ou Irrelevante.....	43
Quadro 4.2: Categorias de rochas sugeridas no primeiro questionário e colocadas para votação no segundo questionário. Os dados referem-se ao percentual de participantes que concordaram ou não que a gênese de chapadas também pode ocorrer sobre essas categorias litológicas.....	44
Quadro 4.3: Valores sugeridos para o mergulho de camadas no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.....	44
Quadro 4.4: Valores sugeridos para declividade do topo no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.....	45
Quadro 4.5: Valores sugeridos para declividade da borda no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que consideraram pertinentes os valores sugeridos a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.....	45
Quadro 4.6: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com a gênese de chapadas proposta.....	46
Quadro 4.7: Valores sugeridos para altitude no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.....	46
Quadro 4.8: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram, ou não, com a extensão superficial exigida na Resolução CONAMA 303/2002 para que uma geoforma seja classificada legalmente como chapada.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Área em hectares das chapadas amostradas.....	32
Tabela 3.2: Correlação entre as áreas consideradas como chapada pelo IBGE (2006) e os critérios para classificação de relevo como chapada da Resolução CONAMA 303/2002.....	36
Tabela 4.1: Aplicabilidade dos conceitos científicos de chapada à realidade da sua ocorrência no território brasileiro (unidades de relevo de chapada, IBGE, 2006).....	52
Tabela 5.1: Índices de Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT), incluindo média (x) e desvio padrão (s), em sub-bacias de 3º e 4º ordem fluvial da área analisada.....	62
Tabela 5.2: Taxas de denudação de longo-termo ¹⁰ Be mensuradas na região da Chapada das Mesas.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13-17
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18-28
3. AS CHAPADAS BRASILEIRAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: CONFLITO DE CONCEITOS	
3.1 INTRODUÇÃO.....	29-32
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32-40
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
4. CHAPADAS DO BRASIL: ABORDAGEM CIENTÍFICA E CONCEITUAL	
4.1 INTRODUÇÃO.....	41-43
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43-53
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53-54
5. MORFOGÊNESE DA CHAPADA DAS MESAS (MARANHÃO-TOCANTINS): PAISAGEM CÁRSTICA E POLIGENÉTICA	
5.1 INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	55-57
5.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58-66
5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
6. MORFOGÊNESE DO EXTREMO SUL DA UNIDADE CHAPADAS DO RIO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS	
6.1 INTRODUÇÃO.....	67
6.2 ÁREA DE ESTUDO.....	67-72
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	72-79
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80-85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86-89

ANEXOS

1. INTRODUÇÃO

Chapada é um termo geomorfológico brasileiro que serve para designar elevações de topo plano ou quase plano e laterais íngremes que ocorrem em áreas de clima semiúmido ou semiárido e com média/baixa ou baixa atividade tectônica. Essas geoformas são muito comuns nas paisagens brasileiras e ocorrem por vezes de forma isolada, mas também podem ocorrer agrupadas em grandes unidades paisagísticas. Por sua expressiva representatividade no território brasileiro, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em mapeamento geomorfológico do ano de 2006, classificou oito unidades de relevo do Brasil como sendo domínios de chapadas (Figura 1.1).

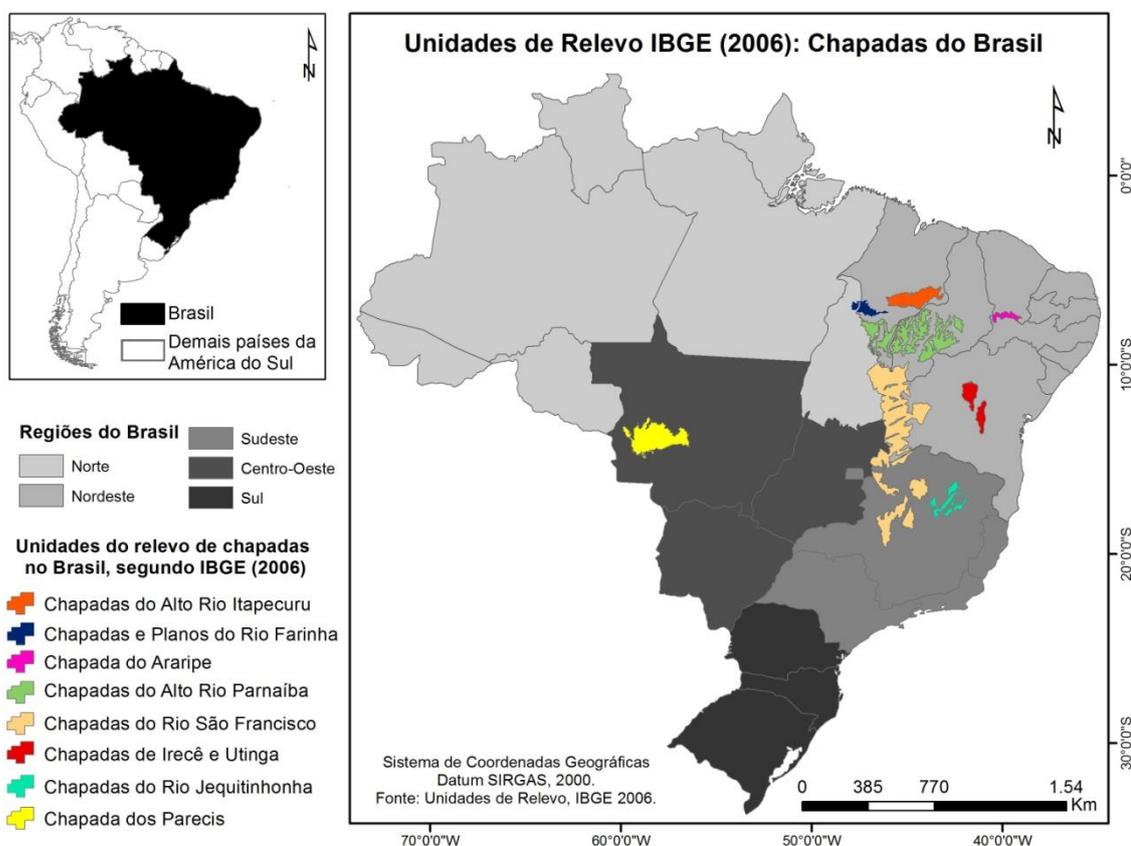


Figura 1.1: Distribuição das Unidades de relevo do tipo Chapada (IBGE, 2006) nas regiões geográficas brasileiras.

Estas unidades se concentram na região nordeste, sudeste e, em menor proporção, na região centro-oeste, sendo a maioria delas constituída por um conjunto de chapadas agregadas em uma única unidade da paisagem: (i) Chapada do Alto Rio Itapecuru, (ii) Chapadas e Planos do Rio Farinha, (iii) Chapadas do Alto Parnaíba, (iv) Chapadas do Rio São Francisco e (v) Chapadas do Rio Jequitinhonha. Já a unidade de relevo (vi) Chapadas

de Irecê e Utinga se caracteriza por ser um agrupamento de duas amplas chapadas e as unidades de chapadas (vii) do Araripe e a (viii) dos Parecis referem-se, cada uma, a uma única chapada de considerável dimensão.

Entretanto, o conceito científico de chapada não é algo bem definido na literatura geomorfológica nacional. É possível afirmar isso em razão do mesmo encontrar-se esparsamente, ou seja, a definição conceitual do que seria uma chapada está presente, sutilmente, em diversas bibliografias de cunho geomorfológico, tais como Guerra e Guerra (2008); IBGE (2009); Goudie (2004); Florenzano (2008); Press et al. (2006); Ab'saber (1964) e Vieira et al. (2015), mas a definição que cada trabalho apresenta é sempre um pouco diferente daquele apresentado pelos demais. Em suma: além de pequeno, o conteúdo inserido nas bibliografias sobre as geformas do tipo chapadas apresenta discordância conceitual entre os autores no que se refere aos aspectos considerados para classificação deste tipo de forma.

Por constituírem áreas de grande fragilidade ambiental, principalmente quando apropriadas pelas atividades antrópicas, as chapadas não são apenas conceituadas no âmbito científico, mas, também, no legal. Isto ocorre com vistas à preservação da vegetação em suas bordas, diminuindo os processos de degradação ambiental. Isso porque, ao manter a vegetação natural, sobretudo na borda das chapadas, impede-se o fluxo concentrado da água pluvial nas laterais, favorecendo sua infiltração no topo das mesmas, o que torna a regressão lateral das chapadas mais lenta. Logo, a maior parte da água infiltra e apenas uma pequena parcela escoava para as bordas erodindo sua lateral (Figura 1.2A). Entretanto, principalmente em áreas com clima semiúmido no Brasil, se a vegetação original é retirada, o processo se inverte (Figura 1.2B), ou seja, pouca água infiltra no topo e grande quantidade escoava com elevada energia na lateral da chapada, erodindo-a e degradando-a com grande velocidade (Figura 1.2B).

Devido a este processo morfodinâmico inerente às chapadas e ao reconhecimento da vegetação como mantenedora da estabilidade de suas bordas, a legislação, por meio da Resolução CONAMA 303/2002, apresenta parâmetros para classificar uma geforma como chapada, permitindo, posteriormente, que se efetive a proteção da vegetação em suas bordas. Entretanto, apesar da intenção legislativa em proteger as paisagens constituídas por essas formas tabulares e os recursos naturais associados, o conceito de chapada usado pela legislação parece não ter aderência com os conceitos científicos das mesmas, e, tampouco, com a realidade de ocorrência das chapadas no território brasileiro.

Este fato pode estar acarretando o não cumprimento do que é proposto pela legislação: a proteção ambiental das chapadas.

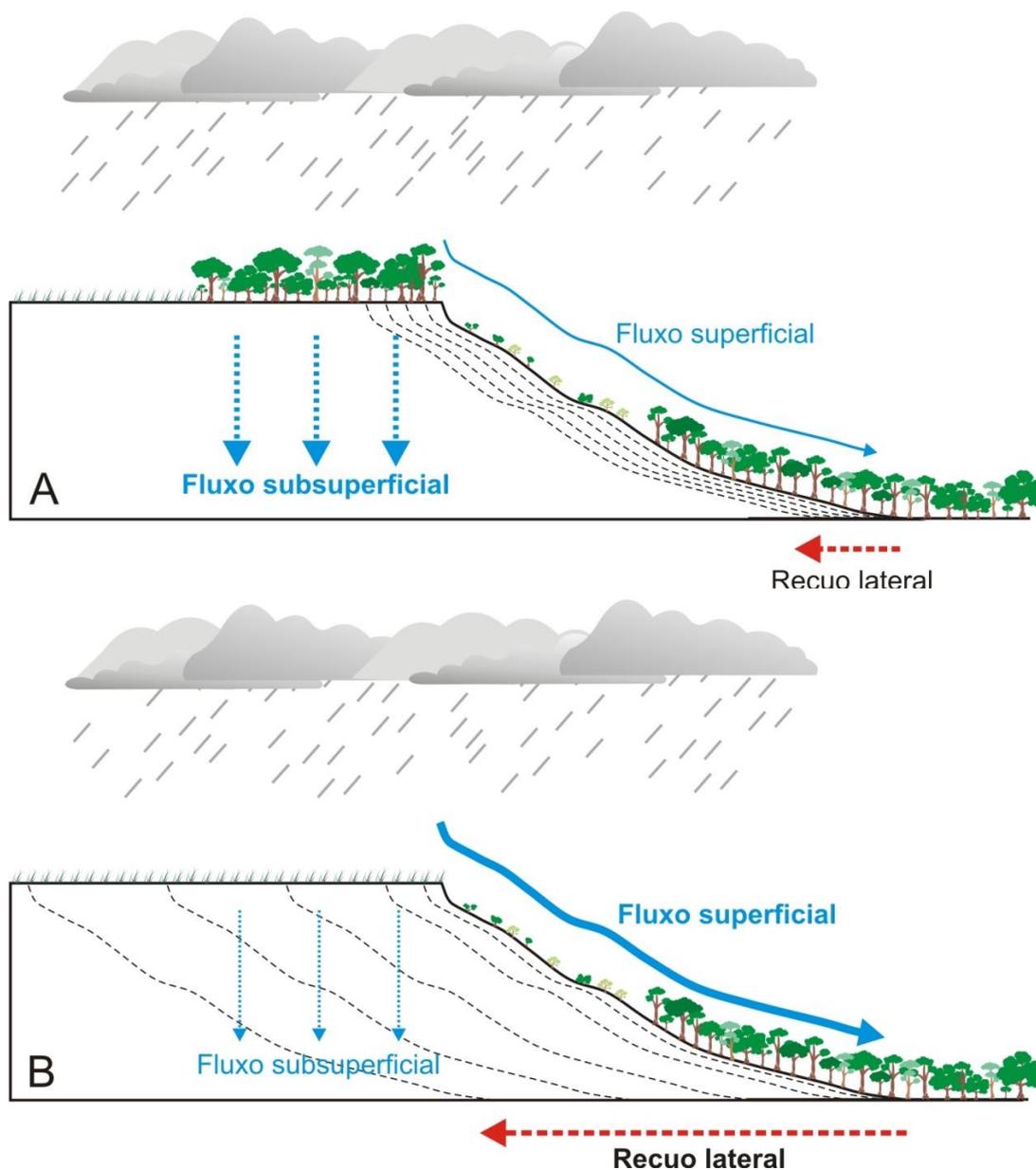


Figura 1.2: Desenhos esquemáticos que mostram a intensidade do recuo lateral das vertentes das chapadas em dois ambientes: (A) Com bordas preservadas e consequente intenso fluxo de água subsuperficial e pequeno fluxo superficial e; (B) Com bordas desmatadas e com consequente intenso fluxo de água superficial e pequeno fluxo subsuperficial. Elaborado por: Breno, 2014.

Neste contexto, devido à falta de consenso e inconsistência conceitual das chapadas nas diversas esferas em análise, há uma necessidade de se compreender melhor as questões que permeiam sua natureza.

Por isso, as questões que norteiam o desenvolvimento desta pesquisa são:

- A legislação tem sido eficaz em sua proposta de proteger as chapadas frente à degradação paisagística e ambiental?
- A legislação encontra-se amparada pelos conceitos e discussões científicas pertinentes às chapadas?
- Qual a melhor definição científica possível para a geoforma chapada?
- Os conceitos científicos existentes tem aderência com a realidade no que se refere a forma e processos típicos de uma paisagem de chapadas?
- A Morfogênese é um elemento importante para se definir uma geoforma como chapada? Se sim, como se dá essa morfogênese?

Para responder a estas questões, esta pesquisa se debruçará sobre o objetivo geral de investigar as chapadas em suas diversas dimensões de análise: ambiental, legal, conceitual e em termos de morfogênese. Visa assim contribuir para a sua proteção ambiental e para um avanço científico sobre o tema.

Os objetivos específicos são:

- Discutir o conceito legal de chapada no Brasil e sua concordância com a ocorrência natural dessas geoformas no território nacional;
- Elaborar uma definição científica de chapada mais coerente com a realidade e embasada na opinião e colaboração de diversos especialistas;
- Verificar se há aderência entre o conceito teórico criado com a colaboração dos especialistas e a realidade de ocorrência dessas geoformas no Brasil a partir de dois estudos de caso (IBGE, 2006): (i) a região na Unidade do Relevo *Chapadas e Planos do rio Farinha* e; a da (ii) *Chapadas do Rio São Francisco*;
- Compreender a morfogênese da paisagem da Chapada das Mesas (*Chapadas e Planos do rio Farinha*) e a da porção sul das *Chapadas do Rio São Francisco*;
- Buscar uma síntese entre os diversos resultados da pesquisa e assim discutir as chapadas em suas diversas dimensões de análise: ambiental, legal, conceitual e em termos de morfogênese.

Em suma: o presente trabalho visa trazer uma discussão ampla sobre as chapadas no Brasil, visto que a base do seu conhecimento ainda encontra-se esparsa e inconsistente, o que dificulta sua preservação ambiental. Para isso, contemplar-se-á minuciosamente a abordagem conceitual e seus fatores constituintes, como o formato apresentado pelas chapadas e os processos que a originaram. Além disso, o conceito será

testado, com vistas a confirmar sua aderência com a realidade e, portanto, assegurar que este seja um possível suporte, confiável, para a prática legislativa.

Para atingir a esses objetivos o trabalho se desenvolverá sobre três eixos norteadores: (i) discutir o conceito legal de chapada no Brasil e verificar sua aderência com a ocorrência desta geoforma no território nacional; (ii) conceituar cientificamente a geoforma chapada; (iii) verificar a realidade de ocorrência das chapadas na paisagem e compreender a morfogênese desse tipo de paisagem com base no estudo de caso da Chapada das Mesas nos estados do Maranhão e Tocantins e das Chapadas do Rio São Francisco em Minas Gerais.

Ressalta-se que esta Tese está estruturada na forma de artigos científicos e, por isso, os capítulos apresentados após o capítulo de Materiais e Métodos referem-se a partes diferentes dos resultados, sendo que cada uma dessas partes deu origem a um artigo científico. Neste contexto, o terceiro capítulo denomina-se “*As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos*” (artigo apresentado no Anexo 1) e traz um panorama geral da aplicabilidade da legislação quanto a preservação de áreas de chapada no Brasil, considerando, principalmente, o conceito utilizado legalmente, visto que este é o que sustenta toda a prática de preservação ambiental dessas áreas. A partir desta análise é possível compreender o avanço conceitual das chapadas no Brasil e, em decorrência deste, a eficiência, ou ineficiência, da legislação frente aos objetivos ambientais.

O quarto capítulo foi intitulado de “*Chapadas do Brasil: abordagem científica e conceitual*” (artigo apresentado no Anexo 4) e contempla as discussões sobre o avanço do conceito científico de chapadas, bem como permite criar um novo conceito dessa geoforma a partir de bibliografia já existente e da opinião de diversos especialistas em geomorfologia. Por fim, os dados também possibilitaram verificar se há aderência entre as unidades do relevo reconhecidas pelo IBGE (2006) como Chapadas e o conceito de Chapada elaborado por meio da plataforma Delphi com a opinião de conceituados especialistas do Brasil.

O quinto capítulo - *Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão-Tocantins): paisagem cárstica e poligenética* (artigo apresentado no Anexo 5) e o sexto capítulo – *Morfogênese do extremo sul da unidade Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais* (artigo que ainda será publicado em revista científica) - possibilitaram discutir a morfogênese de paisagens típicas de chapada e traçar um paralelo com as bibliografias existentes sobre evolução de longo-termo destas paisagens.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se desenvolveu sobre duas grandes etapas metodológicas: uma de conceituação e outra de análise de formas e processos de uma paisagem de chapadas (Quadro 2.1). Na primeira etapa a temática das chapadas no Brasil foi abordada dentro da perspectiva conceitual, subdividida em duas fases: a análise da (1.1) conceituação legal das chapadas e sua implicação na proteção ambiental das mesmas e, posteriormente, (1.2) a análise de conceitos científicos destas geoformas e a criação de um conceito síntese aplicável à realidade de sua ocorrência no Brasil. A segunda grande etapa, intrinsecamente associada ao conceito criado na primeira etapa, visa analisar (2.1) como duas unidades de relevo do tipo chapada se apresentam na paisagem e (2.2) como se dão suas morfogêneses.

Quadro 2.1: Etapas e fases a serem desenvolvidas na pesquisa.

ETAPA	FASES	METODO PRINCIPAL
1. CONCEITUAL	1.1 Conceituação legal e fragilidade ambiental	Verificar se as oito unidades de relevo de chapadas (IBGE, 2006) também são assim reconhecidas pela legislação e protegidas.
	1.2 Conceituação científica	Utilizar o método Delphi para chegar ao consenso científico do conceito de chapada, comparando-o com o conceito legal.
2. MORFOGÊNESE	2.1 Estudo da forma das Chapadas	Constatar se o formato das oito chapadas do IBGE correspondem às características do conceito criado com o auxílio dos profissionais que participaram do Delphi.
	2.2 Estudo da Morfogênese	(2.2.1) Análise geomorfológica (Campo e Geoprocessamento) e mensuração dos processos denudacionais de longo-termo via Isótopo Cosmogênico ^{10}Be na região da Chapada das Mesas. (2.2.2) E, análise geomorfológica (Campo e Geoprocessamento) do extremo sul da unidade Chapadas do São Francisco.

É importante enfatizar, mais uma vez, que esta Tese está organizada na forma de artigos científicos. Logo, os resultados dessa pesquisa encontram-se compartimentados em quatro artigos e, a princípio, estes parecem constituir um fim em si mesmo e não estabelecem ligações aparentes entre si. Entretanto, nas considerações finais da Tese, ocorre discussão interligando todos os dados anteriormente segmentados.

Etapa 1 – 1ª fase (1.1)

Na primeira fase da primeira etapa foram analisados os conceitos legais de chapada presentes no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e na Resolução CONAMA nº 303/2002, com enfoque neste último documento que é composto por parâmetros que devem ser contemplados para que uma determinada geoforma seja classificada como chapada e, em decorrência de sua classificação, ter suas bordas consideradas Área de Preservação Permanente (APP).

Para compreender se o conceito presente na legislação pode ser eficaz na proteção dessas geoformas foram analisadas as oito unidades de relevo já classificadas como chapadas pelo IBGE no ano de 2006 (Figura 1.1) sob a luz dos parâmetros contidos na Resolução CONAMA nº 303/2002. Objetivou-se, com essa análise, verificar se as áreas de chapada reconhecidas como tal pelo órgão geográfico oficial do governo brasileiro (IBGE, 2006) se enquadravam na definição legal de chapada (CONAMA nº 303/2002). Cabe ressaltar que este trabalho não está assumindo como certo os parâmetros adotados pela CONAMA, mas que, por ser o documento oficialmente utilizado para proteção das chapadas, merece ser analisado e testado frente à realidade de ocorrência dessas geoformas, pois, é a partir dele que uma chapada tem ou não tem sua preservação ambiental assegurada.

Considerando que cada unidade definida pelo IBGE (2006) (Figura 1.1) como de domínio de chapadas pode, ou não, constituir-se de uma ou mais geoformas do tipo chapada, foi escolhido para análise em cada unidade um único platô que fosse representativo dos demais para testar os parâmetros contidos na Resolução CONAMA nº 303/2002. Essa escolha de representatividade ocorreu por critérios objetivos – área de superfície e localização central na unidade – e subjetivos – aparência representativa das chapadas da unidade. Apenas as unidades Chapada do Araripe e Chapada dos Parecis, por constituírem unidades formadas por uma única chapada, foram analisadas em sua totalidade. Posteriormente, cada um desses platôs foi analisado sob os parâmetros específicos contidos na Resolução CONAMA (303/2002) para que uma geoforma possa

ser legalmente considerada chapada, sendo eles: (i) declividade da superfície do platô; (ii) declividade de suas bordas; (iii) extensão superficial e; (iv) altitude. Sob esta óptica, dever-se-ia ter a (i) declividade média da superfície inferior a seis graus ou dez por cento; (ii) terminar de forma abrupta em escarpa, ou seja, quarenta e cinco graus; (iii) conter uma extensão de sua superfície maior que dez hectares; e (iv) estar a mais de seiscentos metros de altitude. Assim, ao analisar as unidades de relevo do tipo chapada do IBGE (2006) conforme os parâmetros estabelecidos na legislação CONAMA (303/2002) tornou-se possível verificar se aquelas se enquadravam em todos os quatro quesitos necessários para serem, legalmente, consideradas como chapadas.

Os trabalhos de gabinete via geoprocessamento foram realizados no *software* ArcGis 10.1. Os dados altimétricos foram gerados por meio de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com 90 m de resolução espacial adquiridas no sítio da Embrapa - Brasil em relevo. O pré-processamento das imagens foi feito com mudança no Datum para *World Geodetic System* (WGS) 1984 e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) correspondente ao fuso de cada área específica. Para as áreas compostas por mais de uma imagem fez-se o mosaico e seu posterior recorte, contemplando apenas a área de interesse. Ao gerar a Rede Triangular Irregular (TIN) foram inseridas as classes de altimetria com ênfase para os valores acima de 600 m, com o intuito de contemplar o valor exigido pela resolução CONAMA 303/2002 para classificar um relevo como chapada. O mapa hipsométrico foi utilizado para delimitar o platô, prosseguindo-se com o cálculo de sua área em hectares. O mapa de declividade foi elaborado a partir de imagens *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER), com resolução de 30 m que, mesmo superestimando os valores, foi a imagem que melhor atendeu aos objetivos desta pesquisa, pois detectou pontos com declives iguais e/ou superiores a 45 graus. Após o mesmo pré-processamento executado nas imagens SRTM, foram extraídas da ASTER curvas de nível equidistantes em 20 metros com as quais gerou-se o TIN na categoria SLOPE, ou seja, referente à declividade. As classes utilizadas são: média inferior a 6°, o qual é o valor de superfície exigido pela legislação, e $\geq 45^\circ$, valor exigido pela legislação para a borda da chapada.

Os dados adquiridos de declividade da superfície do platô, declividade de suas bordas, extensão superficial e altitude foram dispostos em uma tabela para cada uma das oitos (8) áreas já consideradas como chapada pelo IBGE (2006). Posteriormente verificou-se se cada uma dessas oito unidades de relevo analisadas, consideradas pelo IBGE (2006) como chapada, contemplava os valores exigidos na Resolução CONAMA

303/2002 para cada um dos parâmetros citados. Esse procedimento foi um passo inicial para se iniciar as discussões sobre as chapadas, visto que essas unidades de relevo somente serão assim classificadas pela legislação caso contemplem os valores fixados para cada um daqueles parâmetros por ela descritos, o que, conseqüentemente, resulta na preservação da vegetação em suas bordas. Os parâmetros de declividade e altimetria foram passíveis de dupla interpretação e, por isso, tiveram ambas as leituras inseridas na tabela. Essas múltiplas leituras referem-se à frequência com que a chapada deve apresentar os valores fixados para declividade e altimetria.

Os resultados destas análises encontram-se no primeiro artigo, cujo título é *As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos* (Anexo 1).

Etapa 1 – 2ª fase (1.2)

A análise do conceito científico de chapadas foi realizada através da opinião de especialistas para chegar a um consenso de quais parâmetros devem ser considerados na classificação de uma geoforma como Chapada. Este método é chamado Delphi e constituiu-se na elaboração de questionário a partir da consulta de literatura especializada - legislações e resoluções brasileiras, dicionários geomorfológicos, artigos científicos sobre áreas de domínio de chapadas, no Brasil e em outros países, além de livros conceituados de geomorfologia nacionais e internacionais - e seu envio para um grupo de especialistas que tentarão chegar a um consenso sobre o tema abordado. Para esta pesquisa foram contatados, em anonimato, profissionais com experiência na área de geomorfologia, principalmente bolsistas de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), bem como pesquisadores que habitam ou trabalham diretamente em locais conhecidos (cientificamente e/ou popularmente) como sendo áreas de chapada. Apesar de ter sido solicitado o apoio de setenta (70) pesquisadores, apenas vinte (20) se dispuseram a contribuir com esta pesquisa, representando universidades de diversas regiões do país, sendo elas: Universidade Federal do Piauí; Universidade Estadual do Ceará; Universidade Federal da Paraíba; Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Estadual de Feira de Santana; Universidade Federal de Mato Grosso; Universidade Federal de Goiás; Universidade Federal de Minas Gerais; Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Universidade Federal de Juiz de Fora; Universidade Federal de Ouro Preto; Universidade Estadual Paulista Júlio de

Mesquita Filho; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Universidade Estadual de Maringá; e pesquisadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Foram elaborados dois questionários (anexos 2 e 3) para se chegar a um maior consenso entre os pares. A primeira rodada foi acompanhada de uma nota explicativa seguida por oito perguntas pertinentes à temática, e a segunda rodada estava composta pela análise do primeiro questionário, juntamente com a reformulação das questões anteriores e outras novas, totalizando sete questões. O objetivo da segunda rodada foi o de permitir aos entrevistados repensar suas respostas com base na opinião de seus pares, além de inserirem sugestões e ponderações sobre cada um dos parâmetros discutidos na primeira ronda. O conceito científico proposto foi gerado a partir das respostas de maior concordância entre os pares.

O conceito gerado pelo Delphi está disposto no segundo artigo que compõe esta Tese (Anexo 4) e é intitulado: *Chapadas Do Brasil: Abordagem Científica E Conceitual*. Neste artigo também foi contemplada a etapa 2, fase 2.1, conforme o Quadro 2.1, referente a análise da forma das chapadas em relação ao conceito criado pelo Delphi, com metodologia a ser detalhada abaixo. Conforme especificado abaixo, nesta parte foi verificado se as características de formato, exigidas pelo conceito criado a partir do Delphi, são contempladas pelas regiões de chapadas reconhecidas e assim classificadas pelo IBGE (2006) (Figura 1.1).

Etapa 2 – 1ª fase (2.1)

Nesta fase, o conceito gerado pelo método do Delphi foi verificado em termos de aderência à realidade, considerando as regiões de chapadas reconhecidas pelo IBGE (2006). Além disso, foram verificados os parâmetros que indicam a forma do relevo como, por exemplo: mergulho de camadas; declividade da superfície e da lateral; extensão da superfície e altura.

Para efetivação da análise das características acima destacadas, cada platô, representativo de cada uma das oito unidades de relevo do tipo chapada do IBGE, contou com a geração de produtos cartográficos específicos. Para tanto, utilizou-se o *software* ArcGis 10.1 para os trabalhos de geoprocessamento. Os dados altimétricos foram gerados a partir de imagens SRTM com 90 m de resolução espacial e a declividade pela ASTER com resolução de 30 m. O pré-processamento incluiu mudança no Datum para WGS, 1984 e sistema de projeção UTM correspondente ao fuso de cada área específica, assim como mosaico para as áreas compostas por mais de uma imagem e recorte da área de

interesse. Ao gerar o TIN pela SRTM, foram inseridas as classes de altimetria. Já o mapa hipsométrico foi utilizado para delimitar o platô em estudo e, posteriormente, para o cálculo de sua área em hectares. Com a imagem ASTER seguiu-se com a extração de curvas de nível equidistantes em 20 metros com as quais foi gerado o TIN na categoria SLOPE.

Por último, o conceito do Delphi foi inserido em uma tabela juntamente com outros diversos conceitos encontrados na literatura especializada em geomorfologia, os quais se mostram, por vezes, simples e gerais, e, por vezes, muito específicos. Assim, a partir dos dados gerados por geoprocessamento, foi possível verificar quais conceitos tiveram maior ou menor aderência à realidade de ocorrência de chapadas em território brasileiro. Esta parte da pesquisa também está publicada no artigo: *Chapadas Do Brasil: Abordagem Científica E Conceitual* (Anexo 4).

Etapa 2 – 2ª fase – sub-fase 2.2.1

O conceito criado pelo método do Delphi é composto, além da forma, por processos e por uma morfogênese, os quais devem ser atendidos para fins de classificação das chapadas. Assim, a etapa 2, na sub-fase 2.2.1 (Quadro 2.1), visou verificar se a morfogênese de chapadas proposta teoricamente pelos especialistas a partir do Delphi tem, de fato, aderência com a realidade. Para tanto, nesta sub-fase, objetivou-se analisar apenas uma das oito unidades de relevo do tipo chapada do IBGE (2006), a unidade *Chapadas e Planos do Rio Farinha*, conhecida como região da Chapada das Mesas, localizada no sul do Maranhão e nordeste do Tocantins (Figura 1.1). As bases cartográficas utilizadas referem-se a um recorte em que foi considerada uma região que compreende não apenas a totalidade da unidade em questão, mas também seu entorno, ou seja, toda a região da chapada das mesas (Figura 2.1), a qual pode conter evidências de sua morfogênese. Essa área foi eleita devido a cinco fatores: (i) por possuir uma paisagem típica de chapada; (ii) pela região ter sido pouco pesquisada, inclusive em termos geomorfológicos; (iii) por ter-se uma prévia parceria com a Universidade Federal do Maranhão, o que facilitou o estudo da região; (iv) pelo maior apoio financeiro fornecido a pesquisas desenvolvidas na região Nordeste do país, considerando que os métodos utilizados demandam suporte financeiro suficientes e; (v) pelo fato da Chapada das Mesas estar localizada no interflúvio de três grandes bacias hidrográficas: Tocantins/Parnaíba/Mearim, fato que possibilita este trabalho colaborar com as pesquisas

mais amplas desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Recursos Hídricos do IGC/UFMG.

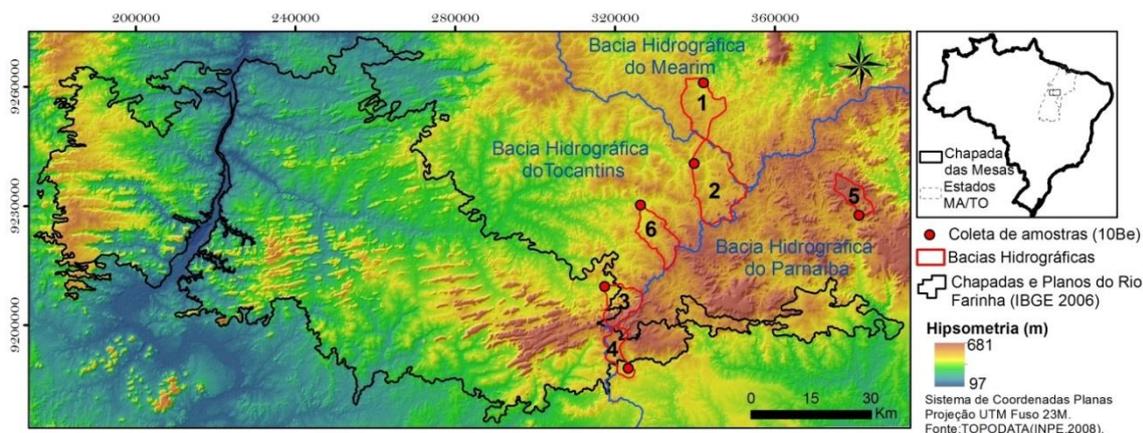


Figura 2.1: Região da Chapada das Mesas com destaque para a Unidade do Relevo Chapadas e Planos do rio Farinha (IBGE, 2006) e localização dos pontos, e suas respectivas bacias hidrográficas, em que foram coletadas amostras de sedimentos para análise do isótopo cosmogênico ^{10}Be .

A compreensão da morfogênese da paisagem da Chapada das Mesas iniciou-se através de uma investigação geomorfológica baseada em trabalhos de gabinete com geração de dados cartográficos por meio de geoprocessamento e sua respectiva análise considerando os modelos de evolução geomorfológica de longo-termo. Para tanto, fez-se, a princípio: análise da litologia e da morfoestrutura (falhas e fraturas) via mapeamento temático; estudo da estruturação e dos padrões da rede hidrográfica; e levantamento de parâmetros morfométricos, tais como Densidade de Drenagem (Dd), Densidade de Lineamentos (Dl), Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD); Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT). Cabe ressaltar que a análise integrada de mapas temáticos da geologia, lineamentos estruturais, organização da rede de drenagem e anomalias de drenagem constitui base para a análise morfoestrutural, considerando a disposição da rede de drenagem e a estrutura como parâmetros principais.

Com o intuito de contemplar essas análises, prosseguiu-se com a organização de documentação cartográfica correspondente às cartas topográficas (IBGE), na escala de 1:100.000, de Wanderlândia, Paranaidji, São Pedro dos Crentes, Fortaleza dos Nogueiras, Babaçulândia, Carolina, Riachão e Canto dos Currais, das quais foram extraídos os dados de rede de drenagem a partir de vetorização manual. Para a análise de litoestrutura utilizou-se a base vetorial da Amazônia Legal IBGE (2006) de geologia e lineamentos estruturais. Os parâmetros morfométricos foram calculados a partir do Modelo Digital de Elevação, Projeto TOPODATA-INPE (VALERIANO & ROSSETI, 2012) com 30 m de

resolução espacial. Posteriormente, esses materiais foram tratados por meio dos *Softwares* ArcGIS 10.1, SPRING 5.2.1 e MATLAB, os quais permitiram a geração dos parâmetros de : (i) Densidade de Drenagem (Dd); (ii) Densidade de Lineamentos (Dl) (VILELA & MATOS, 1975); (iii) Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) (HARE & GARDNER, 1985); (iv) Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT) (COX ,1994) e; (v) perfis topográficos.

Para o prosseguimento da análise geomorfológica tradicional em questão, foi feito, por meio de trabalho de campo, a avaliação qualitativa da paisagem e, posteriormente, a geração de dados quantitativos pautados em análise laboratorial com mensuração de processos denudacionais de longo termo via isótopo cosmogênico ^{10}Be . Os isótopos estáveis de ^{10}Be são formados por meio de raios cósmicos que atingem a superfície terrestre e interagem com materiais litosféricos ricos em quartzo (LAL, 1991). A quantificação de seu acúmulo nesses materiais possibilita estimar a taxa de denudação média de uma bacia em até 1,38 Ma, tempo que corresponde à meia-vida do ^{10}Be (CHMELEFF et al, 2010; KORSCHINEK et al, 2010).

Assim, as taxas de denudação de longo termo (^{10}Be) foram mensuradas a partir de amostras de sedimentos aluviais coletadas conforme método de Brown et al (1995) e Granger et al (1996). Para tanto, foram selecionadas seis bacias hidrográficas localizadas a oeste da região da Chapada das Mesas (Figura 2.1), considerando a importância da rede de drenagem na esculturação do relevo e a presença do tríplice divisor hidrográfico composto por três grandes bacias hidrográficas que drenam a área de estudo. Tendo sido coletado uma amostra na bacia hidrográfica do rio Mearim, duas na bacia hidrográfica do rio Parnaíba e três na bacia hidrográfica do rio Tocantins.

Após a coleta, as amostras foram, no Laboratório de Geomorfologia do IGC/UFMG, secadas em estufa a 60°C. Após isso foram peneiradas em um jogo de peneiras de 0,25 mm e 1,00 mm, sendo que a fração a ser utilizada é aquela que ficou retida entre as duas peneiras. Após essa etapa iniciou-se a purificação do quartzo para a eliminação de todos os outros minerais. Nesses banhos, as amostras (50 gramas) foram, em frascos de polietileno, misturadas aos ácidos clorídrico (HCl) e hexafluorsilícico (H_2SiF_6) – 100 ml de cada ácido - e permaneceram em agitadores por 72 horas. Após esse procedimento o líquido foi descartado e as amostras lavadas com água destilada.

Após a purificação do quartzo as amostras seguiram para o Laboratório Nacional de Nuclídeos Cosmogênicos (L2NC) do Centro Europeu de Pesquisa e Ensino em Geociências e Meio Ambiente (CEREGE) na França, onde as mesmas foram submetidas

a uma série de reações químicas com ácidos e bases e, utilizando-se do elemento traçador ^{10}Be – 0,300ml –, após o tratamento químico, tiveram suas quantidades de ^{10}Be mensurada por acelerador atômico de partículas (Tandétron MAS). A mensuração foi calibrada segundo *The National Institute of Standards and technology* (NIST) seguindo padrão internacional para validação conforme Stone (2000).

A partir dos resultados obtidos – concentração de ^{10}Be em cada amostra - procedeu-se ao cálculo da taxa de denudação, por meio da seguinte equação:

$$C_{(x,\varepsilon,t)} = \frac{P_{spall.}}{\varepsilon + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_n}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_n} + \lambda \right) \right\} \right] +$$

$$\frac{P_{\mu_slow}}{\varepsilon + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_{\mu s}}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu s}} + \lambda \right) \right\} \right] +$$

$$\frac{P_{\mu_fast}}{\varepsilon + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_{\mu f}}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu f}} + \lambda \right) \right\} \right]$$

Onde C é a concentração de núclídeos; P_0 (átomos.g $^{-1}$.ano $^{-1}$) é a produção total de ^{10}Be na superfície; Λ_n , $\Lambda_{\mu s}$, $\Lambda_{\mu f}$ são os respectivos fatores de atenuação dos nêutrons, dos muons lentos e dos muons rápidos em g.cm $^{-2}$ (Braucher et al, 2011); $P_n, P_{\mu s}, P_{\mu f}$ ($P_n, P_{\mu s}, P_{\mu f} = 1$) são as contribuições relativas das produções dessas partículas na produção total P_0 de ^{10}Be ; ε é a taxa de denudação (g.cm $^{-2}$.a $^{-1}$); λ é a constante de desintegração radioativa do ^{10}Be ($T_{1/2} = 1,38.10^6$ anos); ρ corresponde à densidade do arenito (2.35 g.cm $^{-3}$) e t é tempo de exposição da rocha.

Os resultados desta sub-fase (2.2.1) estão apresentados no terceiro artigo (Anexo 5) - intitulado *Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão-Tocantins): paisagem cárstica e poligenética* - que se constitui, portanto, da análise dos processos que deram origem a esta paisagem de chapadas, concomitante às taxas dos processos de desnudação regional, via análise laboratorial (^{10}Be).

Etapa 2 – 2ª fase – sub-fase 2.2.2

Ainda na fase 2.2, que trata da morfogênese das chapadas, pesquisou-se o extremo sul da unidade de relevo das Chapadas do Rio São Francisco, sub-fase 2.2.2.

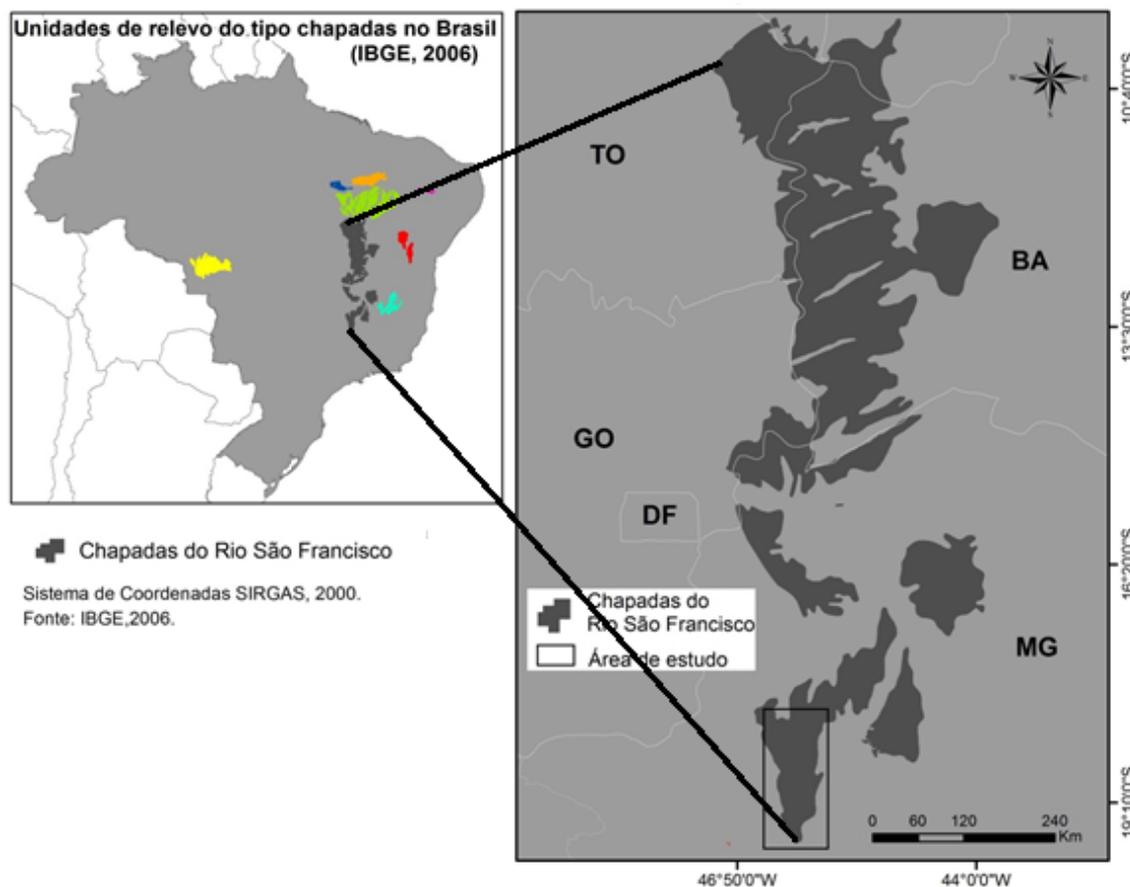


Figura 2.2: Região das Chapadas do Rio São Francisco com destaque para o sul desta unidade, a qual é área do referido estudo.

Essa área foi eleita em função da disponibilidade dos dados de geologia em escala 1:100.000 da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) em projetos de parceria com universidades e em razão dessa ser a principal e mais típica unidade de relevo de Chapada do território brasileiro.

A metodologia desta pesquisa está dividida em quatro eixos principais: (i) análise da litologia e da morfoestrutura via mapeamento temático; (ii) estudo da estruturação e dos padrões da rede hidrográfica; (iii) levantamento de parâmetros morfométricos; e (iv) avaliação qualitativa da paisagem por meio de atividades de campo.

Para o desenvolvimento das análises, foi realizado o levantamento e organização da documentação cartográfica básica que corresponde ao mapa de solos do Departamento de

Solos Centro de Ciências Agrárias, sítio http://www.dps.ufv.br/?page_id=742 e a sete cartas geológicas da CODEMIG, na escala de 1:100.000, sendo elas: Presidente Olegário, Serra das Almas, Carmo do Paranaíba, Serra Selada, São Gotardo e Campos Altos referentes ao Projeto do Alto Paranaíba. Nesta etapa foi possível adquirir a litologia, estruturas e hidrografia em *shapefile*. Ainda, para contemplar toda a área de estudo, foi necessário utilizar a carta topográfica Dores do Indaiá referente ao Projeto São Francisco, do qual foi extraída, por meio de vetorização manual, a litologia, estruturas e hidrografia. Para caracterização e análise litoestrutural foram utilizadas as bases vetoriais referentes aos planos de informação temáticos de litologia e lineamentos estruturais anteriormente adquiridos por meio do acervo do Portal da Geologia da CODEMIG.

Os parâmetros morfométricos foram calculados a partir do Modelo Digital de Elevação, especificamente 18S465ZN e 19S465ZN, do Projeto TOPODATA-INPE, (VALERIANO & ROSSETI, 2012) com resolução espacial de 30m. A partir da organização das bases cartográficas, foram realizadas as análises espaciais com ferramentas específicas dos Softwares ArcGIS 10.1, SPRING 5.2.1 e MATLAB, em que foram gerados os respectivos parâmetros: : (i) densidade de drenagem (Dd); (ii) (DI) densidade de lineamentos (VILELA & MATOS, 1975); (iii) Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) (HARE & GARDNER, 1985); (iv) Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT) (COX, 1994) e; (v) perfis topográficos.

A seleção das bacias para análise de FSTT e FABD se deu naquelas cujo exutório estava no limite da unidade de relevo das Chapadas do Rio São Francisco (IBGE, 2006) totalizando uma quantidade de 30 (trinta) bacias hidrográficas, sendo 15 cursos d'água afluentes do Rio Paraná e 15 afluentes do Rio São Francisco. Foram considerados como curso principal das bacias hidrográficas aqueles assim classificados pelas cartas topográficas do IBGE. Entretanto, quando este não se encontrava mencionado, foi selecionado o curso de maior extensão e, em último caso, a hierarquia dos canais.

Por fim, com o trabalho de campo visou realizar uma análise qualitativa da paisagem com ênfase na observação das geoformas que compõem o relevo regional. Os resultados destas análises encontram-se no quarto artigo, cujo título é ***Morfogênese do extremo sul da unidade Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.***

3. AS CHAPADAS BRASILEIRAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: CONFLITO DE CONCEITOS

3.1 INTRODUÇÃO

As chapadas são geformas muito comuns na paisagem brasileira. Ocorrem por vezes de forma isolada, mas também podem ocorrer agrupadas formando grandes unidades paisagísticas. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,) em seu mapeamento geomorfológico do território brasileiro de 2006, classificou oito unidades de relevo do Brasil como sendo domínios de chapadas (Figura 3.1). Estas unidades se concentram na região nordeste, sudeste e, em menor proporção, na região centro-oeste. A maioria delas é constituída por um conjunto de chapadas agregadas em uma única unidade da paisagem: (i) Chapada do Alto Rio Itapecuru, (ii) Chapadas e Planos do Rio Farinha, (iii) Chapada do Araripe, (iv) Chapadas do Alto Rio Parnaíba, (v) Chapadas do Rio São Francisco e (vi) Chapadas do Rio Jequitinhonha. A unidade do relevo (vii) Chapadas de Irecê e Utinga se caracteriza por ser um agrupamento de duas amplas chapadas. Por fim, a (viii) Chapada do Araripe e a (viii) dos Parecis referem-se a uma única chapada de considerável dimensão.

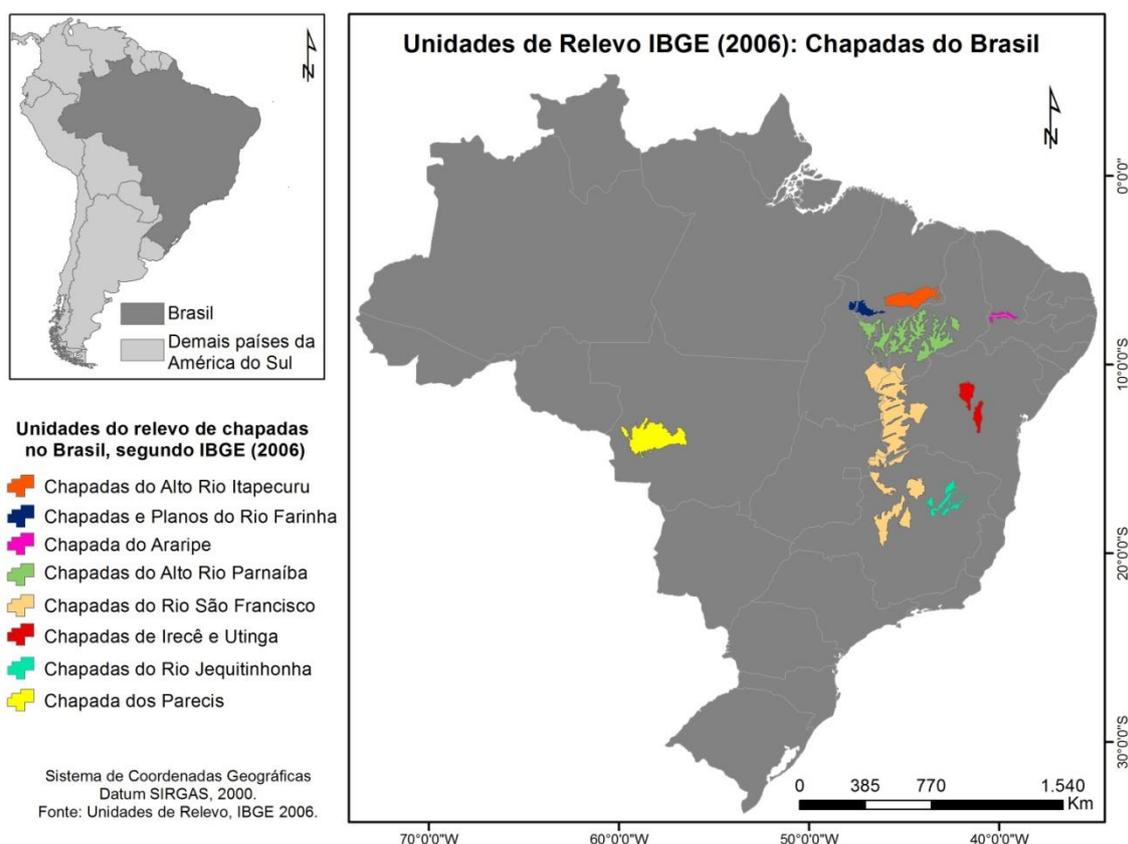


Figura 3.1: Unidades de relevo classificadas como sendo de chapada no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006).

Não obstante sua grandeza em termos de ocorrência espacial, as chapadas constituem-se como áreas de extrema importância ecológica e ambiental, visto que comportam subsistemas do Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga e possuem suas bordas frágeis frente aos processos erosivos (Figura 3.2). Além disso, possuem também grande importância econômica, pois apresentam um relevo ideal para a fixação de agricultura tecnificada.



Figura 3.2: Desmatamento e erosão: regressão lateral de vertente no Morro Pelado, Município de Carolina, Maranhão. Foto dos autores.

O art. 225, §1º, I e III e §3, da Constituição Federal determina a preservação e a recuperação dos processos ecológicos essenciais, vedando a utilização das áreas especialmente protegidas que comprometa os atributos que justifiquem sua proteção e determina a necessidade de reparação dos danos ambientais.

Nesse contexto, a legislação ambiental brasileira visa, por meio do Código Florestal Lei nº 12.651/2012 e da Resolução Conama nº 303/2002 (Quadro 3.1), proteger as chapadas de um uso econômico intensivo e, por vezes, irracional.

O art. 3º, II do Código Florestal conceitua as Áreas de preservação permanente (APP) da seguinte forma:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O art. 4º, VIII, da Lei nº 12.651/2012 considera Áreas de Preservação Permanente “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais.”

Tais áreas de preservação permanente abrangem tanto as laterais, quanto o topo das chapadas em uma extensão de cem metros em todo o seu entorno. Ou seja, além de proteger áreas de vegetação natural, a legislação brasileira, ao preservar as partes mais suscetíveis a processos erosivos, procura diminuir o risco de desfiguração da paisagem por desmatamento que favorece a erosão (Figura 3.2) e o consequente assoreamento dos cursos fluviais localizados a jusante.

Quadro 3.1: Texto da legislação ambiental brasileira que protege as chapadas.

Lei	Texto da Lei
Código Florestal Capítulo 2, Seção I, Artigo 4 (VIII)	Devem se preservar “ <i>as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais</i> ”.
Resolução CONAMA 303/2002 (VIII)	São áreas de APP “ <i>nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa</i> ”.

Fonte: Código Florestal (Lei nº 12.651/2012); CONAMA 303/2002

A legislação ambiental brasileira, para se fazer efetiva, apresenta uma definição de chapada na Resolução **CONAMA 303** no seu **Inciso XI** do **Artigo 2**, a qual define tabuleiro ou chapada como:

Paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus, e superfície superior a dez hectares, que termina de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies com mais de seiscentos metros de altitude. (grifo nosso)

Já o **Inciso XI** do **Artigo 2** da mesma resolução define escarpa como:

Rampa de terrenos com declividade superior a quarenta e cinco graus, que delimitam relevo tabuleiros, chapadas ou planalto, estando limitada no topo pela ruptura positiva de declividade (linha de escarpa) e no sopé por ruptura negativa de declividade, englobando os depósitos de colúvio que localizam-se próximo ao sopé da escarpa. (grifo nosso)

Esta definição é um tanto restritiva e específica, principalmente no inciso **XI** do **Artigo 2** e, portanto, pode ser que algumas chapadas brasileiras não se enquadrem nela. Neste contexto situa-se o presente capítulo que procura verificar se as chapadas brasileiras, de acordo com o IBGE (2006), se enquadram na definição legal (Resolução CONAMA 303). Se se enquadrarem, a lei estará atingindo seus objetivos e as chapadas brasileiras estarão, pelo menos do ponto de vista legal, protegidas. Caso contrário, a lei não alcançou seus objetivos e as chapadas brasileiras encontram-se, majoritariamente, desprotegidas.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 3.1 traz a área, em hectares, de cada chapada selecionada dentro de suas respectivas unidades de relevo. A maior extensão de superfície foi encontrada na Chapada dos Parecis, com quase quatro milhões de hectares, enquanto a menor refere-se à unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha, com 842,31 hectares.

Tabela 3.1: Área em hectares das chapadas amostradas.

Chapada	Área
A - Chapadas do Alto Rio Itapecuru	12.308,63
B - Chapadas e Planos do Rio Farinha	842,31
C - Chapada dos Parecis	3.901.388,86
D - Chapadas do Alto Rio Parnaíba	1.141.481,18
E - Chapadas de Irecê e Utinga	311.895,14
F - Chapadas do Rio Jequitinhonha	10.137,14
G - Chapadas do Rio São Francisco	17.197,09
H - Chapada do Araripe	596.946,11

A declividade média da superfície de todas essas chapadas está abaixo de seis graus ou dez por cento, sendo este o parâmetro de maior similaridade entre essas áreas (Figura 3.3). Quanto à declividade de suas bordas a característica mais comum é a existência de

pontos iguais ou maiores que 45 graus de declividade separados uns dos outros. Essa característica está bem visível nas chapadas selecionadas nas unidades Chapadas do Alto Rio Itaipuru, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha e Chapadas do Rio São Francisco (figuras 3.3a, 3.3e, 3.3f e 3.3g). Já as Chapadas dos Parecis, Chapadas do Alto Rio Parnaíba e Chapada do Araripe aparentam ter em suas bordas extensos trechos com declividade igual ou maior que 45 graus, entretanto, estes são pontos individualizados que, devido à sua quantidade e proximidade, parecem formar um contínuo. Mas, apenas na unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha foi verificado trechos contínuos de declividade igual ou maior que 45 graus margeando a borda do platô, entretanto, isso não ocorre em toda a extensão de sua borda.

Quanto à altimetria desses platôs, as unidades Chapadas do Alto Rio Itaipuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha encontram-se completamente em cota altimétrica inferior a 600 metros (figuras 3.4a e 3.4b). Outras unidades possuem suas superfícies parcialmente acima de 600 m, como no sul da Chapada dos Parecis e pequenas áreas a sudeste das Chapadas do Alto Rio Parnaíba (figuras 3.4c e 3.4d). As unidades que possuem a totalidade de suas superfícies acima de 600 metros de altitude referem-se às Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe, podendo esta última chegar a 1000 metros de altitude (figuras 3.4e, 3.4f, 3.4g e 3.4h).

A Tabela 3.2 apresenta uma correlação entre as unidades de relevo classificadas como chapadas pelo IBGE (2006) e os parâmetros exigidos pela resolução CONAMA 303/2002 para que um relevo seja considerado como chapada, tornando possível analisar se há uma convergência conceitual entre o órgão oficial do Brasil (IBGE) e a legislação.

Como é possível verificar na Tabela 3.2, cada área amostrada dentro das oito unidades possui extensão de sua superfície superior a dez hectares (Tabela 3.1), tamanho mínimo para que um platô possa ser considerado como chapada, atendendo, portanto, ao exigido pela legislação. Quanto à declividade da superfície (topo) das chapadas, todas as áreas analisadas também estão adequadas ao exigido pela legislação (Tabela 3.2), ou seja, com uma média inferior a 6 graus ou 10 por cento. Entretanto, há controvérsias quando se trata da declividade presente nas bordas desse relevo. Neste parâmetro, considera-se que a chapada deve ter uma ruptura de declive maior ou igual a 45°, mas, apesar de exigido um valor fixo de declividade, não existe menção da frequência e quantidade com que esta deve aparecer nas bordas da chapada.

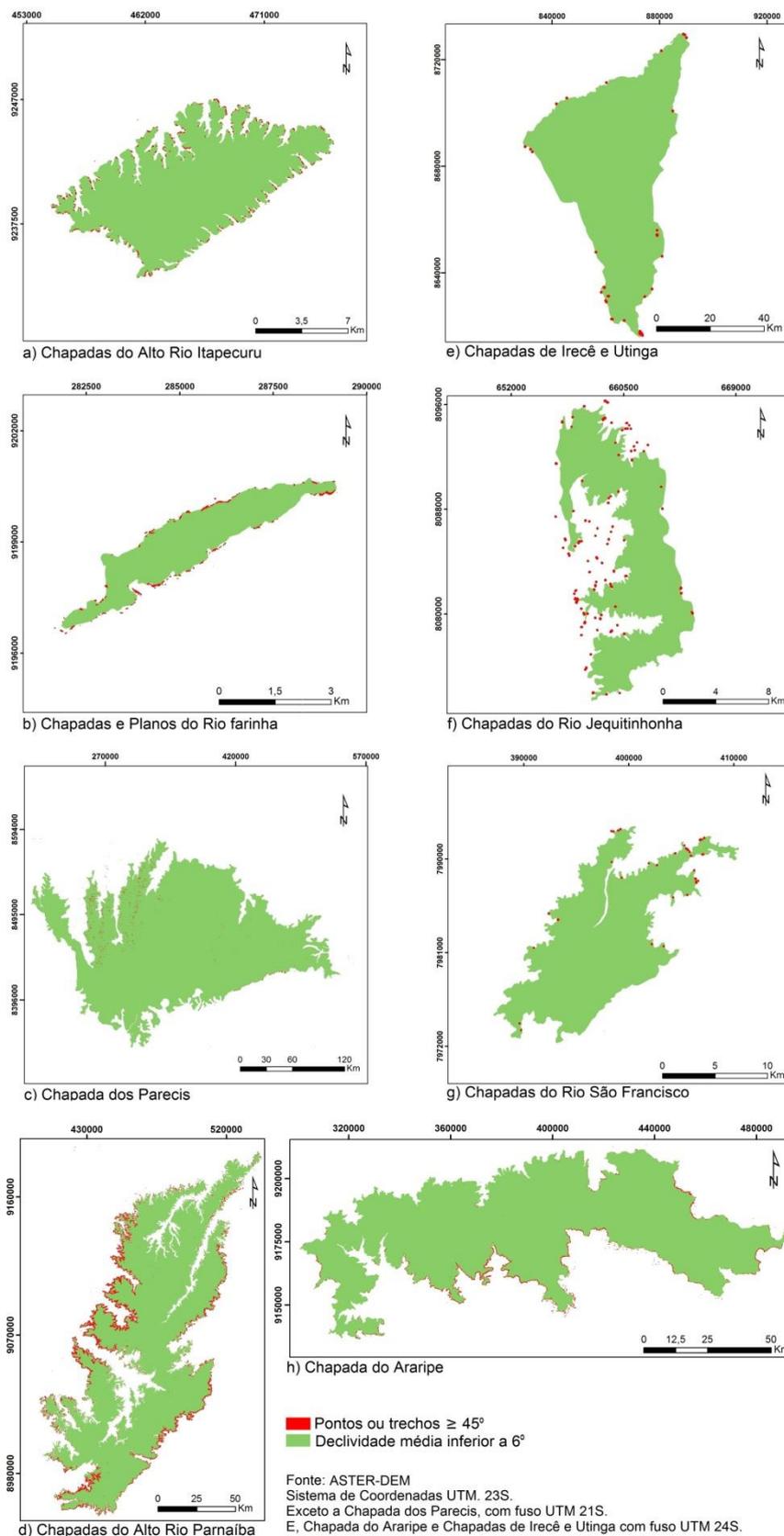


Figura 3.3: Declividade das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecís, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.

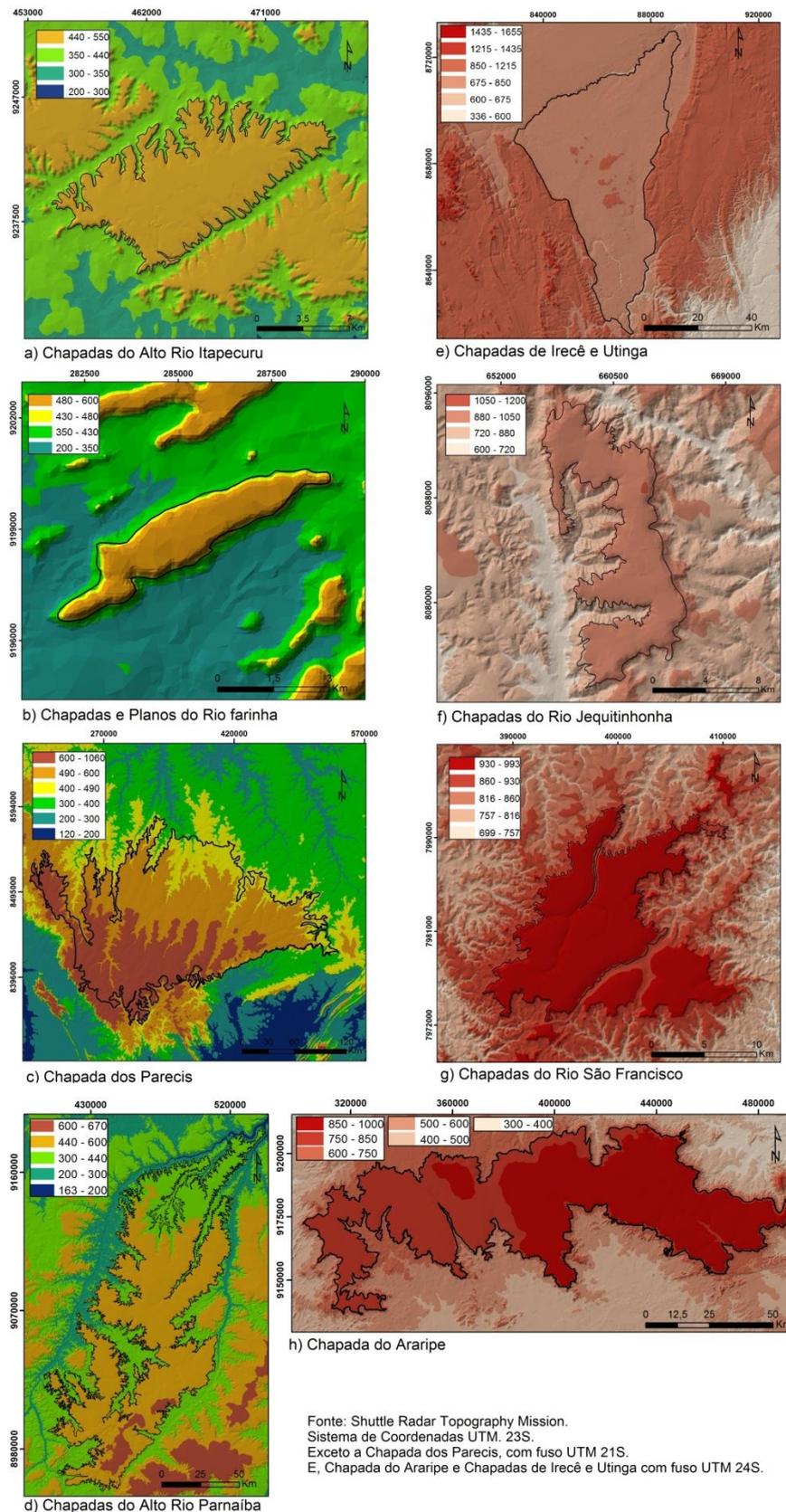


Figura 3.4: Hipsometria das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecis, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.

Tabela 3.2: Correlação entre as áreas consideradas como chapada pelo IBGE (2006) e os critérios para classificação de relevo como chapada da Resolução CONAMA 303/2002.

CONAMA303/ 2002 IBGE, 2006	Alto Rio Itapecuru	Rio Farinha	Parecis	Alto Rio Parnaíba	Irecê e Utinga	Jequitinhonha	São Francisco	Araripe
Declividade média inferior a seis graus em seu topo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Superfície superior a dez hectares	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Terminar de forma abrupta em escarpa (45°) - em um ponto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Terminar majoritariamente de forma abrupta em escarpa (45°)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Terminar de forma abrupta em escarpa (45°) - em toda a extensão	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Área a mais de seiscentos metros de altitude – pelo menos em parte da superfície do platô	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Área majoritariamente acima de seiscentos metros de altitude	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Área a mais de seiscentos metros de altitude – em toda a superfície do platô	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓

A ausência de informação leva aos usuários da lei à múltipla interpretação deste parâmetro, tais como: (a) terminar de forma abrupta em escarpa (45°) mesmo que seja em apenas um ponto; (b) terminar majoritariamente de forma abrupta em escarpa (45°); (c) terminar de forma abrupta em escarpa (45°) em toda a extensão da borda da chapada. Caso a primeira interpretação seja adotada, verifica-se, na Tabela 3.2, que todas as áreas analisadas se enquadram neste parâmetro, pois apresentam em suas bordas um ou mais pontos com, no mínimo, 45° de declividade. Entretanto, caso a lei seja interpretada de modo com que majoritariamente ou que toda a borda da chapada deva estar circundada

por declives $\geq 45^\circ$, nenhuma das chapadas analisadas será classificada legalmente como tal. Neste caso provavelmente não haveria áreas classificadas como chapada no Brasil e o Código Florestal, assim como a resolução CONAMA 303/2002, nos parágrafos que versam sobre as Áreas de Preservação Permanente em bordas de chapada, estariam equivocados ao tentar preservar uma paisagem que, legalmente, inexistente no território brasileiro.

Neste contexto, a interpretação de que uma chapada deva ser majoritariamente ou completamente circundada por rampas de 45° de declividade ou maior que estas é, no mínimo, inconcebível. Além disso, é impossível determinar uma declividade mínima para que o processo de erosão da lateral da chapada ocorra. Essa declividade depende do equilíbrio dinâmico entre clima, litologia, vegetação e comprimento da vertente. Em áreas de rochas mais resistentes e clima mais seco, a lateral da chapada (escarpa) será mais estável mesmo possuindo uma elevada declividade como, por exemplo, 45° . Já em locais de rocha mais frágil e clima mais úmido, esse processo de retração (*backwearing*) irá ocorrer mesmo que a lateral da chapada (escarpa) possua declividades inferiores a 45° . Logo, o que determina a existência de uma chapada não é apenas a declividade de sua lateral (escarpa), mas sim sua geoforma, que é o resultado de um processo genético caracterizado pela preservação de seu topo plano ou quase plano e pela erosão de suas laterais íngremes. Por exemplo, Boroda et al. (2014) ao estudar a morfogênese e morfodinâmica das mesas (chapadas) do deserto de Negev em Israel, apresentou que as mesmas possuem declividade média de suas bordas em torno de 40° . Ao considerar que essas mesas se situam em área de clima árido e que em climas secos essas bordas tendem a ser muito íngremes, pode-se inferir que a ocorrência de chapadas em regiões de clima semiúmido tendem a ocorrer com laterais de menor declividade que aquelas. Logo, comprova-se que é difícil estabelecer uma declividade mínima para as laterais das chapadas. Pode-se ainda ressaltar que assim como o dicionário geomorfológico de Guerra e Guerra (2008), o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), a *Encyclopedia of Geomorphology* (GOUDIE, 2004) e, até mesmo, os dicionários de língua portuguesa como Michaelis (2014), Aurélio (2014) e Priberam (2014) não indicam valores de declividade específicos para conceituar “escarpa”. A única exceção é a EMBRAPA (2013) que utiliza o valor de $36,8^\circ$ (75%) para definir um relevo escarpado, ou seja, valor muito inferior ao de 45° .

Outro parâmetro passível de dupla interpretação na classificação de um relevo como chapada refere-se a altitude mínima (600 m) da superfície (Tabela 3.2). Mais uma

vez a lei não menciona a proporção e/ou frequência com que os platôs devem atingir a cota altimétrica de 600 metros sendo, por isso, passível de múltipla interpretação, tais como: (a) a chapada deve ter, no mínimo, parcialmente sua superfície a mais de seiscentos metros de altitude; (b) a chapada deve ter majoritariamente sua superfície acima de seiscentos metros de altitude ou; (c) a chapada deve ter toda a sua superfície acima de seiscentos metros de altitude.

Caso a primeira interpretação seja adotada, a área amostrada das Chapadas do Alto Rio Itaipuru, assim como a área correspondente às Chapadas e Planos do Rio Farinha não atendem a este parâmetro, pois ambas se encontram completamente abaixo de 600 m de altitude. Ou seja, não são legalmente consideradas chapada independente da interpretação que se faça. Ao contrário, a área amostrada nas unidades Chapada dos Parecis, Chapadas do Alto Rio Parnaíba, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe encontram-se, pelo menos parcialmente, acima de 600 m de altitude. Mas, se a interpretação for ainda mais restrita, considerando que a superfície do platô deve estar majoritariamente ou completamente acima de 600 m de altitude, apenas as áreas referentes às Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe se encaixariam neste parâmetro, pois a altura mínima desses platôs é de 600 metros ou mais, podendo alcançar 1000 metros na Chapada do Araripe.

Conforme verificado nos parágrafos acima, dependendo da interpretação que se faz da lei, pode-se negar a existência das chapadas ou diminuir drasticamente a ocorrência destas no Brasil. Mas mesmo com uma leitura menos “rígida” da legislação, ainda assim algumas unidades classificadas como de chapadas pelo IBGE (2006) não são assim reconhecidas legalmente e, por isso, a manutenção da vegetação em suas bordas não é assegurada pela lei. Dessa forma, as unidades Chapadas do Alto Rio Itaipuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha, ambas classificadas como chapadas pelo IBGE (2006) e com claras características paisagísticas desse tipo de geofoma (Figura 3.5), não são consideradas como chapadas pela legislação devido à sua altimetria inferior a 600 m.

É nesta óptica que se deve considerar essas geofomas para além de números rígidos, mas, principalmente, com base nos processos que atuam e atuaram sobre elas. O valor altimétrico dessas duas unidades não as exime de apresentarem os mesmos processos de gênese e evolução que as demais áreas consideradas pela legislação como chapada. Mesmo com altimetria abaixo de 600 m, estas áreas continuarão a apresentar retração lateral e, portanto, caso a vegetação de suas bordas seja suprimida, haverá

aceleração dos processos de erosão por *backwearing*, desfigurando as paisagens de chapada e contribuindo com a carga de sedimentos que chega até os cursos d'água. Como um dos objetivos das APPs é preservar as paisagens e os recursos naturais, torna-se imprescindível que essas áreas - Chapadas do Alto Rio Itapecuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha (Figura 3.5) – também tenham, legalmente, a vegetação e a estabilidade de suas bordas asseguradas.



Figura 3.5: Paisagem típica da unidade do relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. Maranhão e Tocantins. Foto: os autores.

Diante destas análises constatamos que a lei deve ser interpretada considerando a natureza descontínua e complexa das formas de relevo. Paralelamente, se a lei não está atingindo seu objetivo de proteger a natureza, é a mesma que deve mudar e se adaptar à realidade e não a natureza (realidade) que deve se adaptar à lei. Além disso, é preciso considerar que as interpretações mais restritivas da lei – todo o entorno da chapada possuir declividade de 45° e ela toda estar acima dos 600 metros – impedem a existência legal de chapadas no Brasil. Essas análises demonstram ser óbvio que a lei deve ser interpretada da forma menos restritiva possível, ou seja, basta possuir em seu entorno um

ponto com pelo menos 45° de declividade e pelo menos em um ponto alcançar a cota de 600 metros para uma geoforma ser, legalmente, considerada como chapada.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar parâmetros com valores fixos de altimetria e declividade a legislação ignora que as formas de relevo são descontínuas e complexas por natureza e desconsidera os conceitos científicos pautados na gênese e dinâmica das chapadas. Por isso, verificou-se que, apenas com uma interpretação menos restritiva da legislação existirá, legalmente, chapadas no Brasil. Mesmo assim, elas serão provavelmente encontradas em apenas seis das oito unidades classificadas como tal pelo IBGE (2006): Chapada dos Parecis; Chapadas do Alto Rio Parnaíba, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe. Ou seja, as Chapadas do Alto Rio Itapecuru e as Chapadas e Planos do Rio Farinha mesmo consideradas cientificamente como chapadas (IBGE 2006) e com geoforma, morfodinâmica evolutiva e degradação típica dessas geoformas, não são assim reconhecidas pela legislação.

Diante das análises realizadas, conclui-se que a resolução CONAMA 303/2002 deve ser aperfeiçoada no que se refere às chapadas. Isto deve ocorrer não apenas para evitar equívocos na sua interpretação, mas também para que os seus parâmetros se adéquem à realidade de ocorrência destas geoformas no Brasil.

4. CHAPADAS DO BRASIL: ABORDAGEM CIENTÍFICA E CONCEITUAL

4.1 INTRODUÇÃO

As chapadas são geoformas com grande extensão espacial e ocorrência no território brasileiro, chegando mesmo a denominar unidades de relevo no mapeamento geomorfológico oficial do Brasil (IBGE, 2006). Devido à sua importância ecológica e ao mesmo tempo econômica, as chapadas são ainda protegidas pela legislação brasileira (Lei nº 12.727 de 2012). Esta proteção legal tem por finalidade estabelecer critérios para seu uso e, assim, evitar que as ações antrópicas deflagrem ou potencializem processos erosivos, preservando a paisagem e os recursos naturais a ela associados.

Contudo, o conceito usado pela legislação (CONAMA 303/2002) parece não abranger todas as geoformas do tipo chapada no Brasil e, portanto, não é eficiente em seu propósito (MARTINS et al., 2015), ou seja, se um relevo não é classificado legalmente como chapada, este não terá a vegetação de suas bordas protegidas. Este fato se agrava na medida em que a abordagem acadêmica dessas geoformas varia de autor para autor e, apesar de alguns destes conceitos incorporarem características mais específicas como, por exemplo, valores fixos para altimetria e declividade, outros contêm uma abordagem ampla e geral, pautada nos aspectos visuais da paisagem, fato esse que dificulta utilizá-los como suporte à legislação. Além disso, apesar dos conceitos científicos serem muitas vezes complementares uns aos outros, há aqueles que são divergentes em algumas abordagens, ou até mesmo omissos. Por exemplo:

De acordo com o dicionário geomorfológico brasileiro de GUERRA & GUERRA (2008) chapada é a:

Denominação usada no Brasil, para as grandes superfícies, por vezes horizontais, e a mais de 600 metros de altitude (...). Do ponto de vista geomorfológico a chapada é, na realidade, um planalto sedimentar típico (...).

Já o manual técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) destaca que:

Tabuleiros e chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas.

Na literatura inglesa as chapadas são denominadas como *Tablelands*, *Plateaus* ou, principalmente, como *Mesa* (termo de origem espanhola). A *Encyclopedia of Geomorphology* (GOUDIE, 2004), apoiada pela Associação Internacional de Geomorfologia, apresenta a definição brasileira de chapada no termo *Mesa* como:

(...) morros com laterais íngremes e com topo aplainado que se elevam acima de uma superfície plana e que, usualmente, estão recobertas por uma camada horizontalizada de rochas um pouco mais resistentes como, por exemplo, xistos recobertos por arenitos.

Nota-se que este dicionário não define que as mesmas devam ter as laterais escarpadas e nem apresenta uma declividade mínima para elas. Além disso, utiliza o termo *usualmente* para se referir à existência de cobertura sedimentar superficial, ou seja, não a considera obrigatória ao contrário do que consideram Guerra e Guerra (2008) e o IBGE (2009).

Florenzano (2008) define chapada simplesmente como: "*planalto com topografia tabular*". Já Press et al. (2006) ressaltaram que "*No Oeste dos Estados Unidos, uma pequena elevação, plana, limitada em todos os lados por vertentes íngremes, é chamada de mesa*". Por outro lado, Ab'saber (1964) considerou que "*é assim que a todos os tipos de grandes "mesas" ou "mesetas", dotadas de ladeiras íngremes e topo plano, se reserva o expressivo nome de chapada, mais usual no Nordeste do que em qualquer outra parte do país*".

Já no livro *Landscapes and Landforms of Brazil* (VIEIRA et al. 2015), que explica a morfogênese das principais paisagens do Brasil, foram considerados como chapada (*tables*) algumas geoformas que não possuíam a cobertura de rocha sedimentar clássica como, por exemplo, os morros da Chapada Diamantina/BA e da Chapada dos Veadeiros/GO.

Ao contrário dos autores citados, a legislação CONAMA nº 303/ 2002 é a que mais estabelece parâmetros fixos e, no seu Inciso XI do Artigo 2, define tabuleiro ou chapada como:

Paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus, e superfície superior a dez hectares, que termina de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies com mais de seiscentos metros de altitude.

Sendo que o Inciso XI do Artigo 2 da mesma resolução define escarpa como rampa com declividade igual ou maior que 45° nas bordas da chapada.

Nota-se que a legislação, por apresentar valores fixos, desconsidera que as formas de relevo são descontínuas por natureza e que, mesmo algumas chapadas não se inserindo quantitativamente em um dos parâmetros, elas apresentam processo de evolução e degradação iguais a qualquer chapada que se encaixa em todos os parâmetros, sendo, portanto, imprescindível a sua preservação assim como o é a das demais.

Nesta perspectiva, este capítulo tem como objetivo formular um conceito científico de chapada que seja reconhecido pelos geomorfólogos do Brasil e que ampare uma revisão conceitual da legislação. Cabe ressaltar que esse objetivo não se restringe somente a classificar a forma pela forma, ou dar enfoque somente à abordagem científica, mas criar um conceito, com base nos conhecimentos científicos de profissionais reconhecidos nacionalmente, coerente com a realidade brasileira e, o mais importante, capaz de colaborar com a prática legislativa.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para fins de classificação de relevo do tipo chapada, os parâmetros categoria litológica, mergulho de camadas, declividade do topo, declividade da borda, nível de base e processos associados foram considerados Importantes ou Muito Importantes pelos participantes do questionário Delphi. Apenas o fator de altitude obteve grau de importância menos significativa, variando entre Pouco Importante a Importante nas respostas (Quadro 4.1). Já a extensão da superfície do platô não havia sido classificada em termos de importância, mas dividiu opiniões quanto à potencialidade de sua aplicação para identificar uma forma de relevo do tipo chapada.

Quadro 4.1: Porcentagem de participantes que consideraram cada um dos parâmetros em análise como Muito Importante; Importante; Pouco Importante ou Irrelevante.

Importância dos parâmetros para fins de classificação de chapadas	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Irrelevante
Declividade do topo	60%	30%	10%	0%
Categoria de rocha	80%	5%	10%	5%
Declividade da borda	35%	45%	15%	5%
Mergulho de camadas	50%	25%	15%	10%
Processos	40%	30%	10%	20%
Altitude	15%	35%	35%	15%

A categoria litológica foi considerada em 85% das respostas como parâmetro que varia de Importante a Muito Importante para fins de classificar uma geoforma como chapada (Quadro 4.1). Foi unânime a consideração de que as rochas sedimentares correspondem à categoria principal para ocorrência de geoformas do tipo chapadas, podendo, em casos especiais, ocorrer em rochas metassedimentares, sedimentares vulcânicas e vulcânicas máficas. Estas possibilidades foram expostas na segunda ronda de perguntas, na qual 85% concordaram que as chapadas podem ocorrer em rochas metassedimentares, 75% em sedimentares vulcânicas e 55% em vulcânicas máficas (Quadro 4.2). Destes, 5% não se manifestaram sobre a primeira e a segunda categoria de rochas, enquanto 10% não se manifestaram sobre a última.

Quadro 4.2: Categorias de rochas sugeridas no primeiro questionário e colocadas para votação no segundo questionário. Os dados referem-se ao percentual de participantes que concordaram ou não que a gênese de chapadas também pode ocorrer sobre essas categorias litológicas.

CATEGORIA DE ROCHAS	Concordaram	Não concordaram	Não se manifestaram
Metassedimentar	85%	10%	5%
Sedimentar vulcânica	75%	20%	5%
Vulcânica máfica	55%	35%	10%

Associado às rochas sedimentares, foi inserido outro fator, o mergulho de camadas. Este parâmetro foi considerado de Importante a Muito Importante para 75% dos participantes (Quadro 4.1). Na segunda ronda, 80% escolheram que a chapada deve ser caracterizada pelo mergulho de camadas $\leq 5^\circ$ (Quadro 4.3).

Quadro 4.3: Valores sugeridos para o mergulho de camadas no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

MERGULHO DE CAMADAS	$\leq 5^\circ$	$\leq 15^\circ$	$\leq 30^\circ$	Não se manifestaram
	80%	5%	0%	15%

A declividade da superfície da geoforma foi considerada Importante ou Muito Importante em 90% das respostas (Quadro 4.1). Alguns participantes sugeriram valores fixos para o parâmetro, entretanto, diversos pesquisadores, apesar de considerarem a importância da declividade de superfície, ressaltaram que não é necessário que se estabeleça um valor fixo, mas que seja visível a forma plana do topo da geoforma. As opções consideradas majoritárias foram colocadas para votação na segunda ronda de

perguntas e, a elas foi acrescido o valor de 6° (10%) exigido na legislação pela resolução CONAMA 303/2002. Para 50% dos participantes a opção $\leq 5^\circ$ lhes pareceu mais aceitável, os outros 45% foram pulverizados entre as demais opções e 5% não se manifestaram (Quadro 4.4).

Quadro 4.4: Valores sugeridos para declividade do topo no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

DECLIVIDADE DO TOPO	$\leq 5^\circ$	$\leq 6^\circ$	$\leq 10^\circ$	O valor não é importante, mas sim sua visível forma plana	Não se manifestaram
	50%	15%	10%	20%	5%

Quanto à declividade da borda, esta foi considerada em 80% dos casos como um parâmetro que varia de Importante a Muito Importante para fins de classificação de chapadas (Quadro 4.1). A maioria dos participantes considerou que não é necessário precisar um valor de declividade da borda, mas sim, a ruptura de declive bem marcada entre uma superfície mais elevada e outra mais baixa. Outras respostas foram: declividade $> 20^\circ$ e $>$ que 45° . Essas opções foram colocadas no segundo questionário, ressaltando-se que o valor acima de 45° (100%) é, também, o valor mínimo exigido na legislação para fins de classificação. Dentre as opções colocadas, 65% destacaram ser mais coerente não fixar um valor, mas sim, considerar o aspecto visual da ruptura de declive (Quadro 4.5).

Quadro 4.5: Valores sugeridos para declividade da borda no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que consideraram pertinentes os valores sugeridos a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

DECLIVIDADE DA BORDA	Majoritariamente $>20^\circ$	Pelo menos um ponto $\geq 45^\circ$	Ruptura de declive visível	Não se manifestaram
	10%	20%	65%	5%

Apesar de alguns pesquisadores enfatizarem a importância estética, ou seja, o formato característico do relevo, 70% dos entrevistados consideraram que os processos são Importantes ou Muito Importantes para a classificação de uma geofoma como chapada (Quadro 4.1). Assim, utilizando-se das respostas da primeira rodada, foi inserida, no segundo questionário, a possível gênese de chapadas: “a formação de chapadas está associada ao processo de encaixamento da rede de drenagem, potencializando a individualização dos platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.”

Essa morfogênese foi aceita por 70% dos participantes, enquanto 5% não se manifestaram (Quadro 4.6).

Quadro 4.6: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com a gênese de chapadas proposta.

PROCESSO DE GÊNESE DE CHAPADAS	Concordaram	Não concordaram	Não se manifestaram
“encaixamento da rede de drenagem que potencializa a individualização dos platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo”	70%	25%	5%

As alterações no nível de base foram consideradas por 80% dos participantes como fator sem o qual não é possível gerar as formas de relevo do tipo chapadas (Quadro 4.1). Na segunda rodada sua colocação foi incorporada ao parâmetro de morfogênese (processos e nível de base) abordado anteriormente (Quadro 4.6).

Já a altitude foi considerada predominantemente Pouco Importante ou Importante (Quadro 4.1). Os participantes pontuaram que a altura da geoforma é que deve ser considerada para classificar uma chapada, ao invés de sua altitude em relação ao nível do mar. Na segunda rodada, esta resposta foi confrontada com o valor mínimo (de 600 m) exigido pela legislação para classificação de chapadas. Mesmo assim, 85% dos entrevistados enfatizaram, novamente, que não é o valor da altitude que deve ser considerado, mas sim a altura relativa da geoforma, ou seja, seu destaque altimétrico em relação ao entorno mais baixo. 10% não se manifestaram sobre este item (Quadro 4.7).

Quadro 4.7: Valores sugeridos para altitude no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

ALTITUDE	A altura caracteriza uma chapada e não a altitude	Mínimo de 600 m de altitude para que uma geoforma seja considerada chapada CONAMA (303/2002)	Não se manifestaram
	85%	5%	10%

O último parâmetro, referente à extensão da superfície das chapadas, foi inserido apenas na segunda rodada. Nesta, foi apresentado o valor exigido pela legislação, o de 10 hectares. Pediu-se, então, que o participante concordasse, ou não, com o valor em questão

ou que sugerisse um valor que lhe parecesse mais coerente. 45% concordaram com o critério exigido na resolução CONAMA 303/2002, enquanto 40% não concordaram (Quadro 4.8). Cabe ressaltar que 15% não se manifestaram sobre este parâmetro.

Quadro 4.8: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram, ou não, com a extensão superficial exigida na Resolução CONAMA 303/2002 para que uma geoforma seja classificada legalmente como chapada.

EXTENSÃO SUPERFICIAL DA CHAPADA	Concordaram	Não Concordaram	Não se manifestaram
Superfície mínima de 10 hectares (CONAMA 303/2002)	45%	40%	15%

Primeiramente, admite-se nessa pesquisa que os parâmetros que tiveram suas características traduzidas em valores fixos devem apresentar uma margem de oscilação ao aplicá-los à realidade, considerando o valor estipulado como majoritário frente a outros que porventura sejam identificados na geoforma. Isso porque as formas de relevo são descontínuas por natureza e de grande diversidade, principalmente considerando um país de extensão continental como o Brasil, não sendo possível, portanto, que suas características sejam completamente fiéis a números.

Dentre as considerações ressaltadas pelos participantes, destaca-se a de que a classificação de chapadas deveria se ater à forma do relevo - identificada visualmente - e, por conseguinte, que seu conceito deveria estar atrelado essencialmente às características peculiares a essa geoforma, ou seja, a chapada é, na verdade, a expressão de uma única condição, seu formato. Esta proposta passa a ser insuficiente quando se considera a diversidade de formas de relevo encontradas dentro do contexto de planaltos sedimentares brasileiros e na consequente confusão ao identificá-las. Esse fato se agrava na medida em que enxergar ou perceber a forma do relevo se torna um ato subjetivo e, portanto, inviável para fins de classificação com vistas à proteção legal de uma determinada paisagem. Principalmente aquelas economicamente atrativas.

Com o método Delphi, concluiu-se que a categoria litológica principal sobre a qual ocorrem as chapadas são as rochas sedimentares, mas, excepcionalmente, elas podem se desenvolver em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas e vulcânica máficas, desde que estas contenham camada superficial tabular, horizontais ou sub-horizontais. Isso porque a inclinação do topo ou declividade

superficial, caracterizada pela forma plana, como uma mesa, é muito condicionada pelo mergulho das camadas.

Por isso, as rochas devem apresentar mergulho de suas camadas $\leq 5^\circ$, o que irá favorecer a forma tabular do topo da geoforma e, conseqüentemente, uma superfície que também possua declividade $\leq 5^\circ$. Entretanto, cabe ressaltar que as formas de relevo são naturalmente descontínuas e que a incisão fluvial na superfície das chapadas tende a aumentar a declividade média das mesmas. Assim, propõe-se que, tanto o mergulho de camadas como a declividade da superfície da chapada deve estar em torno dos 5° , podendo apresentar valores maiores em 1° , ou seja, apresentar uma declividade majoritariamente de 6° , desde que não excedam um conjunto visualmente plano.

Quanto à extensão da superfície da geoforma, esta obteve opiniões divididas e foi o parâmetro com maior ocorrência de participantes que não se manifestaram. Além disso, a maioria dos participantes que não concordaram com o valor exigido pela legislação (de 10 ha) não sugeriram um valor para este parâmetro, alegando que não há bases teóricas para diferenciar um platô, uma mesa ou chapada por extensão superficial e que, qualquer tentativa de fixação de valores, parece ser arbitrária. Neste caso, de acordo com as respostas obtidas, *“cabe à lógica interpretativa adotar este termo para situações comparativas que deixem a entender que platôs são menores que chapadas em dado contexto. Os conceitos só tem sentido se adotados de modo comparativo.”* *“Ou seja, deve ser analisado o conjunto das formas de relevo da área em estudo”*. Entretanto, esse tipo de resposta deixa em aberto a questão da legislação, visto que a mesma não aceita critérios subjetivos. Logo, considerando-se que quase metade dos participantes aceita o valor de 10 ha como superfície mínima (Quadro 4.8) para existência de uma chapada, este parece ser o melhor valor de área mínima para utilização legal na classificação de uma geoforma como chapada. Considera-se também que esta superfície é suficiente para a implantação de agricultura e que, para fins legislativos, diferenciar mesas e platôs de chapadas não é importante, visto que, por possuírem evolução similar (*backwearing*), sua degradação pressupõe mudanças na paisagem e perdas ecológicas, os quais são foco de preservação pela legislação.

Quanto à altitude do relevo, esta deve ser analisada em relação a altitude da superfície circundante, considerando-se, portanto, a altura da geoforma. Segundo os participantes da pesquisa (Delphi), a geoforma deve evidenciar uma ruptura de declive suficiente para separar visualmente duas superfícies, uma mais elevada, e outra circundante em nível altimétrico mais baixo (Figura 4.1).

A altitude em relação ao nível do mar é um dos parâmetros usados pela legislação para diferenciar chapadas de tabuleiros, sendo as chapadas mais elevadas, enquanto os tabuleiros se encontram em posição mais baixa. Mas, parece impossível delimitar um valor altimétrico que constitua uma linha divisória entre essas duas geoformas. Os tabuleiros também apresentam evolução similar às das chapadas, tornando a distinção ainda mais complicada.

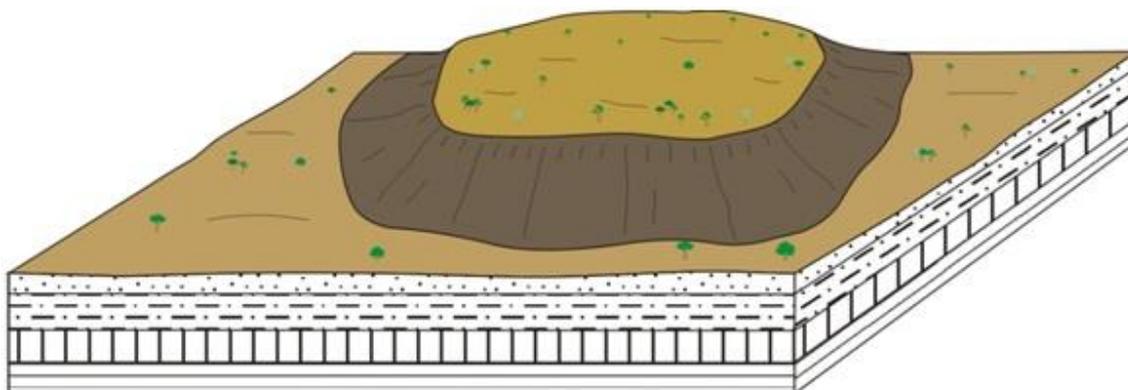


Figura 4.1: Desenho esquemático da geoforma chapada. Elaboração: Breno Marent, 2014.

O que se sabe é que, conforme Ab'Saber (1964), os tabuleiros recobrem extensa faixa da zona litorânea e sublitorânea do Leste, do Nordeste e do Norte do país, assim como a grande área de baixos platôs da Amazônia Brasileira. Eles são modelados sobre rochas sedimentares do Plioceno, especificamente sedimentos da Série Barreiras. Ou seja, tabuleiros, assim como as chapadas, são geoformas modeladas sobre planalto sedimentar, mas de depósitos terrígenos do fim do Terciário. Os tabuleiros da faixa costeira são “(...) como se fossem remanescentes, bem preservados, de um vasto cinturão de planícies antigas e contínuas que rendilhavam a costa brasileira naqueles quadrantes.” (AB’SABER, 1964). Entretanto, esta diferenciação tem importância, sobretudo, científica, pois, para fins de proteção legal os critérios adotados são os mesmos para ambos os tipos de relevo, com proteção de uma faixa de 100 metros da borda para o centro do tabuleiro ou da chapada.

Cabe ressaltar que há termos que são regionais ou nacionais, sem critérios científicos específicos e, por isso, não há como traduzi-los. Por exemplo: O termo “chapada” expressa uma determinada forma, que é “*resultado da atuação de processos físicos e químicos, conforme as condições climáticas e geológicas existentes. Neste*

aspecto, o nome dado à forma é resultante do processo e não da forma pela forma.” Mesmo que a princípio o nome seja dado à forma, esta traz associado consigo uma evolução peculiar. Para a maior parte dos participantes da pesquisa (Delphi) a morfogênese das chapadas ocorre a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem (figuras 4.2A e 4.2B), motivada pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs (Figura 4.2C) que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo (Figura 4.3). No que se refere à morfodinâmica dessas geoformas, esta pode estar, atualmente, dissociada da drenagem, e as chapadas terem morfodinâmica influenciada por outros fatores. Vale ressaltar que alguns pesquisadores discordaram da afirmativa de que alterações no nível de base é condição imprescindível à formação das chapadas. Assim, mesmo reconhecendo seu importante papel na individualização de platôs, considerou-se que, os mesmos *“também poderiam se formar por erosão diferencial controlada por um nível de base local ou regional, sem haver, necessariamente, uma mudança de nível de base”*.

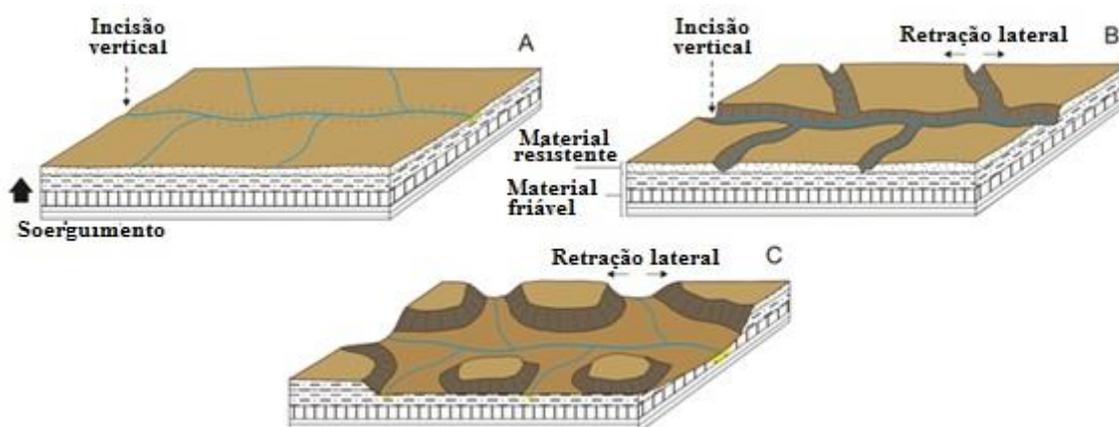


Figura 4.2: Modelo de evolução das chapadas mais aceito entre os participantes da pesquisa: (A) Momento inicial: início da incisão vertical (encaixamento) da rede de drenagem; (B) Momento intermediário: rede de drenagem já alcançou novo nível de base (está equilibrada) e por isso começa a lateralmente alargar os vales; (C) Momento avançado: individualizam-se as chapadas em um contexto de duas superfícies planas. Elaboração: Breno Marent, 2014.

Assim sendo, propõe-se nesse trabalho que o melhor conceito para chapadas é o seguinte: *"Chapadas são formas de relevo alçadas na paisagem por possuírem uma altura relativa suficiente para destacá-la em relação ao seu entorno e ruptura de declive*

bem marcada entre a superfície mais elevada e outra de altimetria mais baixa. Sua superfície apresenta-se plana com declividade majoritariamente $\leq 6^\circ$, condicionada por um mergulho das camadas, também, majoritariamente $\leq 6^\circ$. Elas são modeladas sobre rochas sedimentares, mas podem, excepcionalmente, ocorrer em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas ou vulcânica máficas. Sua extensão superficial deve ter no mínimo 10 hectares. Chapadas são geoformas que ocorrem a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.”

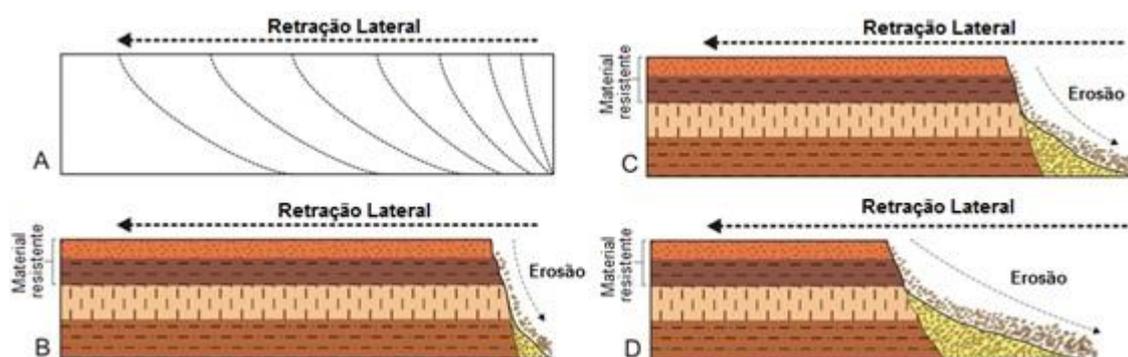


Figura 4.3: Regressão lateral de vertentes para as chapadas: (A) Desenho esquemático; (B) Momento inicial; (C) Momento intermediário; (D) Momento avançado. Elaboração: Breno Marent, 2014.

A Tabela 4.1 visa analisar se as oito unidades de relevo classificadas como chapada pelo IBGE (2006) (Figura 3.1) também são assim classificadas diante do conceito criado nesta pesquisa e dos conceitos de Guerra e Guerra (2008); IBGE (2009); Goudie (2004); Florenzano (2008); Press et al. (2006) e Ab’Saber (1964) e diante da legislação (Resolução CONAMA 303/2002).

Os conceitos de Goudie (2004); Florenzano (2008); Press et al. (2006) e Ab’Saber (1964) abrangeram todas as áreas classificadas como chapada pelo IBGE (2006). Isso porque são conceitos mais objetivos e simples, que consideram uma pequena quantidade de parâmetros, quando comparados a outros autores e, em maioria, não há fixação de valores para os mesmos. Entretanto, são ao mesmo tempo conceitos muito genéricos e pouco profundos para embasar a legislação na proteção dessas geoformas.

Já o conceito de Guerra e Guerra (2008), quando aplicado à realidade, não considerou como chapada quatro das unidades de relevo: Chapadas do Alto Rio Itapecuru, Chapadas e Planos do Rio Farinha, Chapada dos Parecis e Chapadas do Alto Rio Parnaíba. Isto ocorreu em razão de que essas unidades estão parcialmente abaixo dos 600 m de altitude em relação ao nível do mar.

Tabela 4.1: Aplicabilidade dos conceitos científicos de chapada à realidade da sua ocorrência no território brasileiro (unidades de relevo de chapada, IBGE, 2006).

Conceitos IBGE, 2006	Alto Rio Itapecuru	Rio Farinha	Parecis	Alto Rio Parnaíba	Irecê e Utinga	Jequitinhonha	São Francisco	Araripe
GUERRA & GUERRA (2008)*	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
IBGE (2009)**	?	?	?	?	?	?	?	?
GOUDIE (2004)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FLORENZANO (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRESS et al (2006)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AB'SABER (1964)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CONAMA 303/2002***	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CONCEITO ELABORADO PELO METODO DELPHI	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓

✓ O conceito científico atende à realidade de ocorrência da unidade do IBGE (2006)

✗ O conceito científico não atende à realidade de ocorrência da unidade do IBGE (2006)

? A estrutura do conceito científico não permite um enquadramento das unidades, visto que depende de outros fatores, tais como a comparação com geoformas de tabuleiro.

* Considerou-se que o platô deve estar totalmente acima de 600 m de altitude para ser considerado chapada.

** O Manual Técnico de Geomorfologia não apresenta valores para escarpa e tampouco de altitude, apenas comparando chapada com tabuleiro. Por isso, considerou-se a definição do dicionário Priberam (2014) de que, escarpa é "*ladeira muito íngreme*" e, por

não ser possível aplicar a lógica de comparação entre geoformas de tabuleiro e chapadas, concluiu-se que o parâmetro de altitude não é aplicável à realidade.

*** Consideraram-se as áreas parcialmente acima de 600 m de altitude e com, no mínimo, um ponto acima de 45°.

O conceito apresentado pelo IBGE (2009) é, ao contrário dos demais em análise, de difícil aplicabilidade, porque estabelece critério comparativo entre chapadas e tabuleiros no que se refere a altimetria, sem, contudo, estabelecer valores. Este fato torna o conceito confuso, na medida em que os tabuleiros também são geoformas descontínuas por natureza e não se sabe exatamente como os diferenciar das chapadas.

Por fim, a Tabela 4.1 mostra que o conceito criado neste trabalho, a partir do método Delphi, não contemplou todas as unidades de relevo de chapadas do IBGE (2006). A unidade de relevo Irecê e Utinga não foi classificada como chapada, pois está em um patamar altimetricamente baixo, circundado por outro mais elevado, ou seja, o inverso da forma típica apresentada pelas chapadas. Considerando que o conceito de chapada apresentado nesse trabalho é o resultado do esforço de 22 pesquisadores - incluindo autores do artigo - pode-se supor que, talvez, chapada não seja a melhor classificação para essa unidade do relevo, apesar dela assim ter sido identificada pelo IBGE (2006).

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito elaborado com o método Delphi mostrou-se aplicável à realidade da maioria das unidades de relevo classificadas como de chapada pelo IBGE (2006). Com este conceito demonstrou-se que, mesmo utilizando de um número elevado de parâmetros, muitos destes representados por valores fixos, é possível, sim, classificar e, conseqüentemente, proteger a grande maioria das chapadas no Brasil. Conclui-se ainda que este conceito é mais completo e aplicável que os demais existentes na literatura especializada, visto que, por ser mais amplo e conter mais parâmetros fixos, melhor define a geoforma sem, no entanto, perder aderência com a realidade de ocorrência natural dessas geoformas no território brasileiro.

Paralelamente, ao longo da análise dos questionários, compreendeu-se que a legislação não deve ser independente dos estudos científicos, assim como não deve incorporá-los em sua totalidade. Isto porque o objetivo da legislação é outro: proteger a paisagem e os recursos naturais associados a geoformas como forma de evitar a

degradação acelerada graças às atividades antrópicas. Nestes casos, o melhor é compreender as limitações que envolvem a nomenclatura das formas de relevo e, daí em diante, criar parâmetros legislativos que atendam, de fato, à realidade, ou seja, à natureza descontínua das formas de relevo. Isso pode ser contemplado caso a legislação atenda a critérios científicos com uma linguagem diferente daquela, não abarcando toda a complexidade científica e, assim, evitando conflitos ou contradições.

Por fim, o presente trabalho conseguiu criar um conceito científico amplo e razoavelmente preciso para chapada. Conceito este construído a partir do trabalho de 22 pesquisadores - incluindo autores dessa pesquisa - oriundos de diversas universidades e centros de pesquisa. Em suma, concluiu-se que: "*Chapadas são formas de relevo alçadas na paisagem por possuírem uma altura relativa suficiente para destacá-la em relação ao seu entorno e ruptura de declive bem marcada entre a superfície mais elevada e outra de altimetria mais baixa. Sua superfície apresenta-se plana com declividade majoritariamente $\leq 6^\circ$, condicionada por um mergulho das camadas, também, majoritariamente $\leq 6^\circ$. Elas são modeladas sobre rochas sedimentares, mas podem, excepcionalmente, ocorrer em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas ou vulcânica máficas. Sua extensão superficial deve ter no mínimo 10 hectares. Chapadas são geofomas que ocorrem a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.*"

5. MORFOGÊNESE DA CHAPADA DAS MESAS (MARANHÃO-TOCANTINS): PAISAGEM CÁRSTICA E POLIGENÉTICA

5.1 INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Chapada das Mesas, localizada na divisa entre as regiões norte e nordeste do Brasil (Maranhão-Tocantins), constitui uma típica paisagem de chapada e tem um importante papel ambiental e ecológico, visto que, parcialmente, está inserida no Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM). Contudo, essa região ainda é pouco conhecida cientificamente, principalmente no âmbito da geomorfologia e dos processos que culminaram em sua morfogênese e evolução. Tal fato constitui considerável lacuna científica, principalmente em razão da Chapada das Mesas se localizar no contato entre a Bacia Sedimentar do Parnaíba e o Orógeno Brasileiro do Tocantins (SALGADO et al., 2015), ou seja, no contato entre diferentes compartimentos geotectônicos e hidrográficos.

A Chapada das Mesas localiza-se no interior da unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2006) de *Chapadas e Planos do Rio Farinha* na divisa entre os estados do Maranhão e Tocantins (figuras 2.1 e 3.1). Essa região é, em termos de paisagem, caracterizada por um conjunto de formas de relevo exuberante – chapadas – que imprime um aspecto cênico de inestimável beleza para esta região (Figura 5.1).

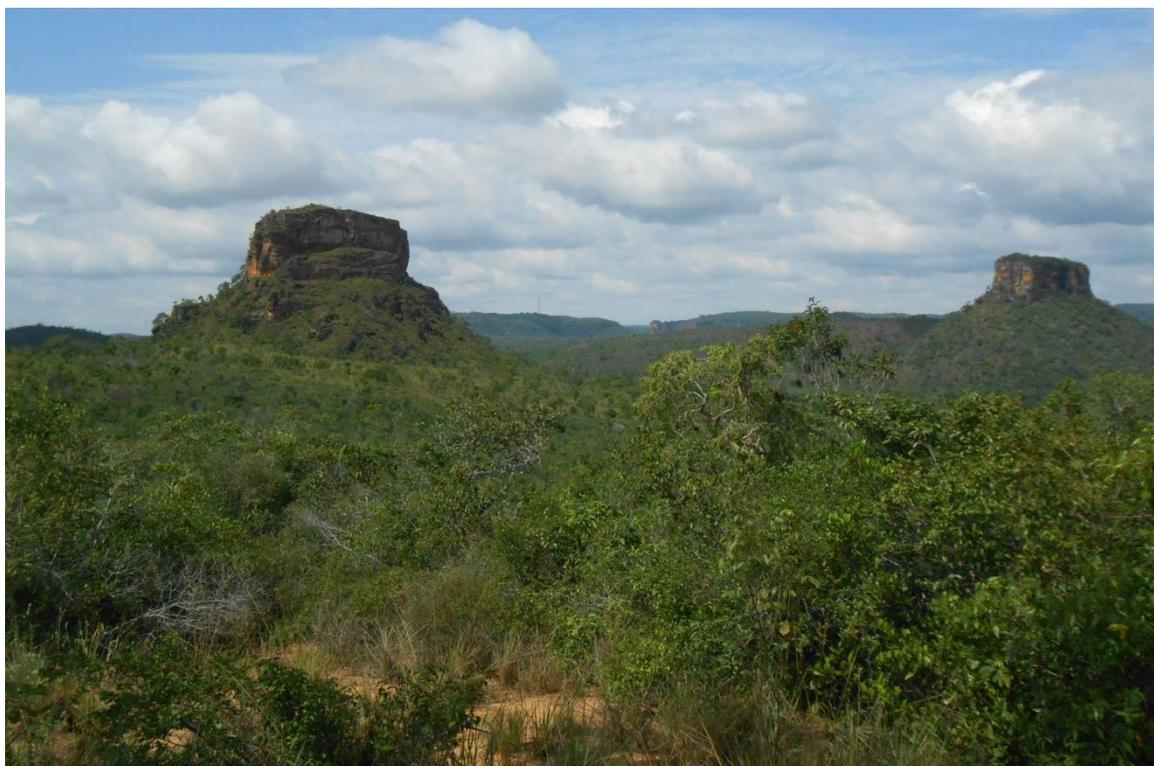


Figura 5.1: Paisagem típica da Região da Chapada das Mesas.

Paralelamente, a área de estudo possui grande importância ecológica, fato esse que, conjugado com a riqueza paisagística, deu origem à criação do Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) (BRASIL, decreto de 12 de dezembro de 2005), com aproximadamente 160.000 ha.

Em termos geológicos, a área de estudo se localiza na Bacia Sedimentar do Parnaíba, uma bacia intracratônica de idade Paleozóica, no limite com o antigo Orógeno Tocantins. Possui como substrato litológico uma sucessão de rochas sedimentares e vulcânicas de idade Neoproterozóica-Eopaleozóica (ALMEIDA et al. 1981). Na área de estudo esse substrato corresponde às seguintes unidades: (i) às formações areníticas meso-paleozóicas Itapecuru, Corda, Grajaú, Sambaíba, Motuca e Pedra de Fogo; (ii) aos basaltos mesozóicos da Formação Mosquito; (iii) aos depósitos detrítico-lateríticos terciários; (iv) aos colúviões pleistocênicos, e (v) aluviões holocênicos.

A Formação Sambaíba, de idade Triássica-Paleozóica, é composta por arenitos avermelhados de origem eólica (AGUIAR, 1971) típicos de deposição em sistema desértico (VAZ et al, 2007). Sobreposta a essa formação, ocorrem os basaltos da Formação Mosquito que correspondem a importante evento magmático relacionado à abertura do oceano Atlântico durante o Triássico-Jurássico. Ainda durante o Jurássico, instalou-se na região um sistema desértico (RABELO & NOGUEIRA, 2015) que permitiu a deposição dos arenitos de origem eólica da Formação Corda. No topo da coluna estratigráfica ocorre a Formação Itapecuru, de idade cretácea, que é composta de quartzo-arenitos de granulação fina a média, originários de depósitos flúvio-deltaicos (NASCIMENTO & GÓES, 2007). Vale ressaltar que, na porção mais elevada da serra, os arenitos Itapecuru são recobertos por depósitos detrítico-lateríticos terciários encouraçados. Este encouraçamento é que sustenta o topo das chapadas e estabelece um nível altimétrico somital para a paisagem regional. Já no sopé das mesas e chapadas acumulam-se os colúviões pleistocênicos compostos por sedimentos conglomeráticos e areno-siltosos laterizados de origem colúvio-aluvial.

A Formação Pedra de Fogo (PLUMMER, 1946) é caracterizada pela presença de sílex e calcário oolítico e pisolítico creme a branco, eventualmente estromatolítico, intercalado com arenito fino-médio amarelado, folhelho cinzento e anidrita branca, de idade eopermiana.. São característicos desta formação os grandes troncos petrificados de *Psaronius*. O ambiente deposicional para esta formação é nerítico raso a litorâneo com planícies de *sabkha*, sob a eventual influência de tempestades. A Formação Motuca (PLUMMER, 1946) compõe-se de silito avermelhado e marrom, arenito branco fino a

médio, anidrita branca e raros calcários, depositados em ambiente continental desértico, controlado por sistemas lacustres no Neopermiano (Kazaniano/ Tatariano).

O clima regional pode ser caracterizado como Tropical Úmido com altas temperaturas e duas estações bem definidas (MMA; IBAMA & PREVFOGO, 2007): invernos secos e verões úmidos. A região apresenta importante biodiversidade, que se configura pelo encontro de três importantes biomas brasileiros: Amazônico, Cerrado e Caatinga (MORAES & LIMA, 2007). É drenada em 15.623,7 km² pela Bacia Hidrográfica do rio Tocantins, em 4.538,75 km² pela Bacia do rio Parnaíba e em menor proporção - 2.005,04 km² - pela Bacia Hidrográfica do rio Mearim.

Chapadas são geoformas recorrentes no território brasileiro e possuem morfogênese associada a modelos de evolução do relevo caracterizados por desenvolvimento em fases distintas (MARTINS et al., 2015; MARTINS & SALGADO, 2016): (1) Formação de superfície sedimentar, metassedimentar ou vulcânica máfica de topografia plana ou quase plana; (2) Incisão da rede de drenagem nessa superfície graças ao aprofundamento do nível de base; (3) Estabelecimento de novo nível de base para a rede de drenagem que incidiu; (4) Individualização dos platôs por meio de recuo lateral das vertentes e; (5) Formação de uma nova superfície erosiva, pontilhada de relevos residuais (tabulares) que preservam em seu topo a topografia da antiga superfície (plana ou quase plana). No entanto, no Brasil foram poucos os estudos científicos que investigaram a morfogênese de paisagens desse tipo. Logo, embora teoricamente as paisagens de chapada sejam bem explicadas, na prática, os modelos elucidativos praticamente nunca foram testados em regiões de Chapada no território brasileiro. Sendo assim, investigações que tentem compreender a morfogênese de paisagens desse tipo no Brasil tornam-se extremamente úteis para o avanço da Geomorfologia nacional.

Tendo por base as premissas acima expostas, pretende-se neste capítulo investigar a morfogênese da paisagem da Chapada das Mesas através da análise integrada dos respectivos aspectos e métodos: (i) litologia e morfoestrutura; (ii) rede hidrográfica; (iii) parâmetros morfométricos; (iv) mensuração de processos denudacionais de longo termo via isótopo cosmogênico ¹⁰Be e; (v) trabalhos de campo. Desta forma foi possível discutir não somente a morfogênese da Chapada das Mesas, bem como averiguar a validade do modelo explicativo para formação desse tipo de paisagem.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na região da Chapada das Mesas, a Dd (densidade de drenagem) tem valor de 0,84 km/km^2 , mas, ao considerar apenas o limite da unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha que se localiza principalmente na porção centro-ocidental da área de estudo (Figura 5.2), este índice é ainda menor, com valor de 0,76 km/km^2 . Ao contrário, a DI (densidade de lineamentos) é maior dentro dessa unidade geomorfológica quando comparado à área externa (Figura 5.3).

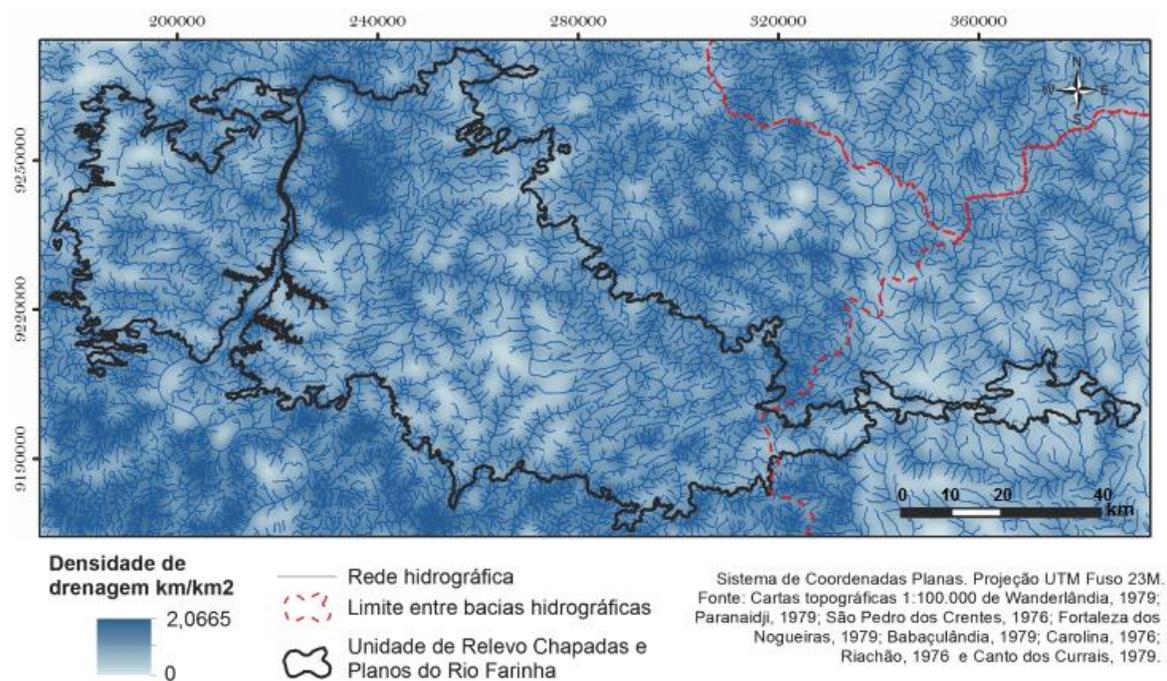


Figura 5.2: Densidade de drenagem na região da Chapada das Mesas.

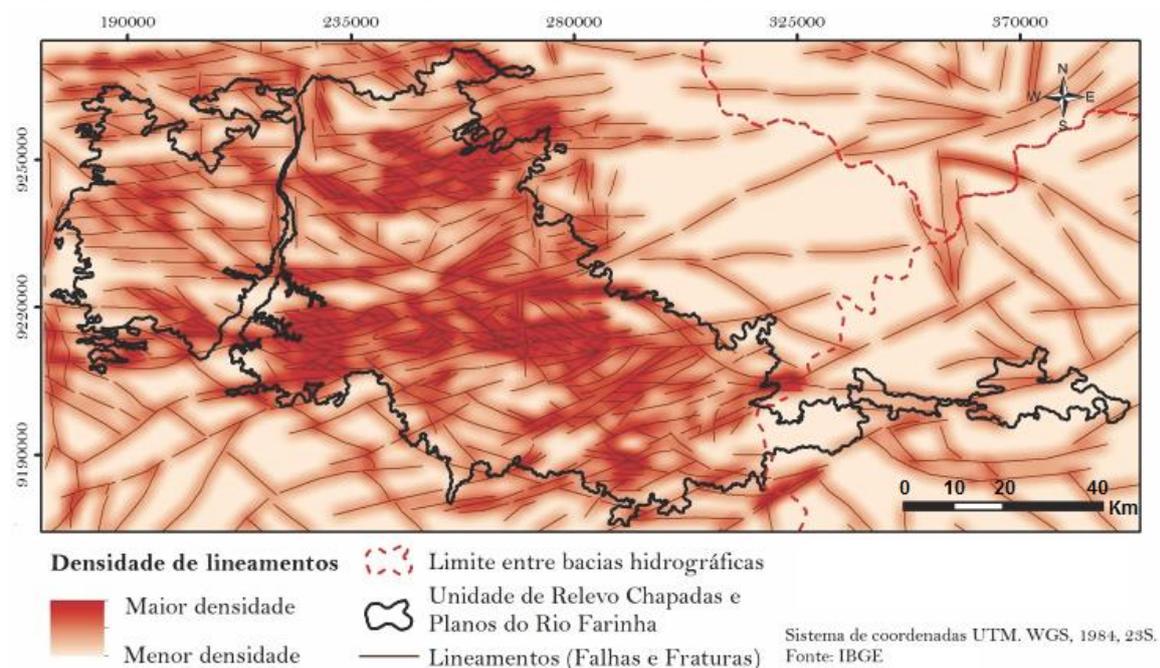


Figura 5.3: Densidade de lineamentos na região da Chapada das Mesas.

Os lineamentos estruturais – falhas e fraturas – possuem direção preferencial para E-W com deflexão de NE-SW, variando em torno de N80E e, em menor quantidade, entre N70E e N60E (Figura 5.4). Já as chapadas também estão dispostas no sentido NE-SW, variando entre N70E e N80E para frequência absoluta e comprimento absoluto (Figura 5.5).

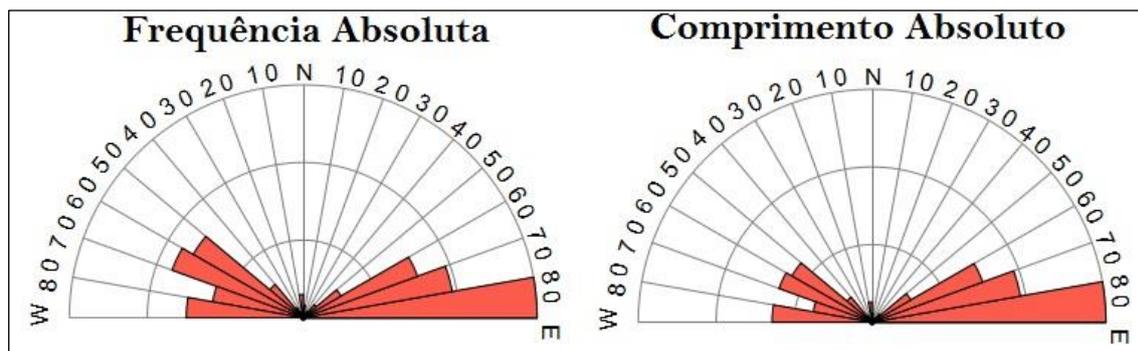


Figura 5.4: Diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais em **frequência absoluta** e **comprimento absoluto** de Falhas e Fraturas na Região da Chapada das Mesas.

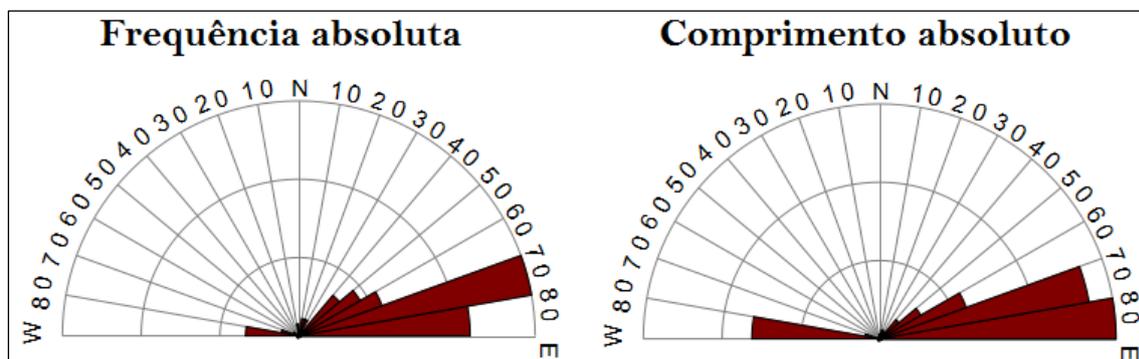


Figura 5.5: Diagrama de rosetas em **frequência absoluta** e **comprimento absoluto** referente a direção das mesas dentro da Unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha.

A rede de drenagem possui direção diversificada, com frequência absoluta, principalmente, em N-S, com destaque para NE-SW em N10E, N30E e N40E. Já o comprimento absoluto apresenta duas direções preferenciais, a NW-SE em N80W e a NE-SW em N60E (Figura 5.6A).

Sabendo-se que os cursos de menor ordem são mais susceptíveis a seguir as mudanças no terreno, foram analisadas separadamente as drenagens de primeira e segunda ordem (figuras 5.6B e 5.6C). Para os canais de primeira ordem, a frequência absoluta demonstra direção majoritária de N-S, em N10W, seguido em menor quantidade

para NE-SW em N40E e E-W em N80E. Entretanto, quando analisado o gráfico de comprimento absoluto, esses valores são maiores de E-W, em N80E, seguido pela direção NE-SW em N50E, N60E e N40E (Figura 5.6B). Já para os canais de segunda ordem, na frequência absoluta e no comprimento absoluto, possuem direção NE-SW em N70E (Figura 5.6C), assim como a direção da disposição das chapadas (Figura 5.5) e dos lineamentos estruturais (Figura 5.4).

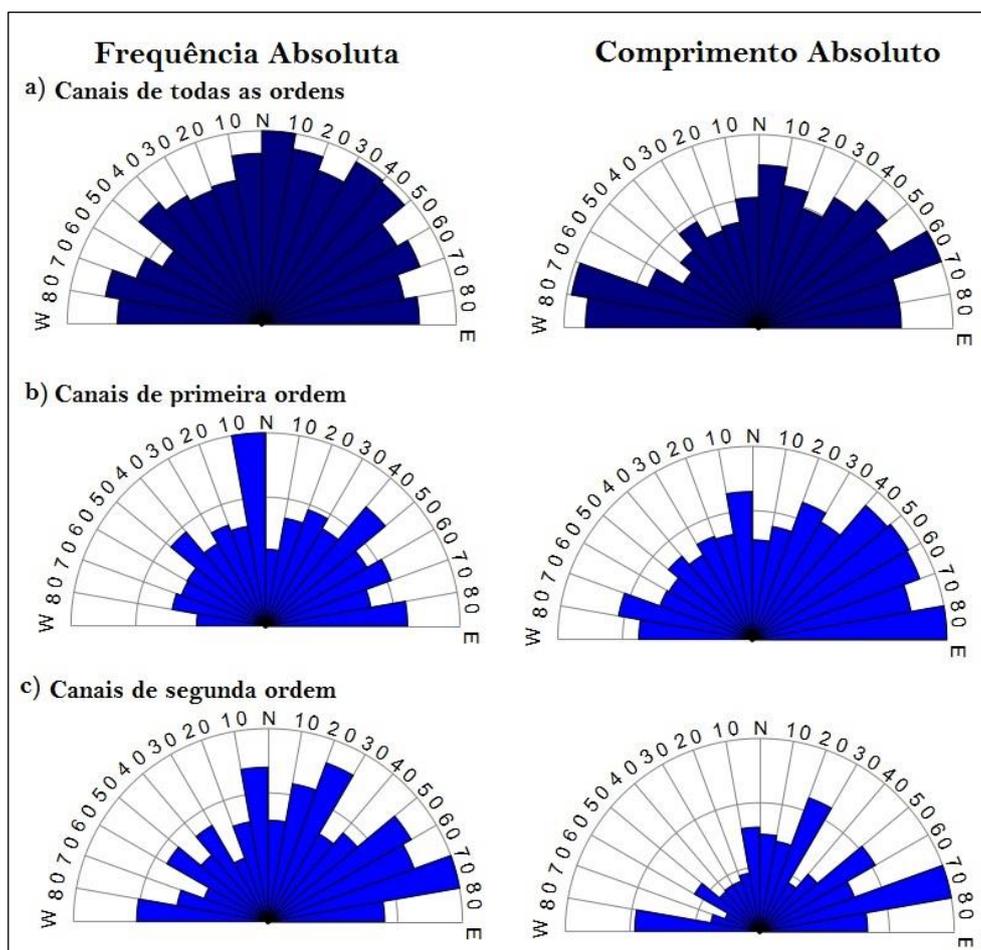


Figura 5.6: Diagrama de rosetas com **frequência absoluta** e **comprimento absoluto** da rede de drenagem da região de estudo: (a) drenagem de todas as ordens, (b) de primeira ordem e (c) de segunda ordem.

A disposição geral das chapadas e da rede de drenagem ainda pode ser analisada a partir de três perfis topográficos regionais (Figura 5.7).

Os perfis 1 e 2 estão próximos ao eixo N-S, enquanto o perfil 3 corta toda a unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha, de E-W. Os perfis mostram que as chapadas estão, majoritariamente, cortadas por drenagens de 1^a e 2^a ordens. No que se refere à análise do FSTT (Fator de Assimetria Topográfica Transversal), nos afluentes do rio Tocantins, não houve elevadas migrações, pois as mesmas permaneceram entre 0,02 e 0,21 (Tabela 5.1). Isto indica que não há um controle neotectônico evidente na região.

Quanto ao FABD, dentre as 13 sub-bacias hidrográficas analisadas, 30,76 % indicaram pouco ou nenhum basculamento (FABD entre 45 e 55), 38,46% sugeriram migração média para a margem direita (FABD entre 55 e 65) e 30,76% sugeriram migração média para a esquerda (FABD entre 45 e <35) (Tabela 5.1).

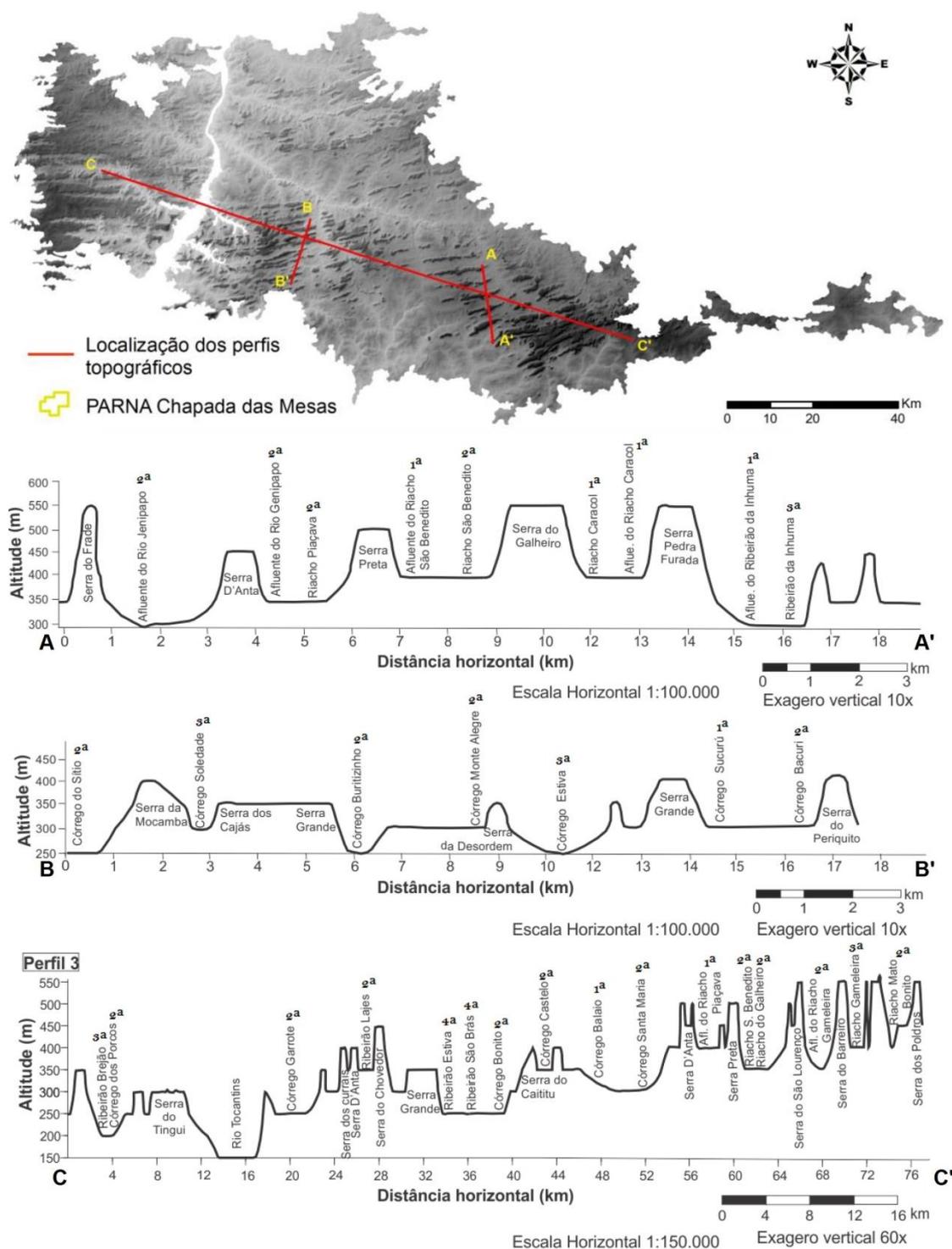


Figura 5.7: Perfis topográficos na área de estudo com a disposição das mesas e da drenagem com suas respectivas ordens de canal segundo Strahler (1952).

Tabela 5.1: Índices de Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT), incluindo média (x) e desvio padrão (s), em sub-bacias de 3° e 4° ordem fluvial da área analisada.

Bacia Hidrográfica	FSTT		FABD
	X	S	
Rio Brejão	0,18	0,21	33,07
Riacho Jenipapo	0,05	0,07	34,99
Ribeirão Corrente	0,18	0,14	47,09
Ribeirão Estiva	0,07	0,07	62,37
Ribeirão São José	0,14	0,08	59,14
Ribeirão Pedra Caída	0,07	0,06	44,09
Ribeirão Taboca	0,12	0,07	46,88
Ribeirão Brejão	0,08	0,11	55,29
Ribeirão Campo Alegre	0,07	0,07	55,29
Rio Feio	0,08	0,07	37,41
Riacho Velho	0,13	0,08	45,77
Ribeirão Galheiro	0,05	0,02	50,76
Ribeirão Mata Verde	0,12	0,1	63,07

Em termos de denudação de longo-termo (^{10}Be), a mesma se apresentou extremamente variável na área de estudo (Tabela 5.2). Essa variação foi extrema visto que, foram mensuradas taxas medianas – na faixa de 12 metros por milhão de anos – paralelamente a outras muito mais elevadas e que superaram os 60 metros por milhão de anos (Tabela 5.2). Sendo assim, as maiores taxas erosivas mensuradas na área superaram, inclusive, a maior parte das taxas já registradas nas faces mais escarpadas da Serra do Mar (Salgado et al., 2014; 2016; Gonzalez et al., 2016), área onde foram, até o presente momento, mensuradas as mais altas taxas erosivas do Brasil via ^{10}Be .

Por fim, a análise qualitativa da paisagem realizada através de trabalho de campo, reafirmou que o relevo regional é caracterizado principalmente pela existência de Chapadas. Estas possuem topo em cota altimétrica semelhante, mas área de superfície muito variável. Entretanto, após as geoformas do tipo Chapada, o que mais chama a atenção na paisagem regional é a ocorrência de geoformas típicas de um paleocarste em arenito como, por exemplo, arcos em topos de morro, pequenas cavidades, cânions que parecem ter sua gênese associada a queda do teto de uma caverna, paleosumidouros, sumidouros e ressurgências fluviais (Figura 5.8).

Tabela 5.2: Taxas de denudação de longo-termo ^{10}Be mensuradas na região da Chapada das Mesas.

Ponto de Amostra	Bacia Hidrográfica (Afluente)	Área da sub-bacia amostrada (km^2)	Longitude e Latitude (graus decimais)	Concentração de átomos de ^{10}Be (átomos g^{-1})* 10^5	Taxa de denudação ^{10}Be (m/Ma)	Tempo de Integração (anos)
1	Mearim (Grajazinho)	96,7	-46,428285 -6,683201	0,41±0,02	68,9±2,72	9.217
2	Tocantins (Farinha)	180,1	-46,449946 -6,866661	2,02±0,06	12,8±0,41	48.601
3	Tocantins (Fariazinha)	72,2	-46,65362 -7,146798	0,49±0,02	60,0±2,15	10.584
4	Parnaíba (Frutuoso)	42,7	-46,601031 -7,332999	2,08±0,07	12,6±0,40	49.232
5	Parnaíba (Fundo)	48,4	-46,077306 -6,98585	1,21±0,10	23,9±2,06	26.310
6	Tocantins (Conceição)	81,5	-46,571707 -6,9615	1,48±0,05	18,0±0,57	34.755

Em termos de discussão dos resultados, a região da Chapada das Mesas tem Dd baixa ou regular baixa, sendo esse índice ainda menor quando se analisa apenas a unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. De acordo com Barreto, Monsorens e Pimentel (2001), a Dd é uma expressão da intensidade do escoamento superficial e, portanto, quanto menor a densidade de drenagem, menor o escoamento superficial e maior a infiltração. Essa baixa taxa regional, de Dd pode ser considerada normal, pois o principal substrato da região é o arenito, rocha muito porosa. Entretanto, chama a atenção que a relação entre Dd e DI é claramente inversamente proporcional (figuras 5.2 e 5.3). Ou seja: quanto maior a ocorrência de lineamentos (DI), maior a porosidade secundária (estrutural) e por isso maior a infiltração de água, diminuindo assim a drenagem superficial (Dd). Há uma exceção a essa lógica no extremo norte da unidade, que apresenta uma porção com elevada Dd e, ao mesmo tempo, elevada concentração de

lineamentos (figuras 5.2 e 5.3). No entanto, este fato pode ser explicado em razão de que esta área tem sua altitude muito próxima à do nível de base regional (Rio Tocantins), o que não favorece a infiltração da água, mas sim, seu escoamento pela superfície.

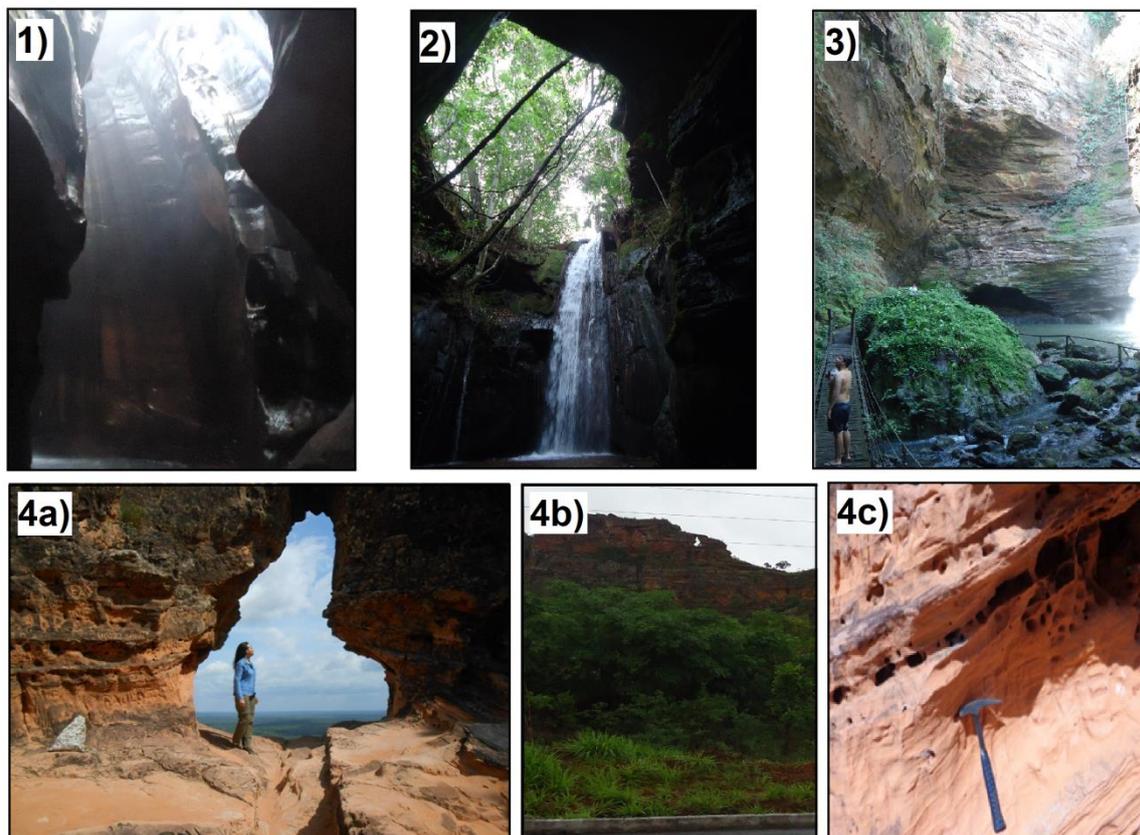


Figura 5.8: Geofomas cársticas na região da Chapada das Mesas, MA/TO. (1) Cachoeira do Santuário e (2) Cachoeira da Caverna; (3) Cântion e caverna da Cachoeira de Santa Bárbara; (4a e b) Arco da Pedra Caída; (4c) Ductos em diversos diâmetros na rocha que compõe o portal da Pedra Caída.

A rede de drenagem apresenta direção muito diversificada. Isto é próprio de ambientes de clima tropical úmido e raramente coincide com o direcionamento dos lineamentos estruturais (figuras 5.4 e 5.6). Os dados de FSTT e FABD também dão suporte a essa interpretação, pois as sub-bacias analisadas de 3º e 4º ordem não possuem controle neotectônico evidente e, tampouco forte migração de seus canais (Tabela 5.1).

Ao contrário dessas sub-bacias, a estrutura tende a controlar de forma mais expressiva os cursos de primeira e segunda ordem, os quais apresentam, em diversas porções da área, padrão paralelo de drenagem (figuras 5.4 e 5.6). O posicionamento similar entre a direção dos lineamentos estruturais, da drenagem – principalmente de segunda ordem - e das chapadas (figuras 5.4, 5.5 e 5.6) indica influência direta da

estrutura geológica nos canais de menor ordem hierárquica e na dissecação do relevo. Por conseguinte, indica de forma inequívoca que a estrutura influencia diretamente no arranjo espacial das chapadas. Logo, como visualizado nas rosetas dos canais de 1ª e 2ª ordem e nos perfis topográficos (figuras 5.6 e 5.7), estes seguem os lineamentos e abrem os cânions individualizando, assim, as chapadas.

No entanto, a imensa variação nas taxas de denudação registradas que vão de 12,6 até 68,9 m/Ma (Tabela 5.2), bem como o fato de algumas delas terem alcançado patamares semelhantes àqueles registrados em cadeias de montanhas orogênicas, não podem ser explicados apenas pelo modelo tradicional de gênese das Chapadas (MARTINS & SALGADO, 2016). Inclusive em razão de que as taxas mais elevadas são incompatíveis com as mais baixas mensuradas na mesma região e em bacias hidrográficas vizinhas, bem como são também incompatíveis com os índices de FSTT e de FABD e com a morfologia da paisagem regional que não é composta por montanhas e serras escarpadas, mas, sim, por Chapadas. Tal fato leva a crer que a única forma de algumas bacias hidrográficas apresentarem taxas de denudação tão elevadas (Tabela 5.2) é a de muitos dos seus sedimentos terem alcançado a superfície de forma abrupta independente do processo erosivo tradicional. Neste contexto, apenas a ejeção de sedimentos subterrâneos em ressurgências fluviais ou o desabamento do teto de cavernas permitiria que sedimentos localizados muitos metros em subsuperfície alcançassem abruptamente a superfície. Logo, as geoformas cársticas verificadas na paisagem regional (Figura 5.8) são a única chave para compreensão das elevadas taxas denudacionais mensuradas (Tabela 5.2), bem como para o completo entendimento da morfogênese regional. Na verdade elas constituem pequenas evidências de um sistema muito maior e ainda desconhecido que é essencial para a compreensão da evolução do relevo da Chapada das Mesas. Isso levanta a hipótese de que a drenagem que acompanha as falhas é, em grande parte, subsuperficial e forma um sistema subterrâneo cárstico que somente é exposto quando, em estágio mais avançado, seu teto entra em colapso e origina esses tributários formando cânions e cachoeiras. Desta forma, a morfogênese da Chapada das Mesas parece estar associada a um processo de dissecação do relevo que, graças ao trabalho de cursos fluviais de primeira e segunda ordem, estes escoando na superfície ou em subsuperfície, recortam a mesma e isolam as chapadas umas das outras (Figura 5.9). Logo, a paisagem regional possui gênese muito mais complexa do que o modelo tradicional de formação de chapadas prevê (MARTINS & SALGADO, 2016).

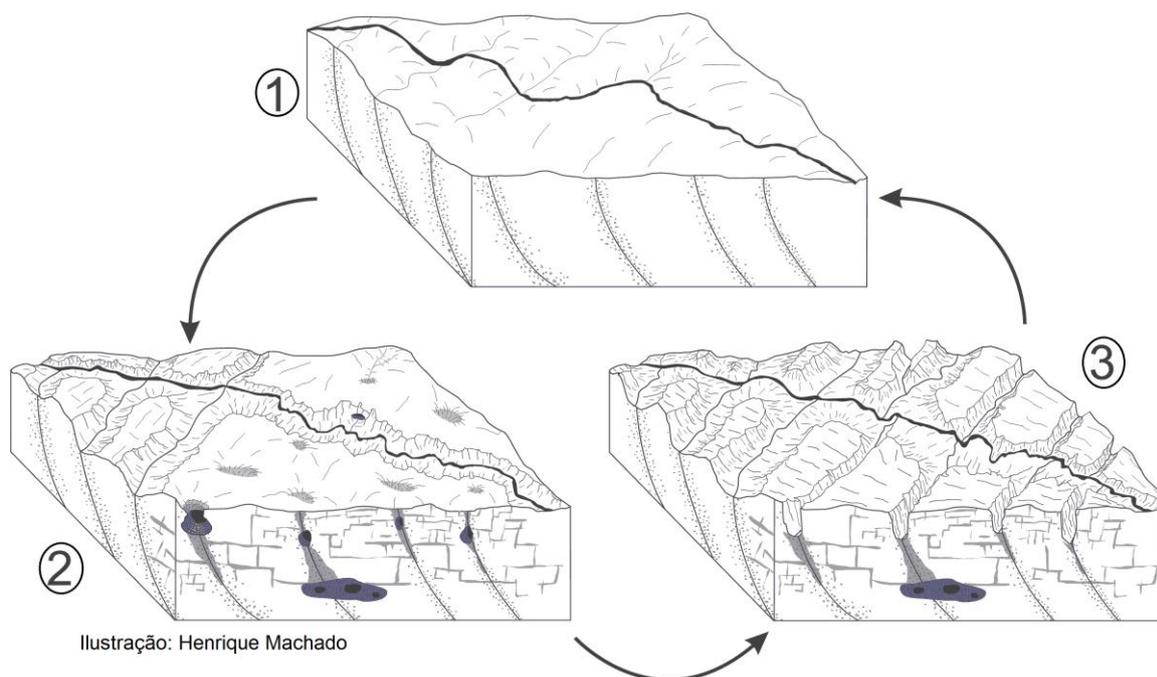


Figura 5.9: Modelo de morfogênese de paisagem da Chapada das Mesas: Processos superficiais e subsuperficiais são importantes para a evolução do relevo da região. Estes últimos, graças a “carstificação” em lineamentos de arenitos, formam ductos e cavernas que, ao colapsarem, potencializam a formação de vales encaixados.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste capítulo foi possível concluir que a região da Chapada das Mesas constitui uma paisagem que teve uma morfogênese muito mais complexa do que o previsto para modelos evolutivos do relevo para paisagens do tipo Chapada. Destaca-se nesse contexto uma gênese em parte associada à ocorrência de geformas e a dinâmica cárstica. Logo, a superfície somital arenítica é recortada e dissecada graças não somente a incisão fluvial de canais de baixa ordem ao longo dos lineamentos estruturais, mas também em razão da evolução de drenagens subterrâneas. Paralelamente, o presente trabalho mostrou que algumas das paisagens do tipo Chapada podem ser consideradas como poligenéticas e que processos de carstificação podem ser geradores desse tipo de paisagem, mesmo em áreas de substrato não carbonático.

6. MORFOGÊNESE DO EXTREMO SUL DA UNIDADE CHAPADAS DO RIO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS

6.1 INTRODUÇÃO

Chapadas são geoformas recorrentes no território brasileiro e que, internacionalmente, constituem um tipo de paisagem denominado de *Tablelands* ou, quando ocorre de forma isolada, *Mesa*. Segundo Martins & Salgado (2016) constituem elevações tabulares com escarpa bem marcada entre a sua superfície mais elevada e outra de altimetria mais baixa que constitui seu entorno. Sua superfície mais elevada deve ter no mínimo dez hectares, ser primordialmente sedimentar e possuir declividade majoritariamente inferior ou igual a 6°. Para esses autores a morfogênese desse tipo de geoforma está relacionada a uma mudança de nível de base que individualiza e segmenta um platô graças ao encaixe da rede de drenagem. Posteriormente, sua evolução se associa ao recuo lateral das escarpas e a manutenção altimétrica da superfície somital que marca a antiga superfície que foi dissecada.

Teoricamente a morfogênese dessas geoformas está bem explicada, contudo, na prática, os modelos elucidativos praticamente nunca foram testados em regiões de Chapada no território brasileiro. Na única vez em que isso de fato ocorreu (Martins et al., 2017), esse modelo teórico acima exposto se mostrou incapaz de explicar a ocorrência desse tipo de paisagem entre os estados do Tocantins e do Maranhão. Sendo assim, investigações que tentem compreender a gênese dessas paisagens tornam-se extremamente úteis e necessárias para o avanço da Geomorfologia nacional.

Tendo por base o acima exposto, o presente capítulo objetiva investigar a morfogênese da unidade do relevo do tipo chapada com maior extensão em território brasileiro: a unidade das Chapadas do Rio São Francisco. Esta investigação ocorreu através da análise integrada dos respectivos aspectos e métodos: (i) litologia e morfoestrutura; (ii) rede hidrográfica; (iii) parâmetros morfométricos e; (iv) trabalhos de campo.

6.2 ÁREA DE ESTUDO

No Brasil, dentre as oito unidades (Figura 6.1) classificadas como do tipo chapada pelo IBGE (2006), a Chapadas do Rio São Francisco é a maior em termos de extensão espacial. Possui 139.186,8 km² e está localizada nas regiões brasileiras Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, majoritariamente nos estados de Minas Gerais e da Bahia e, em

menores porções, nos estados do Goiás, Tocantins, Maranhão e Piauí. Esta unidade do relevo está inserida, principalmente, na porção oriental da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e não raro, marca o interflúvio desta bacia hidrográfica com as dos rios Tocantins e Paraná.

Considerando a extensão espacial da unidade geomorfológica das Chapadas do Rio São Francisco, foi selecionado apenas o extremo sul da mesma como área de realização desta pesquisa (Figura 6.1), a qual possui 9.484,6916 km². Esse recorte espacial selecionado insere-se somente no estado de Minas Gerais e abrange completamente o município de Arapuá e, parcialmente, os de Varjão de Minas, Matutina, Santa Rosa da Serra, João Pinheiro, Presidente Olegário, São Gonçalo do Abaeté, Patos de Minas, Tiros, Lagoa Formosa, Carmo do Paranaíba, Rio Paranaíba, São Gotardo e Campos Altos.

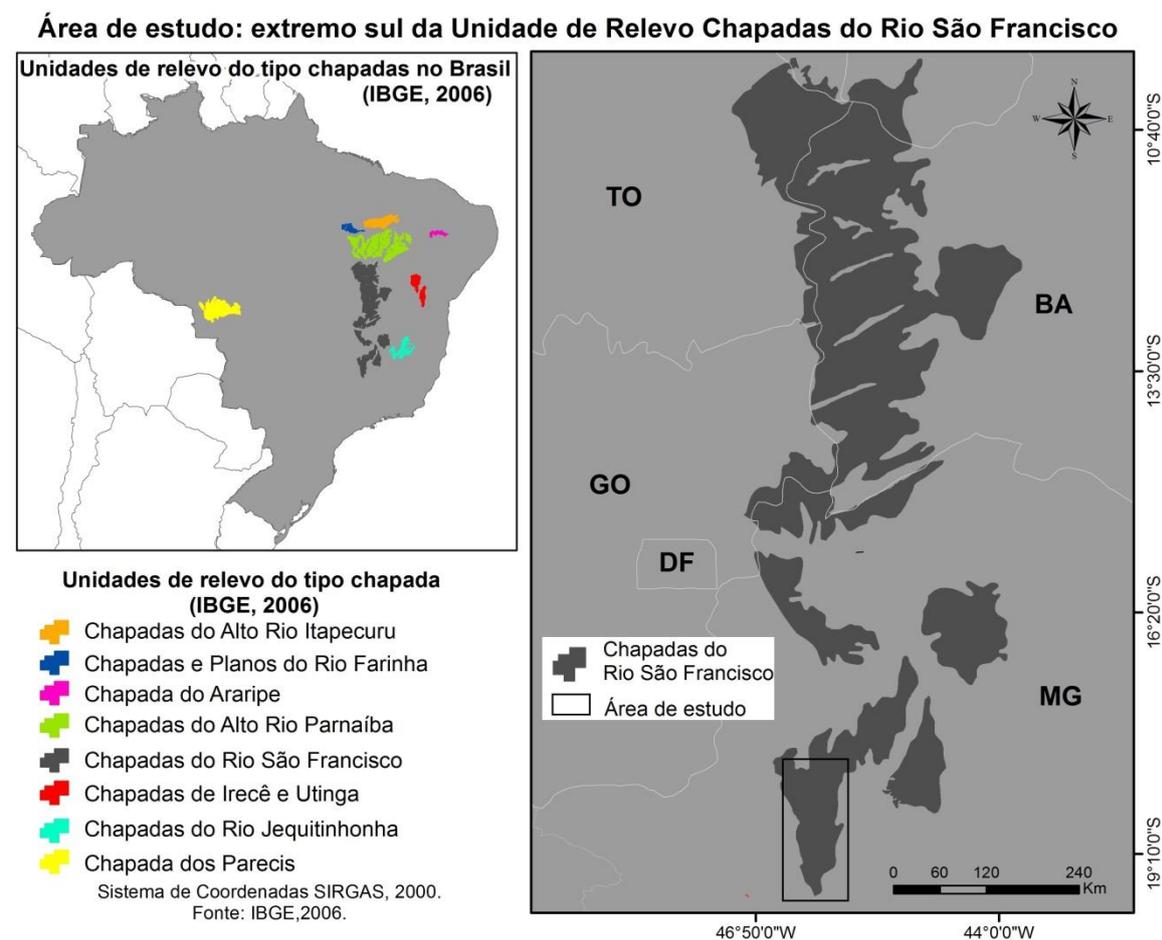


Figura 6.1: Localização da área de estudo: extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, estado de Minas Gerais.

Sua classificação como relevo do tipo chapada se deve às suas características estarem em conformidade com aquelas que, conceitualmente, definem este tipo de paisagem. O cenário geomorfológico desta região é por excelência um relevo do tipo chapada, considerando bibliografias como Guerra & Guerra (2008), Goudie (2004), Florenzano (2008), Press, et al (2006), Ab'Saber (1964), CONAMA 303/2002 e Martins & Salgado (2016). As características paisagísticas dessa unidade, associada à sua localização no bioma Cerrado, favoreceram a ocupação antrópica sobre os extensos chapadões que estão ocupados pela atividade agroindustrial em seus topos e por cerrado mais denso em suas escarpas (Figura 6.2). Cabe destacar que, na área de estudo, as feições do tipo chapada possuem tamanhos variados e estão, majoritariamente, a uma cota altimétrica acima de 1000 m e se localizam no interflúvio entre as Bacias Hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Paraná (Figura 6.3A).



Figura 6.2: Paisagem típica da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco: (A) Chapada típica com escarpas com cerrado mais denso; (B) Topo da Chapada dominada pelo Agronegócio.

Em termos geológicos, essa unidade de relevo está inserida no Cráton do São Francisco, o qual corresponde a uma unidade geotectônica do Proterozóico superior

moldada no Evento Brasileiro (450-700 Ma) (VALADÃO, 1998) recoberta pelas coberturas fanerozóicas que abrangem a bacia sedimentar Sanfranciscana. Os litotipos aflorantes constituem associações rochosas neoproterozóicas do Grupo Bambuí e espessas coberturas cretáceas que compõem os grupos Areado e Mata da Corda (Figura 6.3B).

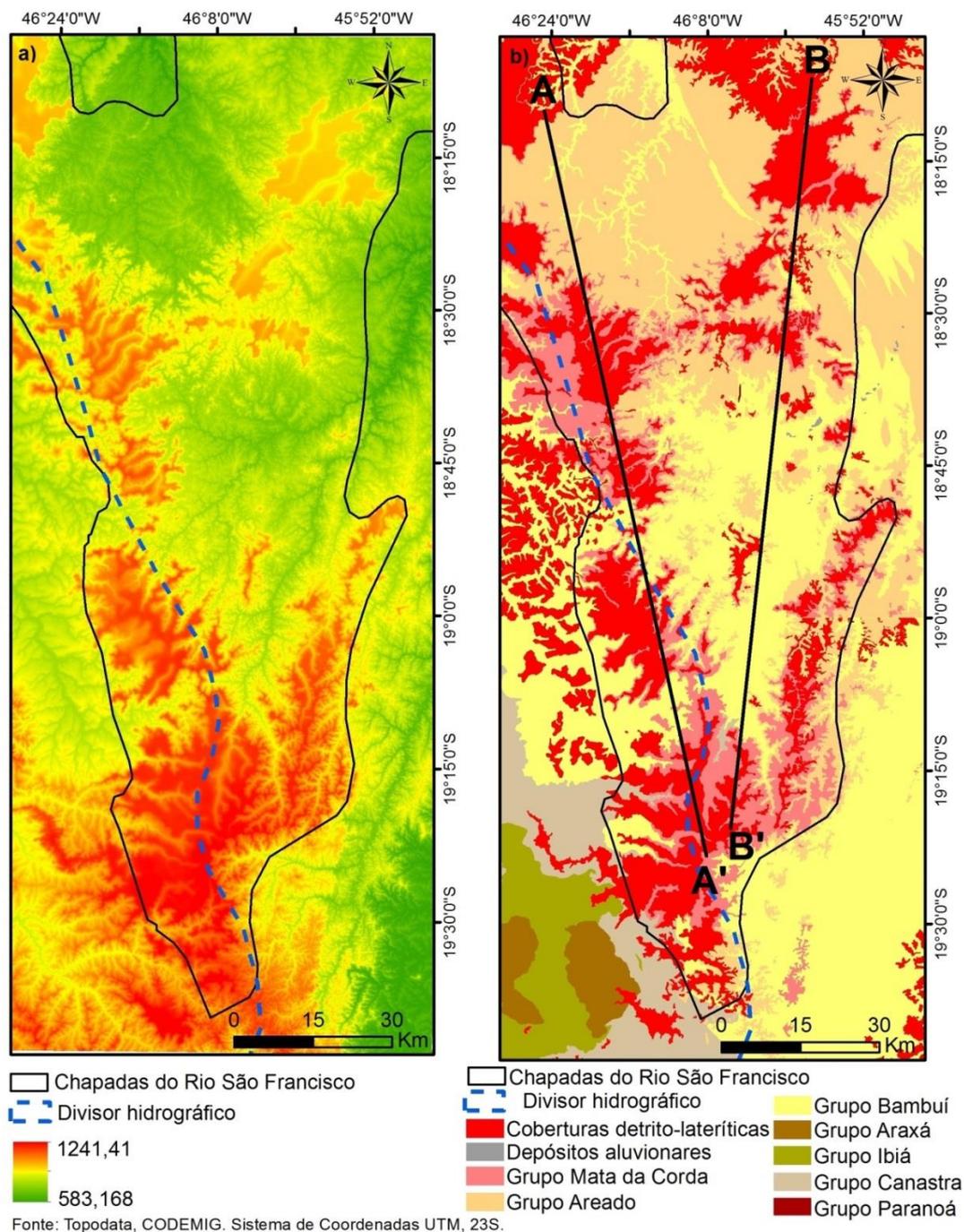


Figura 6.3: a) Hipsometria e b) litologia no extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco e o limite entre as bacias hidrográficas do Rio Paraná à esquerda e do Rio São Francisco à direita.

Ambos os grupos, segundo Campos & Dardene (1997) apresentam marcante sub-horizontalidade e foram depositados sobre uma superfície bastante regular graças ao truncamento das coberturas metassedimentares deformadas que compõem o embasamento da bacia. Já as unidades terciárias datam do Neógeno correspondem às coberturas detríticas e detrito-lateríticas que geralmente revestem a superfície somital das chapadas.

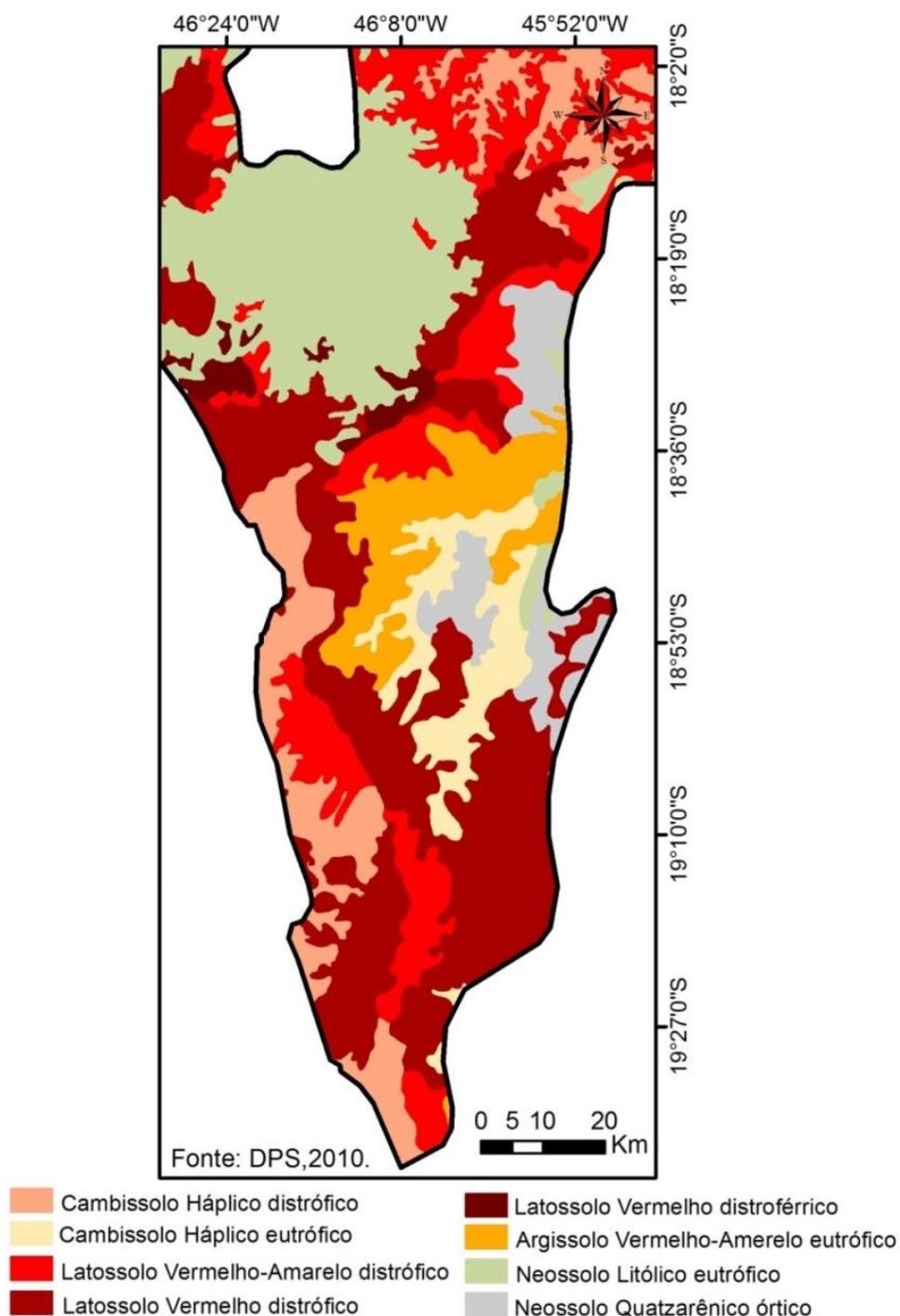
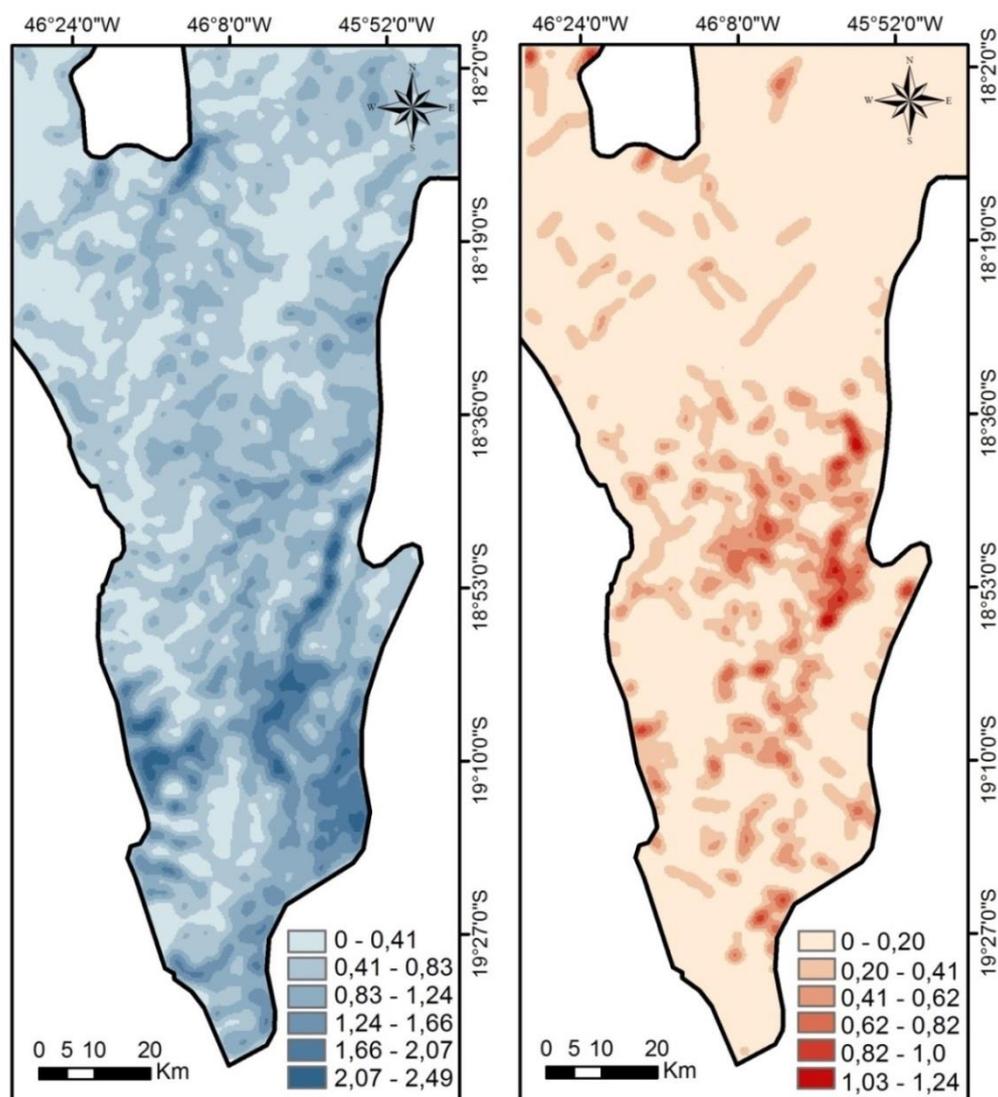


Figura 6.4: Principais classes de solos no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco. Fonte: UFV/DPS, 2010.

Ocorrem diferentes classes de solos (Figura 6.4), com predomínio de Latossolos, dos quais 34,12% são de Latossolos Vermelho e 18,46% de Latossolos Vermelho-Amarelo. Ocorrem também 26,23% de Neossolos, 15,15% de Cambissolos e 6,03% de Argissolos.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na região em estudo, a Dd (densidade de drenagem) varia, dentro do limite da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, de 0 a 2,49 km/km^2 (Figura 6.5A), enquanto que a DI (densidade de lineamentos) varia de 0 a 1,24 km/km^2 (Figura 6.5B).



Fonte: CODEMIG. Sistema de Coordenadas UTM, WGS,84,23S.

Figura 6.5: Densidades a) de drenagem e b) de lineamentos no extremo sul da unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.

Os diagramas de rosetas demonstraram que a rede de drenagem possui direção diversificada, com maior frequência absoluta tanto a NW-SE, em N40W e N70W, quanto a NE-SW, em N80E. Já o comprimento absoluto apresenta duas direções preferenciais, a NW-SE em N40W e em N60W e a NE-SW em N50E e em N10E (Figura 6.6). Por sua vez, os lineamentos estruturais – falhas e fraturas – demonstram, pela frequência absoluta, direção preferencial de NW-SE variando em torno de N40W, N20W, N30W e N50W. No comprimento absoluto a deflexão de NW-SE também é marcante, variando, principalmente, entre N50W e N20W (Figura 6.7).

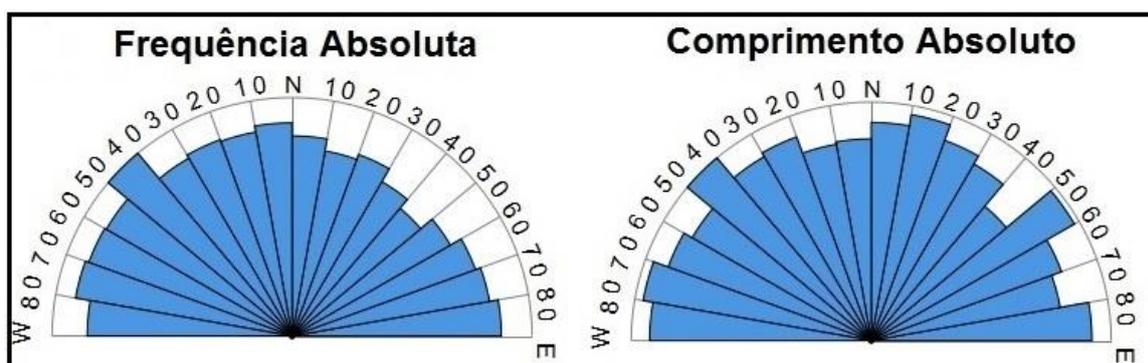


Figura 6.6: Diagrama de rosetas em **frequência absoluta** e **comprimento absoluto** da hidrografia no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.

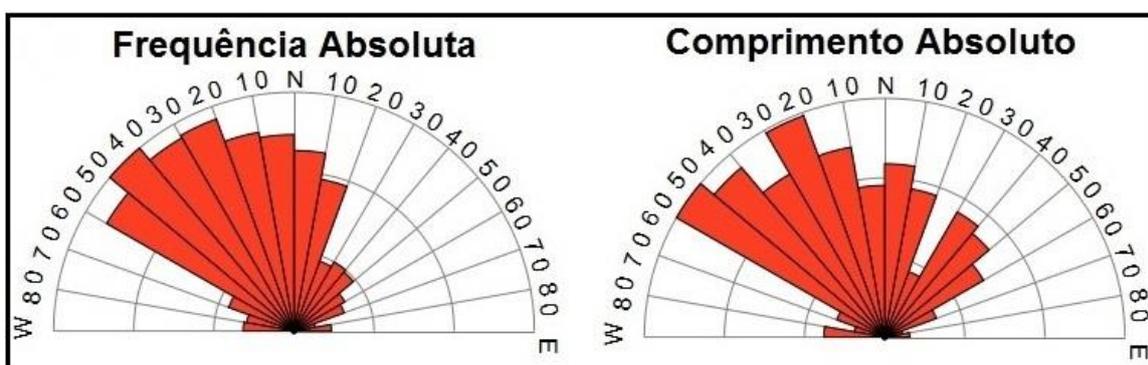


Figura 6.7: Diagrama de rosetas em **frequência absoluta** e **comprimento absoluto** dos lineamentos morfoestruturais de Falhas e Fraturas no extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.

No que se refere à análise do FSTT (Fator de Assimetria Topográfica Transversal) nos afluentes do rio Paraná as mesmas permaneceram com média entre 0,01 e 0,49 e desvio padrão entre 0,15 a 0,38 (Figura 6.8). Quanto ao FABD, dentre as 15 sub-bacias hidrográficas analisadas no Rio Paraná, 26,6 % indicaram valores entre 45 e 55, 40% entre 55 e >65 e 33,3% entre 45 e <35 (Figura 6.8). Já as sub-bacias do Rio São Francisco apresentaram média do FSTT entre 0,05 a 0,48 e desvio padrão entre 0,09 a

0,38. Quanto ao FABD, dentre as 15 sub-bacias hidrográficas analisadas no Rio São Francisco, 20% indicaram valores entre 45 e 55, 46,66% entre 55 e >65 e 33,33% entre 45 e <35 (Figura 6.8).

O perfil 1 (A-A') (Figura 6.9), traçado a leste da área de estudo (Figura 6.3), demonstra altitudes mais elevadas, majoritariamente acima de 1.000 m e com maior quantidade de platôs separados por cursos d'água. Já o perfil 2 (B-B'), a leste do recorte espacial em questão, demonstra menores altitudes e menor quantidade de platôs (Figura 6.9). Por fim, a análise qualitativa da paisagem realizada através de trabalho de campo, reafirmou que o relevo regional é caracterizado principalmente pela existência de Chapadas em seu formato tradicional.

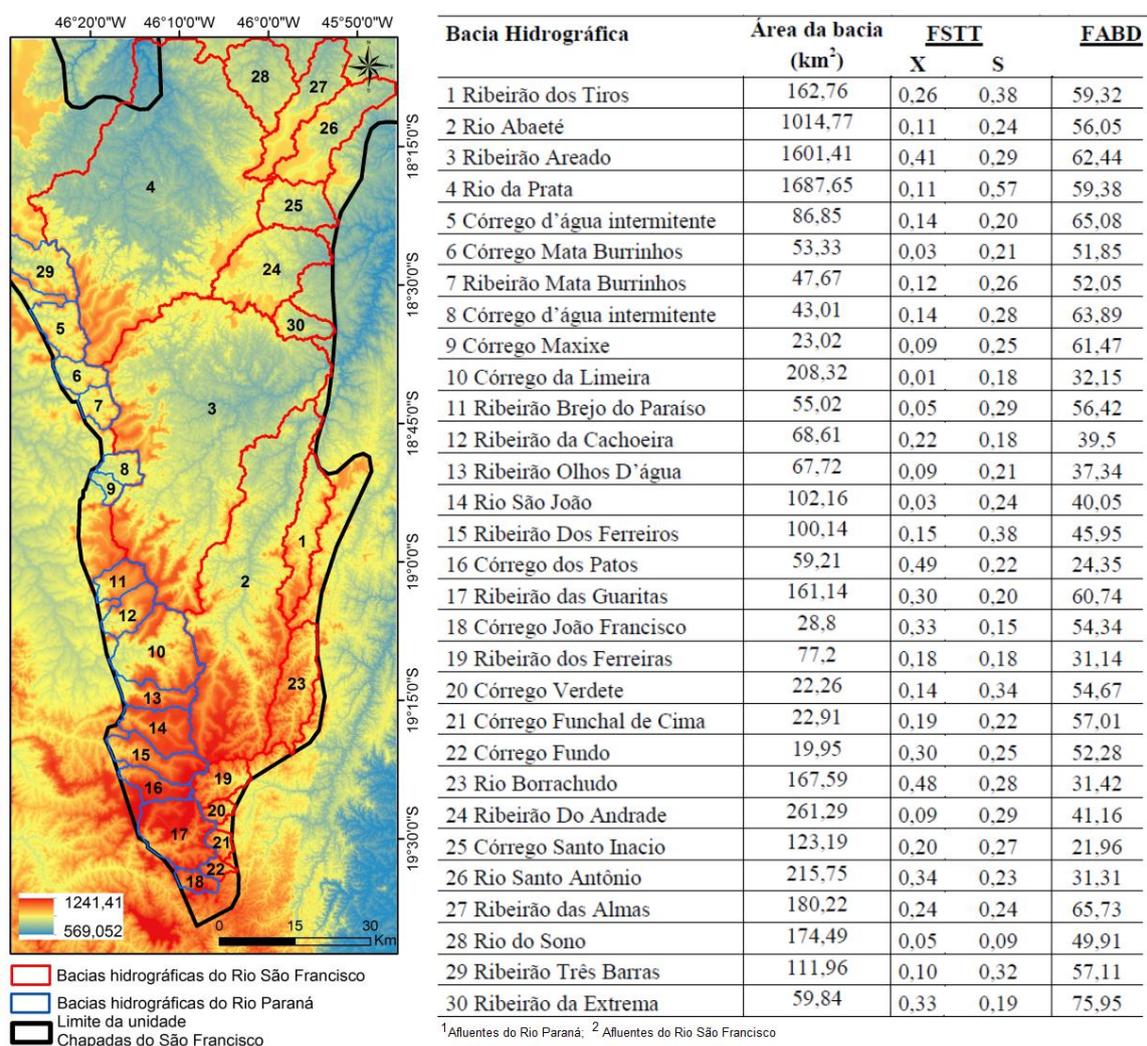


Figura 6.8: Bacias hidrográficas e seus respectivos valores de área total, Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT) com a média (X) e o desvio padrão(S), e o valor do Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) no extremo sul das Chapadas do Rio São Francisco, Minas Gerais.

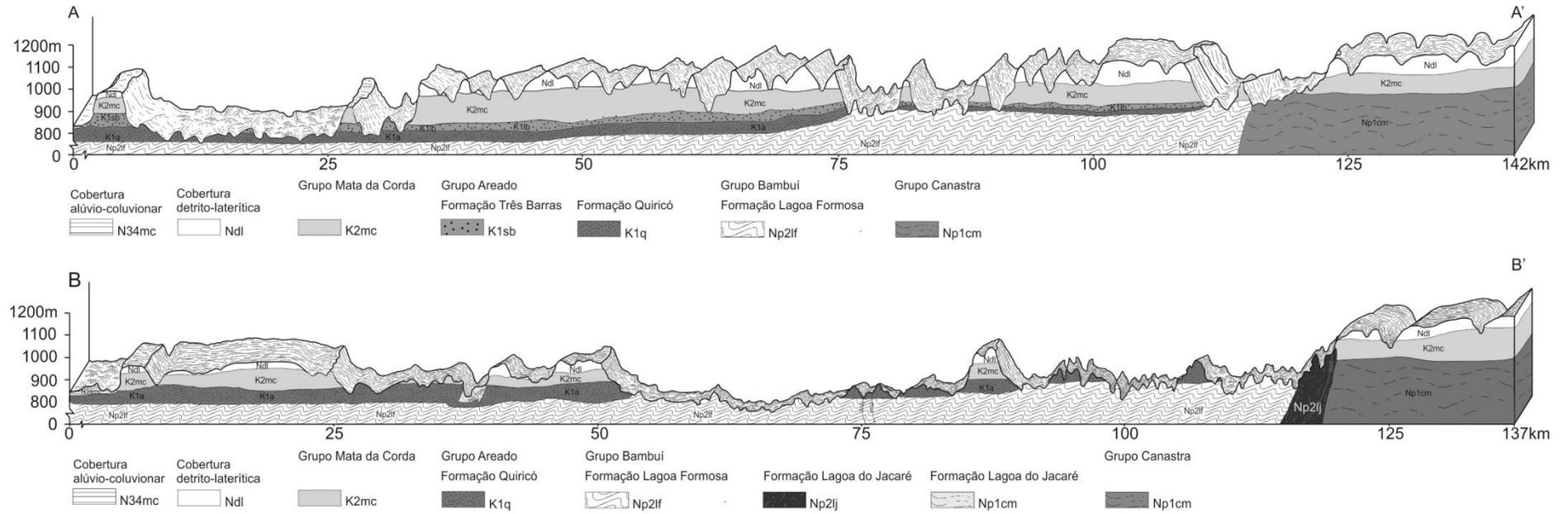


Figura 6.9: Perfis topográficos cruzando o extremo sul da Unidade de relevo Chapadas do Rio São Francisco nas direções (A-A') NW-S e (B-B') NE-S. Os perfis estão localizados no mapa geológico correspondente à Figura 3b.

Em termos de discussões, a Dd é influenciada por diversos fatores, dentre eles o comportamento hidrológico das rochas, alternância climática, rugosidade do relevo, condicionantes morfoestruturais, dentre outros. De acordo com Swami (1975), Dd com índices em torno de $0,5 \text{ km/km}^2$ indicam uma drenagem pobre e índices maiores que $3,5 \text{ km/km}^2$ indicam bacias excepcionalmente bem drenadas. Beltrame (1994) tem também esta mesma concepção, acrescentando duas faixas intermediárias, em que de $0,50$ a $2,00 \text{ km/km}^2$ a Dd é mediana e de $2,01$ a $3,5 \text{ km/km}^2$ a mesma é alta. Considerando esses valores, a área de estudo possui um sistema de drenagem imperante pobre sobre as chapadas, e que varia de mediana a alta entre os platôs. Assim, locais com maior Dd referem-se àquelas áreas que margeiam as chapadas, ou seja, aos cursos de água que estão ativamente dissecando esses platôs. Em contrapartida, as áreas com as menores taxas de Dd estão sobre as áreas de chapada, localizadas, principalmente, no sul, a oeste e a nordeste do recorte espacial em estudo.

Além de uma caracterização quantitativa, o cálculo de densidade da drenagem dá indícios qualitativos desta variável e apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. Nesse sentido, à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.116). Isto está visível na área em estudo, visto que sobre as chapadas encontram-se drenagens de maior comprimento, enquanto que nas porções adjacentes a estes relevos, os cursos d'água estão em maior quantidade e correspondem a cursos de menor ordem hierárquica.

Ao correlacionar a Dd com a variável litológica (figuras 6.3B e 6.5A), percebe-se que os menores índices estão localizados sobre a cobertura detrito-laterítica que recobre as chapadas. Contudo, infere-se que a Dd está mais associada com a topografia suave do que com a litologia, visto que o topo das chapadas apresenta uma topografia plana que dificulta um maior escoamento pluvial. Por sua vez, a Dd aumenta sobre os arenitos localizados, predominantemente, entre as chapadas (figuras 6.3B e 6.5A). Isso mostra que mais importante que a existência do permeável arenito é a rugosidade do relevo e, principalmente a maior quantidade de lineamentos estruturais. Assim, essas variáveis relacionam-se entre si, na medida em que os lineamentos permitem a instalação de um maior número de cursos d'água, e estes atuam esculpindo o relevo e, conseqüentemente resultando numa maior rugosidade do substrato. Essa movimentação do relevo segue também favorecendo o maior escoamento superficial e, por conseguinte, permite a instalação de novos cursos d'água.

Devido à importância estrutural, cabe destacar que os lineamentos estão associados a feições negativas, ou seja, áreas deprimidas, representados pela DI, a qual não é homogênea em toda a área de estudo (Figura 6.5B). Algumas dessas feições negativas referem-se a falhas e fraturas em que houve encaixamento da drenagem como pode ser correlacionado pelos mapas de Dd e DI (Figura 6.5). Essas análises corroboram com o que foi encontrado por Martins et al. (2017), em que, não coincidentemente, os locais com elevada Dd são correspondentes àquelas de alta DI, pois os lineamentos favorecem o escoamento pluvial e a formação de diversos canais de água e seu desenvolvimento hídrico, assim como potencializa a atividade erosiva das bordas das chapadas.

No topo das chapadas a rede de drenagem corre sobre coberturas superficiais latossólicas, as quais auxiliam, juntamente com o relevo tabular, na maior infiltração da água pluvial. Nas áreas adjacentes às chapadas há maior diversidade pedológica (Figura 6.4) e litológica (Figura 6.3B), maior quantidade de lineamentos (Figura 6.5) e um relevo mais íngreme, fatores esses que favoreceram, também, a instalação de uma rede de drenagem mais densa. Não obstante, as observações do espaço físico corroboram com os resultados apresentados por Espíndola & García (1978) em que os latossolos apresentam, de maneira geral, valores de Dd sensivelmente menores que os dos solos podzólicos. No caso deste estudo, a presença de solos permeáveis em terrenos de topografia suave deve ter possibilitado uma menor razão deflúvio/infiltração, que teve reflexos nos baixos valores de Dd.

No que se refere à análise do FSTT (Fator de Assimetria Topográfica Transversal), nos afluentes do rio Paraná não houve elevadas migrações, pois as mesmas permaneceram com média entre 0,01 e 0,33 e desvio padrão entre 0,18 a 0,38 (Figura 6.8). Isto indica que não há um controle neotectônico evidente na região. Quanto ao FABD, dentre as 15 sub-bacias hidrográficas analisadas no Rio Paraná, 26,6 % indicaram pouco ou nenhum basculamento (FABD entre 45 e 55), 40% sugeriram migração média para a margem direita (FABD entre 55 e >65) e 33,3% sugeriram migração média para a esquerda (FABD entre 45 e <35) (Figura 6.8).

As sub-bacias do Rio São Francisco apresentaram média do FSTT entre 0,05 a 0,48 e desvio padrão entre 0,09 a 0,38 (Figura 6.8). Quanto ao FABD, dentre as 15 sub-bacias hidrográficas analisadas no Rio São Francisco, 20% indicaram pouco ou nenhum basculamento (FABD entre 45 e 55), 46,66% sugeriram migração média para a margem

direita (FABD entre 55 e >65) e 33,33% sugeriram migração média para a esquerda (FABD entre 45 e <35) (Figura 6.8).

Como pode ser verificado nos diagramas de roseta (figuras 6.6 e 6.7), apesar da direção preferencial dos lineamentos (NW-SE) ser compatível com os da drenagem, esta última também tem outras direções preferenciais. Neste caso, a estrutura parece estar influenciando principalmente os cursos de menor ordem, nos afluentes dos cursos principais que dissecam a área de estudo. Isso porque conforme os dados de FSTT e FABD, as sub-bacias analisadas em sua maioria não possuem controle neotectônico evidente e, tampouco forte migração de seus canais. Assim, apesar de ter sido possível correlacionar Dd e Dl, a rede de drenagem apresenta direção muito diversificada, o que é próprio de ambientes de clima tropical úmido e, em parte, coincide com o direcionamento dos lineamentos estruturais.

Neste contexto é possível verificar que as chapadas estão preservadas exatamente nas áreas menos falhadas e fraturadas, fato que reforça a hipótese de que a morfogênese da paisagem está ligada ao encaixamento da rede de drenagem ao longo das fraquezas estruturais. Tendo a estrutura geológica como facilitador do escoamento pluvial, pode-se confirmar a sequência de processos que resultam na formação dos relevos do tipo chapada de acordo com Martins & Salgado (2016). Assim, após o escoamento superficial utilizar da porosidade secundária para atuar preferencialmente, ocorre “(...) o processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, têm sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.” (Figura 6.10).

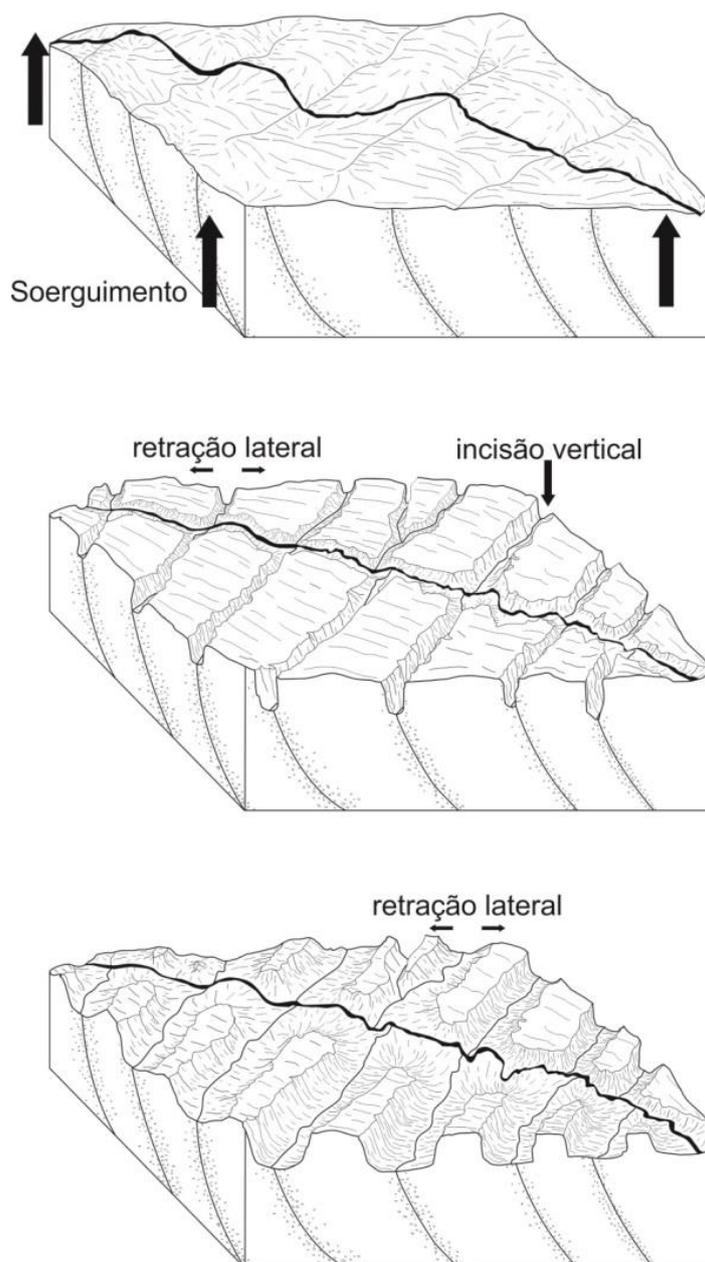


Figura 6.10: Modelo hipotético de morfogênese na região das Chapadas do Rio São Francisco. Ilustração: Henrique Amorim Machado.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre Dd e Dl comprova que a morfogênese da paisagem investigada está relacionada a alterações no nível de base regional que fazem a rede de drenagem encaixar nas zonas de fraqueza estrutural e dissecar o relevo, segmentando assim o planalto original e individualizando as chapadas. Logo, foi possível concluir que a região das Chapadas do Rio São Francisco constitui uma paisagem com morfogênese associada aos tradicionais modelos evolutivos do relevo para paisagens do tipo Chapada.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil as paisagens de Chapada são recorrentes e ocupam grandes extensões. Não obstante sua grandeza espacial, elas também asseguram uma paisagem peculiar de extrema beleza cênica, além de se mostrarem funcionais à manutenção da biodiversidade e da vida humana, provendo um ambiente favorável à instalação de diversas atividades humanas, com destaque à agricultura tecnificada.

Apesar das múltiplas funcionalidades - ecológica, social e econômica – já evidenciadas por essa forma de relevo, verificou-se que não há, até então, bibliografias que a abordem de maneira completa e em sua devida complexidade. Ao contrário, as explicações sobre sua ocorrência encontram-se, muitas vezes, de forma segmentada, simplificada, quando não, simplista, dispostas em diversas obras que não dialogam entre si.

Por isso, devido ao reconhecimento de sua importância e das limitações que a circundam, esta pesquisa se desdobrou sobre os múltiplos aspectos que envolvem as discussões acerca das formas de relevo do tipo chapada em território brasileiro: conceitual, científico, legal e prático, visto que por ser a Geomorfologia uma ciência subsidiária ao planejamento ambiental e ordenamento territorial, ela é de grande valia para elaboração dos instrumentos legislativos.

Nesta lógica, analisou-se de maneira crítica a aderência entre conceitos científicos existentes na bibliografia geomorfológica com a ocorrência real das chapadas já então mapeadas pelo IBGE (2006) em território nacional. Destacou-se, também, o conceito de chapadas utilizado pela legislação, visto que este é importante, pois constitui base para a prática da preservação ambiental dessas áreas. Além dos aspectos morfológicos, os quais embasam, sobretudo, os parâmetros legislativos, foram também eleitas duas áreas representativas das paisagens do tipo chapada - Chapada das Mesas e Chapadas do Rio São Francisco - para discussão de seus aspectos morfogenéticos e sua correspondência com os modelos de evolução de longo termo referenciados nos clássicos geomorfológicos.

Para tanto, foi necessário compilar diversos trabalhos sobre a temática, analisar e estabelecer um diálogo entre as informações estudadas, além de gerar outros dados que possibilitaram esclarecer pontos ainda obscuros e, assim, avançar nas discussões conceituais e de gênese das chapadas no Brasil.

Neste sentido, verificou-se no Capítulo 3 que a aderência entre a legislação e as oito (8) unidades de relevo classificadas pelo IBGE (2006) como paisagens do tipo chapada é fraca, pois a lei não reflete a realidade. Assim, a Resolução CONAMA 303/2002, que constitui documento oficial a ser seguido para que uma paisagem de chapada tenha sua preservação ambiental assegurada, demonstrou inconformidade quanto ao seu propósito, pois quase todas, senão todas, as áreas denominadas de chapada pelo IBGE não são vistas como tal pela legislação e, por isso, não terão sua proteção ambiental efetivada. Logo, ao contrário do que faz pensar a legislação CONAMA, as chapadas, apesar de sua complexidade e importância, não estão protegidas pela lei.

Não obstante a falta de aderência entre legislação e o órgão oficial do Brasil (IBGE), também não foi possível identificar as bases que dão suporte a ambas, pois diversos parâmetros legais, utilizados na classificação de um relevo como chapada, não estão referenciados pela literatura geomorfológica, assim como os profissionais que compõem o IBGE não conseguiram esclarecer quais os critérios utilizados para a diferenciação das diversas unidades de relevo do Brasil. Por ser o IBGE o órgão geográfico oficial do Brasil e a legislação um instrumento de ordenamento territorial, é inadmissível a falta de diálogo e de padrões entre ambos.

Este problema se expande à medida que se verifica que as chapadas estão localizadas em áreas de evidente expansão da fronteira agrícola, ou regiões em que essa prática econômica já está consolidada, o que leva a um choque de interesses entre preservação e produção, dificultando o planejamento ambiental.

Entende-se, portanto que, tanto a legislação quanto o IBGE, por não terem bases teóricas bem definidas, deveriam considerar a bibliografia científica em Geomorfologia para auxiliar nas definições propostas. Contudo, essa sugestão revela-nos ainda outro grave problema, pois, como verificado no Capítulo 4, a literatura geomorfológica também possui inconsistências e não se mostrava completa, objetiva e aplicável a ponto de dar o suporte necessário à legislação. Neste sentido, o próprio Capítulo 4 desta Tese tenta colaborar com a questão ao formular uma definição de Chapada amparada na opinião de especialistas. Entretanto, verifica-se que o problema referente à eficácia da legislação tenderá a perdurar, pois há no Brasil uma quase completa ausência de diálogo entre a academia e os legisladores. A academia brasileira quando aborda questões ambientais nem sempre é científica, pois abusa do discurso retórico (CARVALHO,

1996). Por sua vez, o poder legislativo é muito suscetível a pressão econômica e tende a renegar para segundo plano as questões ambientais.

De qualquer modo, a própria definição de Chapada levantada com ajuda dos especialistas no Capítulo 4 apresentou problemas, pois o Capítulo 5, ao embasar a pesquisa em um estudo de caso, demonstrou que essa definição era incompleta. De fato, conceituar objetos não é fácil, pois pressupõe utilizar da simplicidade para que o mesmo possa abranger esses objetos cujas características são similares. Caso os conceitos adentrem suas peculiaridades, eles deixariam sua função principal, a de unir aqueles que possuem similaridade em suas características principais e mais marcantes.

De maneira a entender como a construção do conhecimento se estrutura, Carvalho (1996) ressaltou que a origem do conhecimento se dá a partir das sensações, as quais ficam retidas na memória. Porém, não como um mero registro passivo, mas sim, como faculdade imaginativa que combina e funde as imagens, criando novos padrões. Assim, a mente recombina essas imagens, esquematizando-as, selecionando-as e simplificando-as, de modo que uma multiplicidade de imagens parecidas uns com os outros possa se condensar numa imagem única. A imaginação organiza os conteúdos da memória em imagens sintéticas, ou esquemas, que designam as coisas espécie por espécie, e não unidade por unidade. Nesta lógica, para reconhecer a ideia de Chapada, não seria necessário recordar, uma por uma, todas as chapadas que já se viu, mas sim, produzir na imaginação uma só imagem esquemática desta geoforma e esta indicaria todas as demais. Seria, pois, a imagem prototípica, indicando a “essência” da Chapada e que abarca sinteticamente todas as chapadas. Assim, é a imaginação que faz a ponte entre o conhecimento sensorial e o pensamento lógico.

Desta forma, o próprio conceito de Chapada elaborado pelos especialistas no Capítulo 4 constitui uma simplificação imaginativa que é útil, mas restrita para a classificação de todas as Chapadas existentes no território brasileiro. De fato, já se sabe desde Aristóteles que o conhecimento se constitui de uma série de filtrações, seleções e estruturas progressivas, que começam nos sentidos (na experiência) e culminam na estruturação racional do conhecimento (CARVALHO, 1996). O conhecimento não vem da experiência, nem da razão, mas sim da estruturação racional da experiência depositada na memória e depurada pela imaginação. Por isso a dificuldade em se representar a realidade a partir de modelos teóricos, pois estes tendem a ser simples e, muitas vezes simplistas, não sendo pertinentes para determinadas finalidades, como, por exemplo, uma tomada de decisão.

Apesar destas limitações, é importante usufruir das vantagens que traz o choque das ideias e do confronto dos conceitos das diferentes escolas de geomorfologia, por se tornarem mais amplas e completas as visões das questões abordadas a partir de diversos pontos de vista. Neste contexto, o Capítulo 4 cumpriu seus objetivos, pois permitiu elaborar um conceito base que pode ser útil na compreensão das características, morfogênese e para a proteção ambiental das Chapadas. Além disso, junto ao Capítulo 3 chamou a atenção para o que há de duvidoso ou impreciso nas teorias científicas e na legislação. Logo, a definição de Chapadas levantada no Capítulo 4, mesmo possuindo limitações, colabora para o avanço das discussões propostas e da legislação, pois mostrou ser possível alcançar um conceito para relevo do tipo Chapada a partir do esforço de mais de vinte e dois (22) especialistas na área de Geomorfologia. Este conceito tem maior coerência com a realidade e está em concordância com as áreas assim classificadas pelo IBGE em seu mapeamento do relevo brasileiro do ano de 2006.

A definição de Chapada obtida no Capítulo 4, mesmo com a utilização de diversos parâmetros em que há um valor fixo a ser contemplado (declividade do topo; categoria litológica; declividade da borda e mergulho de camadas), constatou que a realidade, em sua dinâmica e inconstância, pode ter considerável parte de suas características representadas. Este fato comprova a utilidade dos modelos, pois os mesmos aproximam a teoria da realidade. De fato, embora seja de conhecimento geral que os modelos são meras representações e nem sempre coincidem fielmente com a realidade, eles correspondem a reflexões que visam uma aplicabilidade e, portanto, atitudes práticas, sendo, por isso, necessários. Entretanto, o Capítulo 4 quando analisado à luz dos capítulos posteriores deixa claro que é imprescindível que os profissionais possam assumir que as teorias devem corresponder a essa natureza dinâmica e descontínua e, portanto, não o contrário, em que se pretende que a realidade, forçosamente, se encaixe em modelos utópicos e irreais. Nesse sentido, o presente trabalho não constituiria uma Tese se não tentasse comparar o modelo teórico elaborado no Capítulo 4 com a realidade de uma ou duas regiões. E esse foi o esforço feito nos capítulos 5 e 6. Obviamente esse esforço era necessário, pois como ressaltou Leuzinger (1948), a utilização das teorias em geomorfologia aplicada ao estudo das paisagens por método dedutivo é mais sedutor e cômodo que o método indutivo, mas capaz de conduzir facilmente a erros.

O Capítulo 5 demonstrou que na região da Chapada das Mesas, uma das áreas de chapada do referido estudo, a constituição do relevo está em parte associada à

ocorrência de formas e dinâmicas cársticas (em substrato siliciclástico). Essa associação entre chapadas e processos cársticos é completamente nova para a Geomorfologia internacional. A literatura especializada supunha que a gênese das chapadas estava associada aos modelos tradicionais superficiais de gênese do relevo conforme elaborado teoricamente no Capítulo 4. Deste modo, esta Tese tem a originalidade de se contestar no seu próprio escopo. Entende-se que esse não seja um problema em si, mas uma vantagem, pois evidencia a dificuldade de se testar a realidade pelas teorias e, paralelamente, demonstra uma nova morfogênese para o relevo do tipo Chapada.

O contato com o objeto de estudo – Chapada - na região da Chapada das Mesas demonstrou a dissecação da paisagem por meio dos cursos de água superficiais, como já preconizado pelos estudos geomorfológicos que se referem a essas áreas de relevo tabular. Concomitante houve a ação de drenagens subterrâneas, as quais também irão exercer influência em superfície, potencializando esses processos já em curso. Tanto em superfície quanto em subsuperfície a drenagem segue os lineamentos estruturais como caminho preferencial ao seu escoamento. Enquanto em superfície há instalação da rede hidrográfica, em subsuperfície existe toda uma “arquitetura” cárstica sendo estruturada, com ductos e túneis, os quais se constituirão em uma futura fragilidade para essa paisagem como um todo. Essa fragilidade se revela por meio do colapso desses ductos, túneis e cavernas, as quais, devido ao abatimento do seu teto são exumadas e passam a comportar os cursos d’água superficiais. Estes, por sua vez, adentram essas estruturas com maior velocidade devido à mudança de nível de base acometida, potencializando o trabalho dos rios na contínua esculturação da paisagem. A associação entre processos superficiais e subterrâneos (carste) trazem ao pesquisador uma interpretação desta paisagem que se distancia dos modelos de longo termo existentes na bibliografia.

Por sua vez, o Capítulo 6 mostrou que, diferente das Chapadas das Mesas, as Chapadas do Rio São Francisco comportam uma morfogênese mais “tradicional”, ou seja, que se encaixa melhor nos modelos de evolução de longo termo como o presente no Capítulo 4. Nesta óptica, a unidade de relevo das Chapadas do Rio São Francisco possui uma evolução associada ao encaixe da rede de drenagem sobre as áreas com maior quantidade de porosidade secundária e, conforme as análises, os cursos d’água que encaixam são majoritariamente aqueles de menor ordem hierárquica. Em seguida à instalação da drenagem, uma mudança no nível de base regional potencializa a ação fluvial concomitantemente ao seu encaixe no substrato rochoso. Após entrar em maior

equilíbrio com o novo nível de base, as vertentes começam a ser degradadas por *backwearing* e os vales são alargados individualizando os platôs.

As duas áreas de estudo referem-se a paisagens típicas de chapada e são assim classificadas pelo IBGE, bem como se inserem nas classificações de chapadas preconizadas por diversas bibliografias. Contudo, apesar de serem duas paisagens semelhantes, elas têm processos morfogenéticos diferentes, os quais ultrapassam o conhecimento até então preconizado nos clássicos geomorfológicos. Assim, as Chapadas do Rio São Francisco se mantêm dentro do “padrão” esperado para que este tipo de relevo seja construído, enquanto que as Chapadas das Mesas vai além dos processos mencionados na literatura para paisagens do tipo Chapada, pois sofre influência da dinâmica cárstica.

Os resultados das análises indicaram que estas são geofomas poligenéticas, ou seja, exemplificam o conjunto de geofomas que pode ser gerado por diferentes tipos de gênese. Nesse sentido, a presente Tese não se constitui somente de diversas reflexões acerca da temática Chapadas, mas, também, coube a ela trazer um conhecimento novo para a comunidade científica internacional.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

- AB'SABER. **O relevo brasileiro e seus problemas**. In: Brasil – a terra e o homem. Org: Aroldo de Azevedo. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1964.
- AGUIAR, G. A. Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. **XXV Congresso Brasileiro de Geologia**, v. 3, p.113-122. São Paulo: SBG. 1971.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Reviews**, v. 17, p. 1-29, 1981.
- ASTER *Global Digital Elevation Model*. <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>. Acesso em: 10 Agosto, 2014.
- BARRETO, A. B. C.; MONSORES, A. L. M.; PIMENTEL, J. Modelo de favorabilidade hidrogeológica em aquíferos fissurais – a utilização de técnicas de geoprocessamento no cristalino do estado do Rio de Janeiro. **IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste**. p. 467- ,475, 2001.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p
- BORODA R., MATMON A., AMIT R., HAVIV I., ARNOLD M., AUMAÎTRE G., BOURLÈS D. L., KEDDADOUCHE K., EYAL Y., ENZEL Y. Evolution and degradation of flat-top mesas in the hyper-arid Negev, Israel revealed from ¹⁰Be cosmogenic nuclides. **Earth Surface Processes and Landforms**. v.39, p.1611-1621. Set, 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato_2011_2014/2012/lei/L12727.htm> Acesso em: 2 Julho, 2014.
- BRASIL 12 DEZ. 2005. Decreto de criação do PARNA chapada das mesas http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-006/2005/Dnn/Dnn10718.htm
- BRAUCHER, R., MERCHEL, S., BORGOMANO, J., BOURLÈS, D.L. Production of cosmogenic radionuclides at greath depth: a multi element approach. **Earth and Planetary Science Letters**, v.309, p.1-9, Set, 2011.
- BROWN E. T., STALLARD R. F., LARSEN M. C., RAISBECK, G. M., YIOU, F. Denudated rates determined from accumulation of in situ produced ¹⁰Be in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. **Earth Planetary Science Letters**. v.129, p.193-202, Jan, 1995.
- CAMPOS, J. E. G.; DARDENE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, n.3, p. 269-282, Set,1997.
- CARVALHO, Olavo. **Aristóteles em Nova Perspectiva: Introdução à Teoria dos Quatro Discursos**. Rio de Janeiro. TopBooks, 1996.

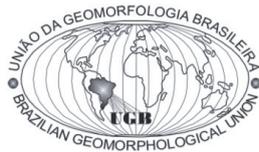
- CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.
- CHMELEFF, J., BLANCKENBURG, F. V., KOSSERT, K., JAKOB, D. Determination of the ^{10}Be half-life by multicollector ICP-MS and liquid scintillation counting. **Nucl. Instr. Meth Res.**, v. 253(2). P.192-199, 2010.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 303, 20 de Março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>> Acesso em: 2 Julho, 2014.
- COX, R. T. Analysis of Drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. **Geological Society of American Bulletin, University of Columbia**, v. 106, n. 5, p. 571-581, Maio, 1994.
- DICIONÁRIO AURÉLIO. Disponível em <http://www.dicionariodoaurelio.com/>. Acessado em 20 de Junho de 2014.
- DICIONÁRIO MICHAELIS. Disponível em <http://michaelis.uol.com.br/>. Acessado em 20 de Junho de 2014.
- DICIONÁRIO PRIBERAM. Disponível em <http://www.priberam.pt/DLPO/>. Acessado em 20 de Junho de 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Brasil em Relevo. *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>. Acesso em: 2 de Agosto, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 2013. 353p.
- ESPÍNDOLA, C.R.; GARCIA, G.J. Interpretação fotográfica de redes de drenagem em diferentes categorias de solos. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.18, p.71-94, 1978.
- FLORENZANO T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GONZALEZ. V. S, BIERMAN. P. R, NICHOLS. K. K, ROOD. D. H. Long-term erosion rates of Panamanian drainage basins determined using in situ ^{10}Be , **Geomorphology**, v. 275, p. 1-15, Dez, 2016.
- GOUDIE A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. New York, Routledge Taylor & Francis, 2004.
- GRANGER, D.E., KIRCHNER, J.W., FINKEL, R. Spatially averaged long-term erosion rates measured from in situ-produced cosmogenic nuclides in alluvial sediment. **Journal of Geology**. v.104, n.3, p.249- 25, Maio, 1996.

- GUERRA A. T., GUERRA A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2008.
- HARE, P. W; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. *In: Annual Binghamton Geomorphology Symposium, Anais*. Boston, 1985.
- INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.
- INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de Unidades do Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000, 2006. Disponível em ftp://geofpt.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf. Acesso em 20 de Junho de 2014.
- MARTINS F. P., SALGADO A. A. R., CARMO F. F., MAFRA M. A. As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n. 3, p. 387-398, 2015.
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. R. A. Chapadas do Brasil: abordagem científica e conceitual. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n. 1, p.163-175, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17il.806.
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; BARRETO, H. N. Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão-Tocantins): Paisagem cárstica e poligenética. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 623-635, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i3.1180.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; CENTRO NACIONAL DE PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS. Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais do Parque Nacional da Chapada das Mesas. 2007.
- MORAES, R. C e LIMA, L. P. 2007. Utilização de SIG como ferramenta na gestão do Parque Nacional Chapada das Mesas (Carolina/MA) In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, INPE.
- NASCIMENTO, M. S.; GÓES, A. M. Petrografia de arenitos e minerais pesados de depósitos cretáceos (Grupo Itapecuru), Bacia de São Luís-Grajaú, norte do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 37, n.1, Mar, 2007.
- Korschinek, G. Bergmaier, T. Faestermann, U.C. Gerstmann, K. Knie, G. Rugel, A. Wallner, I. Dillmann, G. Dollinger, Ch. Liese von Gostomski, K. Kossert, M. Maiti, M. Poutivtsev, A. Remmert. A new value for the half-life of ^{10}Be by heavy-ion elastic recoil detection and liquid scintillation counting. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B**, v. 268, p. 187-191, 2010.
- LAL, D. Cosmic ray labeling of erosion surfaces: in situ production rates and erosion models. **Earth Planet. Sci. Lett.**, v.104, p.424-439, 1991.

- Leuzinger, V.R. **Controvérsias geomorfológicas**. Jornal do Comércio-Rodrigues e C. R. de Janeiro, 1948.
- Plummer, F.B. 1946. Report on Maranhão-Piauí Geosyclinae. PETROBRÁS, DIREX/RENOR, Belém, Relatório 1M. 83 p.
- PRESS F., SIEVER R., GROETZINGER J., JORDAN T. H. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre, Artmed. 2006, 656p.
- RABELO, C. E. N.; NOEGUEIRA, A. C. R. O sistema desértico úmido do jurássico superior da Bacia do Parnaíba, na região entre Formosa da Serra Negra e Montes Altos, Estado do Maranhão, Brasil. 2015.
- SALGADO, A. A. R. ; MARENT B. R. ; CHEREM L. F. ; BOURLÉS, D. ; SANTOS, L. J. C. ; BRAUCHER, R ; BARRETOS, H. N. . Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ¹⁰Be concentration in river sediment. *Earth Surface Processes and Landforms*, p. 311-319. 2014.
- SALGADO, A.A.R.; BUENO, G.T.; DINIZ, A. D.; MARENT, B. R. Long-Term Geomorphological Evolution of the Brazilian Territory. In: VIEIRA B.C.; SALGADO A.A.R.; SANTOS. L.J.C. **Landscapes and Lanforms of Brazil**. London: Springer, 2015, p. 19-31.
- SALGADO, A.A.R.; REZENDE, E. de A. ; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; DA SILVA, J. R.; GARCIA, R. A. Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced ¹⁰Be concentrations in river-borne sediments. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 67, p. 89-99, 2016.
- STRAHLER, A.N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 63, p. 923-938, 1952.
- SWAMI, Hidrologia Aplicada. 1975.
- VALADÃO C. R. Evolução de longo termo do relevo do cráton do São Francisco (desnudação, paleosuperfícies e movimentos crustais). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador. PhD Thesis. 343p. 1998.
- VALERIANO, M.M. & ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**. v.32, p. 300-309, 2012.
- Vaz, P T, Rezende, N G A M, Wanderley Filho, J R, et al.. 2007. A Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, n.2, 253-263, maio/nov.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p.

A N N E X O S

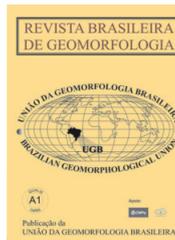
Anexo 1



www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 16, nº 3 (2015)



AS CHAPADAS BRASILEIRAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: CONFLITO DE CONCEITOS

THE TABLELANDS OF BRAZIL AND THE ENVIRONMENTAL LEGISLATION: CONFLICT OF THE CONCEPTS

Fernanda Pereira Martins

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 31.270-901, Brasil
Email: martinsgeo@hotmail.com.br*

André Augusto Rodrigues Salgado

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 31.270-901, Brasil
Email: aarsalgadoufmg@gmail.com*

Flávio Fonseca do Carmo

*Instituto Pristino
Rua Santa Maria Goretti, 86. Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30.642-020, Brasil
Email: pristinoinstitu@gmail.com*

Marcelo Azevedo Maffra

*Promotoria de Justiça do Ministério Público do Meio Ambiente de Minas Gerais
Av. Getúlio Vargas, 946. Patos de Minas, Minas Gerais, CEP: 38.700-128, Brasil
Email: pjssparacatu@mp.mg.gov.br*

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:

11/02/2015

Data de Aprovação:

16/06/2015

Palavras-chave:

Chapadas; Área de Preservação Permanente; Legislação Ambiental.

Keywords:

Tablelands; Permanent Preservation Areas; Environmental Legislation.

Resumo:

As chapadas são geofomas amplamente presentes no território brasileiro. Ocorrem isoladas ou agrupadas na paisagem formando unidades do relevo características, sendo que, no Brasil, o IBGE reconhece um total de oito dessas unidades. Paralelamente, elas são ainda geofomas protegidas pela legislação ambiental, que apresenta uma definição muito específica para considerar uma geofoma como chapada. O presente trabalho tem por objetivo averiguar se a definição legal de chapada no Brasil abrange a ocorrência natural dessa geofoma. A metodologia empregada se baseou em selecionar uma chapada típica de cada uma das oito unidades do relevo reconhecidas no Brasil como sendo esse domínio pelo IBGE e verificar se a mesma possuía as características necessárias para ser legalmente considerada uma chapada. Os resultados obtidos demonstram que, de modo geral, muitas das chapadas brasileiras não se enquadram na definição legal. Desse modo, ao contrário do que se imagina, muitas não estão protegidas pela legislação

ambiental, visto que não serão legalmente consideradas chapadas. Os resultados obtidos indicam ainda a necessidade de se adequar a legislação ambiental à realidade da ocorrência natural das chapadas no território brasileiro.

Abstract:

The tablelands are landforms widely present in Brazilian territory. They occur singly or grouped in the landscape forming typical units of relief, being recognized a total of eight such units in Brazil by IBGE. At the same time, they are landforms protected by the environmental legislation, which presents a specific definition to consider a geomorph as a tableland. This work has an objective of verify if the legal definition of tableland in Brazil includes the natural occurrence of this geomorph. The methodology was based on selecting a typical plateau of each eight unit recognized in Brazil as an area of tableland by IBGE in which was verified if it had the necessary features to be legally considered a tableland. The results show that, in general, many of Brazilian tables do not fit the legal definition of tablelands. Thus, in opposition to what one imagine, they are not protected by environmental legislation, since they are not legally considered a tableland. The results also indicate that it is necessary to adapt the environmental legislation to the reality of the natural occurrence of the tablelands in Brazil.

1. Introdução

As chapadas são geoformas muito comuns na paisagem brasileira. Ocorrem por vezes de forma isolada, mas também podem estar agrupadas formando unidades paisagísticas. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,) em seu mapeamento geomorfológico do território brasileiro de 2006, classificou oito unidades de relevo do Brasil como sendo domínios de chapadas (Figura 1). Estas unidades se concentram na região nordeste, no sudeste e, em menor proporção, na região centro-oeste. A maioria delas é constituída por um conjunto destas geoformas agregadas em uma única unidade da paisagem: (i) Chapada do Alto Rio Itapecuru, (ii) Chapadas e Planos do Rio Farinha, (iii) Chapadas do Alto Parnaíba, (iv) Chapadas do Rio São Francisco e (v) Chapadas do Rio Jequitinhonha. A unidade do relevo (vi) Chapadas de Irecê e Utinga se caracteriza por ser um agrupamento de duas amplas chapadas. Por fim, a (vii) Chapada do Araripe e a (viii) dos Parecis referem-se a uma única chapada de considerável dimensão.

Não obstante sua grandeza em termos de ocorrência espacial, as chapadas constituem-se como áreas de extrema importância ecológica e ambiental, visto que comportam subsistemas do Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga e possuem suas bordas frágeis diante da erosão (Figura 2). Além disso, possuem também grande importância econômica, pois apresentam em suas superfícies declividade ideal para a fixação de agricultura tecnificada.

Os art. 225, §1º, I e III e §3, da Constituição Federal determinam a preservação e a recuperação dos

processos ecológicos essenciais, vedando a utilização das áreas especialmente protegidas que comprometa os atributos que justifiquem sua proteção e determina a necessidade de reparação dos danos ambientais.

Nesse contexto, a legislação ambiental brasileira procura, por meio do Código Florestal Lei nº 12.651/2012 e da Resolução Conama nº 303/2002 (Quadro 1), proteger as chapadas de um uso econômico intensivo e, por vezes, predatório.

O art. 3º, II do Código Florestal conceitua as Áreas de Preservação Permanente (APP) da seguinte forma:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O art. 4º, VIII, da Lei nº 12.651/2012 considera Áreas de Preservação Permanente “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais.”

Tais áreas de preservação permanente abrangem tanto as laterais, quanto o topo das chapadas em uma extensão de cem metros em todo o seu entorno. Ou seja, além de proteger áreas de vegetação natural, a legislação brasileira, ao preservar as partes mais suscetíveis a processos erosivos, procura diminuir o risco de desfiguração da paisagem por desmatamento que favorece a erosão (Figura 2) e o conseqüente assoreamento dos cursos fluviais localizados a jusante.

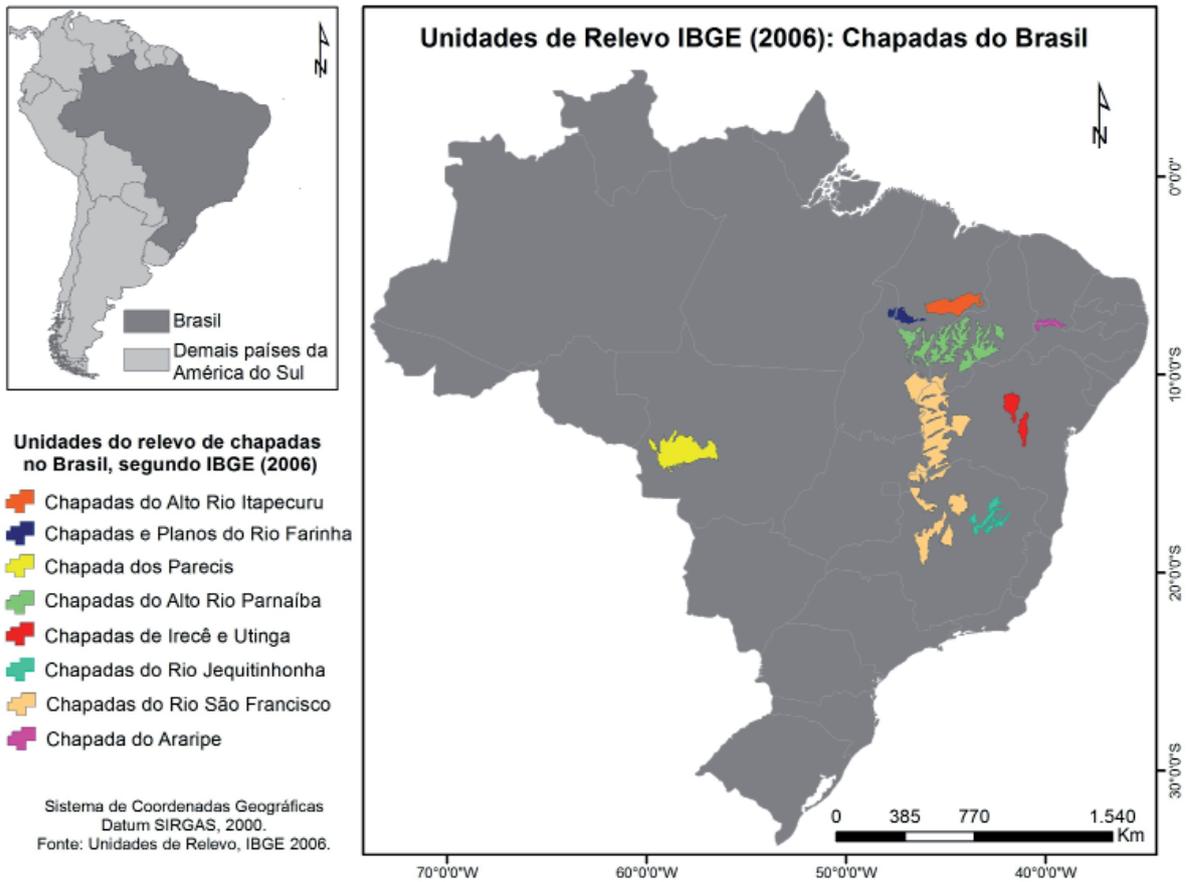


Figura 1 - Unidades do relevo brasileiro, classificadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006) como Chapadas.



Figura 2 - Desmatamento e erosão: regressão lateral de vertente no Morro Pelado, Município de Carolina, Maranhão. Foto dos autores.

Quadro 1: Texto da legislação ambiental brasileira que protege as chapadas.

Lei	Texto da Lei
Código Florestal Capítulo 2, Seção I, Artigo 4 (VIII)	Devem se preservar “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais”.
Resolução CONAMA 303/2002 (VIII)	São áreas de APP “nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa”.

A legislação ambiental brasileira, para se fazer efetiva, apresenta uma definição de chapada na Resolução **CONAMA 303** no seu **Inciso XI** do **Artigo 2**, a qual define tabuleiro ou chapada como:

Paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus, e superfície superior a dez hectares, que termina de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies com mais de seiscentos metros de altitude. (grifo nosso)

Já o **Inciso XI** do **Artigo 2** da mesma resolução define escarpa como:

Rampa de terrenos com declividade superior a quarenta e cinco graus, que delimitam relevos de tabuleiros, chapadas ou planalto, estando limitada no topo pela ruptura positiva de declividade (linha de escarpa) e no sopé por ruptura negativa de declividade, englobando os depósitos de colúvio que localizam-se próximo ao sopé da escarpa. (grifo nosso)

Esta definição é um tanto restritiva e específica, principalmente no que se refere ao inciso **XI** do **Artigo 2**. Logo, pode ser que algumas chapadas brasileiras não se enquadrem nela. Neste contexto situa-se o presente trabalho, que procura verificar se as chapadas brasileiras, de acordo com o IBGE (2006), se enquadram na definição legal (Resolução CONAMA 303). Se se enquadrarem, a lei estará atingindo seus objetivos e as chapadas brasileiras estarão, pelo menos do ponto de vista legal, protegidas. Caso contrário, a lei não alcançou seus objetivos e as chapadas brasileiras encontram-se, em boa parte, desprotegidas.

2. Procedimentos Metodológicos

Optou-se por utilizar o mapeamento geomorfológico realizado pelo órgão geográfico oficial do Brasil: o IBGE (2006). Isto ocorre em razão de que esse trabalho analisa as chapadas diante da legislação brasileira, logo, precisa estar embasado em classificações oficiais. Importante salientar que, neste mapeamento (IBGE, 2006), foram reconhecidas oito unidades do relevo como sendo domínios de chapada (Figura 1).

A legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA 303/2002, determina que para uma geoforma ser considerada chapada a mesma deve apresentar as seguintes características: (i) extensão de sua superfície maior que dez hectares; (ii) declividade média da superfície inferior a seis graus ou dez por cento; (iii) terminar de forma abrupta em escarpa, ou seja, quarenta e cinco graus; e (iv) estar a mais de seiscentos metros de altitude. Logo, o procedimento metodológico básico desse trabalho foi comparar as chapadas brasileiras com a legislação oficial objetivando verificar se as mesmas se enquadravam em todos os quatro quesitos necessários para serem, legalmente, consideradas como chapadas. É importante ressaltar que como o objetivo não é conceituar esse tipo de relevo, foram considerados apenas os parâmetros previstos em lei, sem uma análise crítica de sua viabilidade ou equívocos que possam estar a eles relacionados.

As áreas classificadas como chapada pelo IBGE (2006), em sua maioria, são compostas por diversas mesas isoladas entre si devido à ação da rede hidrográfica. Por isso, para cada unidade foi escolhida uma única chapada representativa das demais. A escolha da chapada representativa de cada unidade ocorreu por critérios objetivos – área de superfície

e localização central na unidade – e subjetivos – aparência representativa das chapadas da unidade. Apenas as unidades Chapada do Araripe e Chapada dos Parecis foram analisadas em sua totalidade visto que essas unidades constituem uma única chapada de grandes dimensões.

Os trabalhos de gabinete via geoprocessamento foram realizados no *software* ArcGis 10.1. Os dados altimétricos foram gerados a partir de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com 90 m de resolução espacial e a declividade pela ASTER com resolução de 30 metros que, mesmo superestimando os valores, foi a que melhor atendeu aos objetivos desta pesquisa ao detectar pontos com declives iguais e/ou superiores a 45 graus. Após a aquisição dessas imagens, fez-se o pré-processamento, incluindo mudança no Datum para *World Geodetic System* (WGS) 1984 e sistema de projeção UTM correspondente ao fuso de cada área específica. Para as áreas compostas por mais de uma imagem processou-se o mosaico e seu posterior recorte, contemplando apenas a área de interesse. Ao gerar a Rede Triangular Irregular (TIN) pela SRTM, foram inseridas as classes de altimetria com ênfase para os valores acima de 600 m de altitude, o exigido pela resolução CONAMA 303/2002 para classificar um relevo como chapada. O mapa hipsométrico foi utilizado para delimitar o platô em estudo e, posteriormente, para o cálculo de sua área em hectares. Com a imagem ASTER seguiu-se com a extração de curvas de nível equidistantes em 20 metros com as quais foi gerado o TIN na categoria SLOPE. As classes utilizadas são: declividade média inferior a 6° e declividade $\geq 45^\circ$.

Assim, foram verificadas as características de cada uma das oito unidades de relevo consideradas como chapada pelo IBGE no que se refere à declividade superficial, declividade das bordas, altimetria e extensão. Posteriormente, dispendo esses dados em tabela, foi possível verificar se os valores destes parâmetros se enquadram naqueles estipulados pela CONAMA 303/2002 como imprescindíveis à classificação de um platô como chapada.

Pôde-se, então, verificar se o que o IBGE classifica como chapada também é assim classificado pela legislação, resultando, conseqüentemente, na possibilidade de preservação legal da vegetação em suas bordas. Considerando que os parâmetros de declividade e altimetria são passíveis de múltiplas interpretações, estas interpretações também foram inseridas para análise na referida tabela.

3. Resultados

A Tabela 1 traz a área, em hectares, de cada chapada selecionada dentro de suas respectivas unidades de relevo. A maior extensão de superfície foi encontrada na Chapada dos Parecis, com quase quatro milhões de hectares, enquanto a menor refere-se à unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha, com 842,31 hectares.

A declividade média da superfície de todas essas chapadas está abaixo de 6° (10%), sendo este o parâmetro de maior similaridade entre essas áreas (Figura 3). Quanto à declividade de suas bordas a característica mais comum é a existência de pontos iguais ou maiores que 45° de declividade separados uns dos outros. Essa característica está bem visível nas chapadas selecionadas nas unidades Chapadas do Alto Rio Itapecuru, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha e Chapadas do Rio São Francisco (figuras 3a, 3e, 3f e 3g). Já as Chapadas dos Parecis, Chapadas do Alto Rio Parnaíba e Chapada do Araripe sugerem ter em suas bordas extensos trechos com declividade igual ou maior que 45°, entretanto, estes são pontos individualizados que, devido à sua quantidade e proximidade, parecem formar um contínuo. Mas, apenas na unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha foi verificado trechos contínuos de declividade igual ou maior que 45° margeando a borda do platô, entretanto, isso não ocorre em toda a extensão de sua borda.

Quanto à altimetria desses platôs, as unidades Chapadas do Alto Rio Itapecuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha encontram-se completamente em cota altimétrica inferior a 600 m (figura 4a e 4b). Outras unidades possuem suas superfícies parcialmente acima de 600 m, como no sul da Chapada dos Parecis e pequenas áreas a sudeste das Chapadas do Alto Rio Parnaíba (figuras 4c e 4d). As unidades que possuem a totalidade de suas superfícies acima de 600 m de altitude referem-se às Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe, podendo esta última chegar a 1000 m de altitude (figuras 4e, 4f, 4g e 4h).

Tabela 1: Área em hectares das chapadas amostradas.

Chapada	Área
A - Chapadas do Alto Rio Itapecuru	12.308,63
B - Chapadas e Planos do Rio Farinha	842,31
C - Chapada dos Parecis	3.901.388,86
D - Chapadas do Alto Rio Parnaíba	1.141.481,18
E - Chapadas de Irecê e Utinga	311.895,14
F - Chapadas do Rio Jequitinhonha	10.137,14
G - Chapadas do Rio São Francisco	17.197,09
H - Chapada do Araripe	596.946,11

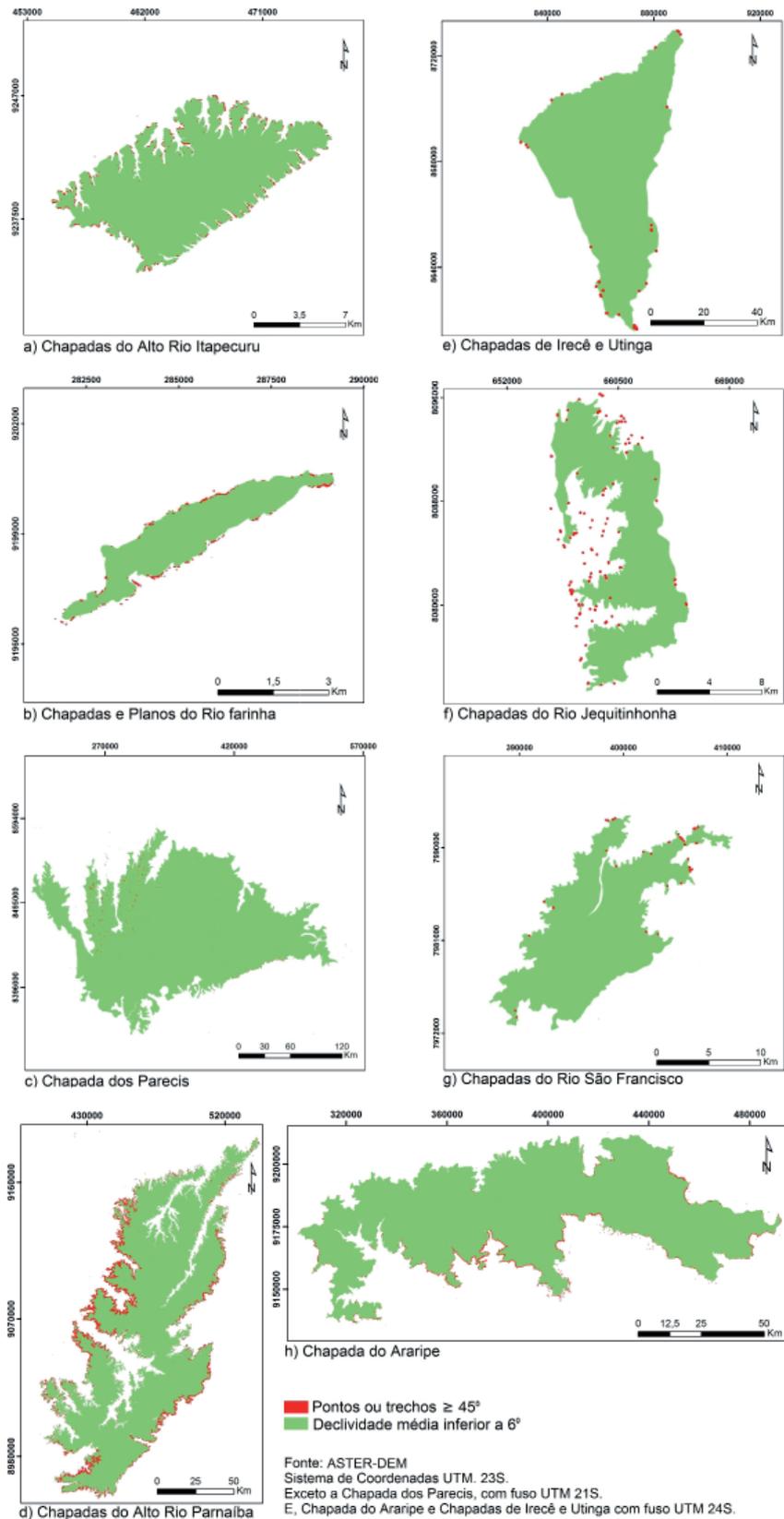


Figura 3: Declividade das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecis, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.

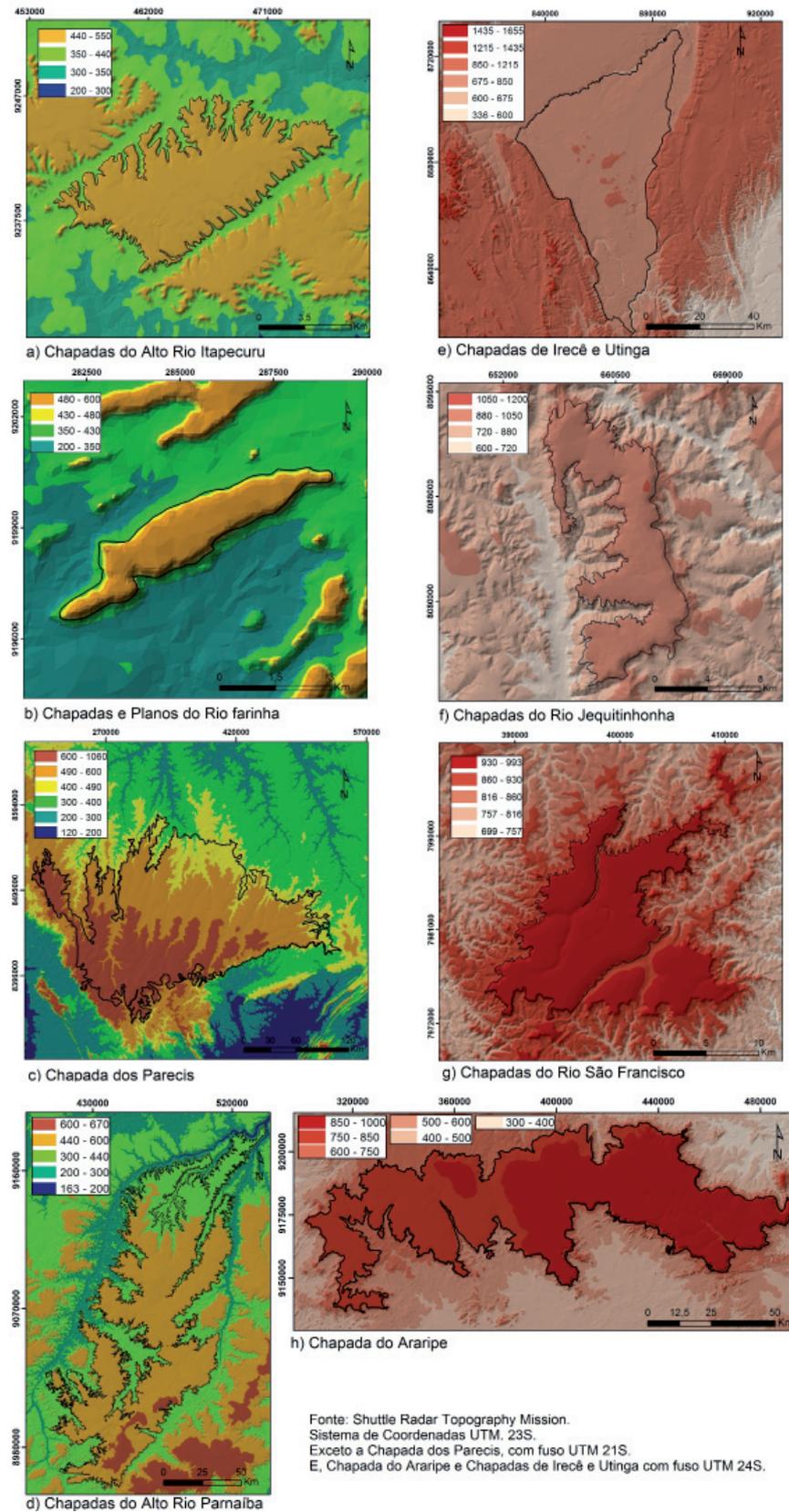


Figura 4: Hipsometria das unidades (a) Chapadas do Alto Rio Itapecuru; (b) Chapadas e Planos do Rio Farinha; (c) Chapadas do Alto Rio Parnaíba; (d) Chapada dos Parecis, (e) Chapadas de Irecê e Utinga; (f) Chapadas do Rio Jequitinhonha; (g) Chapadas do Rio São Francisco e; (h) Chapada do Araripe.

4. Discussão

A Tabela 2 apresenta uma correlação entre as unidades de relevo classificadas como chapadas pelo IBGE (2006) e os parâmetros exigidos pela resolução

CONAMA 303/2002 para que um relevo seja considerado como chapada. Torna-se assim possível analisar se há uma convergência conceitual entre o órgão oficial do Brasil (IBGE) e a legislação.

Tabela 2: Correlação entre as áreas consideradas como chapada pelo IBGE (2006) e os critérios para classificação de relevo como chapada da Resolução CONAMA 303/2002.

CONAMA303/ 2002 IBGE, 2006	Alto Rio Itapecuru	Rio Farinha	Parecis	Alto Rio Parnaíba	Irecê e Utinga	Jequitinhonha	São Francisco	Araripe
Declividade média inferior a seis graus em seu topo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Superfície superior a dez hectares	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Terminar de forma abrupta em escarpa (45°) - em um ponto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Terminar majoritariamente de forma abrupta em escarpa (45°)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Terminar de forma abrupta em escarpa (45°) - em toda a extensão	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Área a mais de seiscentos metros de altitude – pelo menos em parte da superfície do platô	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Área majoritariamente acima de seiscentos metros de altitude	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Área a mais de seiscentos metros de altitude – em toda a superfície do platô	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓



Unidade de relevo se encaixa no parâmetro em análise da Resolução CONAMA 303/2002



Unidade de relevo não se encaixa no parâmetro em análise da Resolução CONAMA 303/2002

Como é possível verificar na Tabela 2, cada área amostrada dentro das oito unidades possui extensão de sua superfície superior a dez hectares (Tabela 1), tamanho mínimo para que um platô possa ser considerado como chapada, atendendo, portanto, ao exigido pela legislação. Quanto à declividade da superfície das chapadas, todas as áreas analisadas também estão adequadas ao exigido pela legislação (Tabela 2), ou seja, com uma média inferior a 6 graus (10%). Entretanto, há controvérsias quando se trata da declividade presente nas bordas desse relevo. Neste parâmetro, considera-se que a chapada deve ter uma ruptura de declive maior ou igual a 45°. Porém, apesar de exigido um valor fixo de declividade, não existe menção da frequência e quantidade com que esta deve aparecer nas bordas da chapada.

A ausência de informação leva os usuários da lei à múltipla interpretação deste parâmetro, tais como: (a) terminar de forma abrupta em escarpa (45°) mesmo que seja em apenas um ponto; (b) terminar majoritariamente de forma abrupta em escarpa (45°); (c) terminar de forma abrupta em escarpa (45°) em toda a extensão da borda da chapada. Caso a primeira interpretação seja adotada, verifica-se, na Tabela 2, que todas as áreas analisadas se enquadram neste parâmetro, pois apresentam em suas bordas um ou mais pontos com, no mínimo, 45° de declividade. Entretanto, caso a lei seja interpretada de modo com que majoritariamente ou que toda a borda da chapada deva estar circundada por declives $\geq 45^\circ$, nenhuma das chapadas analisadas será classificada legalmente como tal. Neste caso provavelmente não haveria áreas classificadas como chapada no Brasil e o Código Florestal, assim como a resolução CONAMA 303/2002, nos parágrafos que versam sobre as Áreas de Preservação Permanente em bordas de chapada, estariam equivocados ao tentar preservar uma paisagem que, legalmente, inexistia no território brasileiro.

Neste contexto, a interpretação de que uma chapada deva ser majoritariamente ou completamente circundada por rampas de 45° de declividade ou maior que estas é, no mínimo, inconcebível. Além disso, é impossível determinar uma declividade mínima para que o processo de erosão da lateral da chapada ocorra. Essa declividade depende do equilíbrio dinâmico entre clima, litologia, vegetação e comprimento da vertente. Em áreas de rochas mais resistentes e clima mais seco, a lateral da chapada (escarpa) será mais

estável mesmo possuindo uma elevada declividade como, por exemplo, 45°. Já em locais de rocha mais frágil e clima mais úmido, esse processo de retração (*backwearing*) irá ocorrer mesmo que a lateral da chapada (escarpa) possua declividades inferiores a 45°. Logo, o que determina a existência de uma chapada não é apenas a declividade de sua lateral (escarpa), mas sim sua geoforma, que é o resultado de um processo genético caracterizado pela preservação de seu topo plano ou quase plano e pela erosão de suas laterais íngremes. Por exemplo, Boroda *et al.* (2014) estudando a morfogênese e morfodinâmica das mesas (chapadas) do deserto de Negev em Israel, apresentam que as mesmas possuem declividade média de suas bordas em torno de 40°. Considerando-se que essas mesas se situam em área de clima árido e que em climas secos essas bordas tendem a ser muito íngremes, ressalta-se que a ocorrência de chapadas em regiões de clima semiúmido tendem a ocorrer com laterais de menor declividade. Logo, comprova-se que é difícil estabelecer uma declividade mínima para as laterais das chapadas. Vale ainda ressaltar que nem o dicionário geomorfológico de Guerra e Guerra (2008), nem o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), nem a *Encyclopedia of Geomorphology* (GOUDIE, 2004) e nem, até mesmo, os dicionários de língua portuguesa como Michaelis (2014), Aurélio (2014) e Priberam (2014) indicam valores de declividade específicos para conceituar “escarpa”. A única exceção é a EMBRAPA (2013) que utiliza o valor de 36,8° (75%) para definir um relevo escarpado, ou seja, valor muito inferior ao de 45°.

Outro parâmetro passível de dupla interpretação na classificação de um relevo como chapada refere-se à altitude mínima (600 m) da superfície. Mais uma vez a lei não menciona a proporção e/ou frequência com que os platôs devem atingir a cota altimétrica de 600 metros sendo, por isso, passível de múltipla interpretação, tais como: (a) a chapada deve ter, no mínimo, parcialmente sua superfície a mais de seiscentos metros de altitude; (b) a chapada deve ter majoritariamente sua superfície acima de seiscentos metros de altitude ou; (c) a chapada deve ter toda a sua superfície acima de seiscentos metros de altitude.

Caso a primeira interpretação seja adotada, a área amostrada das Chapadas do Alto Rio Itapecuru, assim como a área correspondente às Chapadas e Planos do Rio Farinha não atendem a este parâmetro, pois

ambas se encontram completamente abaixo de 600 m de altitude. Ou seja, não são legalmente consideradas chapada independente da interpretação que se faça. Ao contrário, a área amostrada nas unidades Chapada dos Parecis, Chapadas do Alto Rio Parnaíba, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe encontram-se, pelo menos parcialmente, acima de 600 m de altitude. Mas, se a interpretação for ainda mais restrita, considerando que a superfície do platô deve estar majoritariamente ou completamente acima de 600 m de altitude, apenas as áreas referentes às Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe

se encaixariam neste parâmetro, pois a altura mínima desses platôs é de 600 metros ou mais, podendo alcançar 1000 metros na Chapada do Araripe.

Conforme explicação anterior, dependendo da interpretação que se faz da lei, pode-se negar a existência das chapadas ou diminuir drasticamente a ocorrência destas no Brasil. Mas mesmo com uma leitura menos “rígida” da legislação, ainda assim algumas unidades classificadas como de chapadas pelo IBGE (2006) não são legalmente entendidas como tal e, por isso, a manutenção da vegetação em suas bordas não é assegurada pela lei. Assim, as unidades Chapadas do Alto Rio Itapecuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha, ambas classificadas como chapadas pelo IBGE (2006)



Figura 5: Paisagem típica da unidade do relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. Maranhão e Tocantins. Foto: os autores.

e com claras características paisagísticas desse tipo de geoforma (Figura 5), não o são assim consideradas pela legislação devido à sua altimetria inferior a 600 m.

É nesta óptica que se deve pensar nessas geoformas para além de números rígidos, mas, principalmente, com base nos processos que atuam e atuam sobre elas. O valor altimétrico dessas duas unidades não as exime de apresentarem os mesmos processos de gênese e evolução que as demais áreas

consideradas pela legislação como chapada. Mesmo com altimetria abaixo de 600 m, estas áreas continuarão a apresentar retração lateral e, portanto, caso a vegetação de suas bordas seja suprimida, haverá aceleração dos processos de erosão por *backwearing*, desfigurando as paisagens de chapada e contribuindo com a carga de sedimentos que chega até os cursos d'água. Como um dos objetivos das APPs é preservar as paisagens e os recursos naturais, torna-se imprescindível

dível que essas áreas - Chapadas do Alto Rio Itapecuru e Chapadas e Planos do Rio Farinha (Figura 5) - também tenham, legalmente, a vegetação e a estabilidade de suas bordas asseguradas.

Diante destas análises constata-se que a lei deve ser interpretada considerando a natureza descontínua e complexa das formas de relevo. Paralelamente, se a lei não está atingindo seu objetivo de proteger a natureza, é a mesma que deve mudar e se adaptar à realidade e não a natureza (realidade) que deve se adaptar a lei. Além disso, considerando-se que as interpretações mais restritivas da lei – todo o entorno da chapada possuir declividade de 45° e ela toda estar acima dos 600 metros – impedem a existência legal de chapadas no Brasil, torna-se óbvio que a mesma deve ser interpretada da forma menos restritiva possível, ou seja, basta possuir em seu entorno um ponto com pelo menos 45° de declividade e pelo menos em um ponto alcançar a cota de 600 metros para uma geoforma ser, legalmente, considerada como chapada.

5 . Considerações Finais

Ao utilizar parâmetros com valores fixos de altimetria e declividade a legislação ignora que, as formas de relevo são descontínuas e complexas por natureza, bem como desconsidera os conceitos científicos pautados na gênese e dinâmica das chapadas. Por isso, verificou-se que, apenas com uma interpretação menos restritiva da legislação existirá, legalmente, chapadas no Brasil. Mesmo assim, elas serão provavelmente encontradas em apenas seis das oito unidades classificadas como tal pelo IBGE (2006): Chapada dos Parecis; Chapadas do Alto Rio Parnaíba, Chapadas de Irecê e Utinga, Chapadas do Rio Jequitinhonha, Chapadas do Rio São Francisco e Chapada do Araripe. Ou seja, as Chapadas do Alto Rio Itapecuru e as Chapadas e Planos do Rio Farinha (Figura 5) mesmo consideradas cientificamente como chapadas (IBGE, 2006) e com geoforma, morfodinâmica evolutiva e degradação típica dessas geoformas, não são assim reconhecidas pela legislação.

Diante das análises realizadas conclui-se que a resolução CONAMA 303/2002 deve ser aperfeiçoada no que se refere às chapadas. Isto deve ocorrer não apenas para evitar equívocos na sua interpretação, mas também para que os seus parâmetros se adéquem a realidade de ocorrência destas geoformas no Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Prístino pelo apoio logístico nas atividades de campo, bem como ao Convênio CAPES-COFECUB (869-15) e ao CNPq (Projeto Universal 446857/2014-9) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- ASTER Global Digital Elevation Model.** Disponível em: <<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>>. Acesso em: 10 ago. 2014.
- BORODA R., MATMON A., AMIT R., HAVIV I., ARNOLD M., AUMAÏTRE G., BOURLÈS D. L., KEDDADOUCHE K., EYAL Y., ENZEL Y. Evolution and degradation of flat-top mesas in the hyper-arid Negev, Israel revealed from ¹⁰Be cosmogenic nuclides. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.39, n. 12, p.1611-1621, set. 2014.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato_2011_2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 2 jul. 2014.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 303**, de 20 de Março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 2 jul. 2014.
- AURÉLIO. Disponível em: <<http://www.dicionariodoaurelio.com/>>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- MICHAELIS. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- PRIBERAN. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/DLPO/>>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 2013. 353p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Brasil em Relevo. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>>. Acesso em: 2 ago. 2014.
- GOUDIE A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. New York, Routledge Taylor & Francis, 2004.1.201p.
- GUERRA A. T., GUERRA A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro, Bertrand, 2008.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro,
IBGE, 2009. 182p.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

- IBGE. **Mapa de Unidades do Relevo do Brasil**. Escala 1:
5.000.000, 2006. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/
mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf)>. Acesso
em: 20 jun. 2014.

Anexo 2

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS/DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
PESQUISA DE TESE DE DOUTORADO**

Projeto de Tese

Morfogênese e proteção ambiental da região da chapada das mesas – sul do Maranhão e nordeste do Tocantins

Pesquisadora

Fernanda Pereira Martins

Aluna de doutorado em Geografia e Análise Ambiental/UFMG

Orientação

André Augusto Rodrigues Salgado

Instituto de Geociências/UFMG

Carta Convite

Prezado pesquisador (a),

estamos realizando uma pesquisa de opinião, a qual é parte de uma tese de doutorado atualmente em curso no Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

O objetivo a que se pretende alcançar refere-se ao consenso acerca da definição geomorfológica para o termo chapada. Considerando-se que os conceitos presentes na literatura científica são, muitas vezes, generalistas e, por vezes, simplistas e contraditórios.

O método Delphi, neste caso, faz uso da opinião de especialistas para chegar a um consenso de quais os parâmetros e características que devem ser considerados na classificação de uma geoforma como Chapada. Assim, tendo em vista a elevada qualificação profissional de V. Sa., gostaríamos de contar com vossa importante colaboração neste trabalho. E, portanto, solicitamos o preenchimento do questionário enviado.

O quadro de entrevistados é composto por 70 profissionais da área de geomorfologia, em grande maioria professores universitários, e por aqueles que atuam direta ou indiretamente em áreas classificadas pelo IBGE (2006) como unidades de relevo do tipo Chapada, sendo a identidade dos painelistas mantida em **anonimato**.

A princípio, o Delphi será composto por duas rodadas de questões, em que a primeira segue anexada juntamente a esta nota explicativa. E, durante ambas as fases, os participantes poderão revisar ou não suas respostas a partir dos resultados obtidos. E, ao

término do processo os participantes receberão um relatório com os resultados finais, mantendo-se o anonimato durante e ao final de todo o processo.

Instruções para o preenchimento

A pesquisa possui questões fechadas, em que se deve escolher uma letra que varia de “a” até “d” e representam uma gradação de “muito importante” até “irrelevante” para determinar a importância de um parâmetro em específico. Ou seja, em cada questão verificar-se-á a importância de determinadas características físicas na classificação de um relevo como chapada. Posteriormente, após a análise da representatividade de cada característica, segue uma questão discursiva para que a opinião do entrevistado seja especificada.

O especialista poderá, além de ordenar as proposições apresentadas, acrescentar novas proposições, as quais irão fazer parte da seguinte ronda.

Serão realizadas tantas rondas de questionários quantas as necessárias para se atingir um grau de consenso razoável.

Solicitamos:

- A gentileza de nos enviar vossas contribuições desta 1ª fase, até dia 12 de Abril, para o e-mail martinsgeo@hotmail.com.br
- Caso não haja disponibilidade para participar, favor nos comunicar por *e-mail*.

Agradecemos vossa atenção,

Fernanda Pereira Martins

Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4293731T2>

PAINEL DELPHI – 1ª rodada

QUESTÕES

LITOLOGIA

1 A litologia sobre a qual o relevo está modelado deve ser considerada:

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante
- d- Irrelevante*

*caso a resposta seja “irrelevante” passe direto para a questão de número 2.

1.1 Para que um relevo seja classificado como chapada, qual a litologia sobre a qual ele deve estar modelado?

Resposta** :_____.

**caso a resposta seja rochas sedimentares passe para a questão de número 2. Do contrário, passe para a questão de número 3.

INCLINAÇÃO DE CAMADAS SEDIMENTARES

2 O grau de inclinação das camadas sedimentares deve ser considerado para classificar um relevo como chapada:

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante
- d- Irrelevante

*caso a resposta seja “discorda” passe direto para a questão de número 3.

2.1 Quantos graus de inclinação as camadas sedimentares devem ter para que um relevo seja considerado como chapada?

Resposta:_____.

ALTITUDE

3 A altitude é um parâmetro que deve ser considerado para classificar um relevo como chapada.

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante
- d- Irrelevante*

*caso a resposta seja “irrelevante” passe direto para a questão de número 4.

3.1 Qual a altitude mínima para que um relevo seja considerado como chapada?
Ou fixar um valor não é o mais importante. Mas sim a diferença perceptível entre o topo do platô mais elevado em relação ao seu entorno, uma área mais rebaixada.

Resposta:_____.

DECLIVIDADE DO TOPO

4 A declividade na superfície do platô deve ser considerada para fins de classificá-lo como chapada.

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante
- d- Irrelevante*

*caso a resposta seja “irrelevante” passe direto para a questão de número 5.

4.1 Qual a declividade máxima ou média que o platô poderá apresentar em sua superfície? Ou o valor não é relevante, mas sim sua visível forma plana?

Resposta:_____.

DECLIVIDADE DA BORDA

5 O parâmetro declividade da “escarpa” deve ser considerado para classificar um relevo como chapada:

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante

d- Irrelevante*

*caso a resposta seja “discorda” passe direto para a questão de número 6.

5.1 Qual a declividade mínima para que um platô seja classificado como chapada? Ou, o valor não é relevante, mas sim apenas o fato de haver uma ruptura de declive entre dois patamares, um sendo o topo da chapada e outro mais abaixo?

Resposta:_____.

PROCESSOS

6 Os processos relacionados à sua gênese e evolução devem ser considerados para fins de classificação?

Relevância deste parâmetro:_____.

- a- Muito importante
- b- Importante
- c- Pouco importante
- d- Irrelevante*

*caso a resposta seja “discorda” passe direto para a questão de número 7.

6.1 No que se refere à sua evolução, qual seria o processo dominante na dinâmica destas formas e que deveria ser considerado para fins de classificação.

Resposta:_____.

NÍVEL DE BASE

7 A mudança de nível de base é fator sem o qual não é possível gerar as formas do tipo chapada.

Concordo: () Discordo: ()

8 Considerando todos os parâmetros analisados (litologia; altitude; declividade do topo; declividade da borda; inclinação de camadas sedimentares; processos e nível de base), coloque-os em ordem respeitando o sentido de importância que cada um representa para o senhor (a). Exclua aqueles que foram considerados irrelevantes.

Anexo 3

PAINEL DELPHI – 2ª rodada

LITOLOGIA

1 85% dos participantes consideraram a categoria litológica para fins de classificação do relevo de chapada como **Importante ou Muito Importante**. Além de considerarem que a modelagem do relevo deve ocorrer sobre rochas sedimentares, muitos participantes indicaram outras possibilidades. Assim, você concorda que as chapadas possam se desenvolver também nestas outras categorias de rocha?

a) As chapadas, além de modeladas em rochas sedimentares, podem ocorrer em rochas **metassedimentares**.

sim não

b) As chapadas, além de modeladas em rochas sedimentares, podem ocorrer em rochas **sedimentares vulcânicas**.

sim não

c) As chapadas, além de modeladas em rochas sedimentares, podem ocorrer em rochas **vulcânicas máficas**.

sim não

INCLINAÇÃO DE CAMADAS SEDIMENTARES

2 Para 75% dos participantes, este parâmetro varia de **Importante a Muito Importante** para fins de classificação do relevo como chapada. Cabe ressaltar que este parâmetro não é abordado pela legislação CONAMA 303/2012 para fins de classificação de relevo do tipo chapada.

Apesar da variação de respostas obtidas, houve concentração para valor de inclinação $\leq 5^\circ$, as demais seguem abaixo. Marque a opção com a qual concorda. Caso o senhor (a) não tenha fixado um valor no questionário anterior, poderá escolher, neste, o que lhe parece melhor dentre estas opções. Poderá também rever sua resposta anterior, ou, caso ainda persista a opinião de que este parâmetro não deve ser considerado deixe-o em branco. Entretanto seria interessante que encontrássemos um consenso, visto que a maioria o considerou de relevância para classificação.

<5 graus

< 15 graus

< 30 graus

ALTITUDE

3 Para 70% dos participantes a altitude é um parâmetro que varia de **Pouco Importante a Importante** em termos de classificação do relevo como chapada. Majoritariamente, os participantes pontuaram que a altitude, em relação ao nível do mar, não é parâmetro para se caracterizar uma chapada, mas sim a altura relativa da geoforma, ou seja, seu destaque altimétrico em relação ao entorno mais baixo. Cabe ressaltar que a legislação traz o valor mínimo de 600 m de altitude acima do nível do mar para que uma geoforma seja classificada como chapada. Com qual destas opções você concorda.

Não é o valor de altitude, em relação ao nível do mar, que caracteriza uma chapada, mas sim a altura relativa da geoforma, ou seja, seu destaque altimétrico em relação ao entorno mais baixo

Mínimo de 600 m de altitude, acima do nível do mar, para que uma geoforma seja classificada como chapada

DECLIVIDADE DO TOPO

4 Para 90% dos profissionais que se dispuseram a responder o questionário, a declividade encontrada no topo dos platôs é parâmetro que varia de **Importante a Muito Importante** em termos de classificação do relevo como chapada. As respostas se concentraram em valores $\leq 5^\circ$; $\leq 10^\circ$ e, também, diversos participantes declararam que não importa o valor da declividade, mas a visível forma plana de seu topo. Cabe salientar que para uma geoforma ser considerada como chapada pela legislação, esta deve apresentar declividade de seu topo menor ou igual a 6° (10%). Considerando as opções abaixo, marque qual lhe parece mais viável para que uma geoforma seja classificada como chapada.

$\leq 5^\circ$

$\leq 6^\circ$

$\leq 10^\circ$

não importa o valor da declividade, mas a visível forma plana de seu topo

DECLIVIDADE DA BORDA

5 80% consideraram que o parâmetro declividade da borda varia de **Importante a Muito Importante** para fins de classificação. A maioria dos participantes colocou que não é necessário precisar um valor de declividade da borda, mas sim, considerar a ruptura de declive bem marcada entre uma superfície mais elevada e outra mais baixa. Outras respostas foram: declividade $> 20^\circ$ e $>$ que 45° . Cabe ressaltar que para a legislação uma geoforma somente é classificada como chapada caso suas bordas, mesmo que em um ponto, estejam acima de 45° , ou seja, 100% de declividade.

Bordas majoritariamente com declividade > 20 graus

Bordas com pelo menos em um ponto declividade > 45 graus

Não é necessário fixar um valor, mas sim, considerar a ruptura bem marcada de declive entre uma superfície mais elevada e outra, em seu entorno, de menor altimetria.

PROCESSOS

6 Para 70% dos participantes, considerar os processos na classificação do relevo como chapada varia de **Importante a Muito Importante**. Dentre as respostas destaca-se o processo de encaixamento da rede de drenagem que potencializa a individualização dos platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo. Concorda que esse seja um processo necessário para a gênese de uma chapada?

Sim

Não

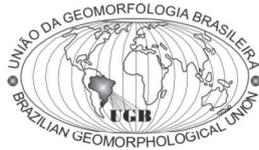
EXTENSÃO DA SUPERFÍCIE DA CHAPADA

7 A legislação considera que para um platô ser classificado como chapada é necessário que o mesmo tenha uma superfície superior a 10 hectares (em torno de 12 campos de futebol oficiais). Você concorda com este valor? Caso não concorde, a partir de qual extensão superficial você consideraria uma geoforma como chapada e não como um pequeno platô?

Sim

Não

Anexo 4

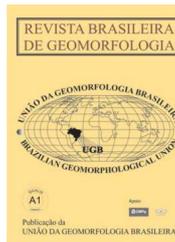


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 17, nº 1 (2016)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i1.806>



CHAPADAS DO BRASIL: ABORDAGEM CIENTÍFICA E CONCEITUAL BRAZILIAN TABLELANDS: A SCIENTIFIC AND CONCEPTUAL APPROACH

Fernanda Pereira Martins

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Belo Horizonte, CEP: 31.270-901, Brasil

E-mail: martinsgeo@hotmail.com.br

André Augusto Rodrigues Salgado

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Belo Horizonte, CEP: 31.270-901, Brasil

E-mail: aarsalgadoufmg@gmail.com

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
30/07/2015
Aceito (Accepted):
14/01/2016

Palavras-chave:

Chapada; Conceito Científico;
Plataforma Delphi.

Keywords:

Tableland; Scientific Concept;
Delphi Platform.

Resumo:

Chapadas são formas de relevo de grande extensão espacial e localizadas nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Apesar de sua importância ecológica e econômica, elas carecem de uma conceituação científica clara e de consenso entre os pesquisadores brasileiros. Este fato atinge diretamente a proteção dessas geoformas, pois a legislação responsável está repleta de falhas e não encontra bases científicas que as dê suporte, dificultando sua aplicação à realidade. O objetivo deste trabalho foi o de criar um conceito científico de chapadas com o método Delphi, utilizando a opinião de diversos especialistas sobre o tema. Foram aplicados dois questionários, nos quais foram discutidos diversos parâmetros e sua respectiva importância na classificação de uma geoforma como chapada. Concluiu-se que chapadas são geoformas dotadas de características peculiares quanto à declividade de seu topo e de sua borda; categoria litológica; mergulho de camadas; processos de formação e altitude. Por fim, concluiu-se que é possível se criar um conceito científico de chapada que pode colaborar com a legislação ambiental e compatível com a realidade de ocorrência dessa geoforma no Brasil.

Abstract:

Tablelands are landforms of large spatial extent and, in Brazil, located in the regions of Northeast, Midwest and Southeast. Despite their ecological and economic importance, there are not a clear scientific concept with a consensus among brazilian researchers about what is a tableland. This fact directly affects the protection of these landforms, because the brazilian environmental legislation not have scientific basis that can support it, making it difficult to be applied to reality. The objective of this paper is to create a scientific concept to tablelands with the Delphi method, which uses the opinion of several experts on the subject. It was

used two questionnaires, in which were discussed several parameters and its importance in the classification of a landform as tableland. It was concluded that tablelands are landforms with peculiar characteristics of its top and edge slope; lithological category; diving layers; genesis processes and altitude. Finally, we conclude that is possible to create a scientific concept of tableland that can collaborate with environmental legislation and compatible with the occurrence of this landform in Brazil.

1. Introdução

As chapadas são geoformas com grande extensão espacial e ocorrência no território brasileiro, chegando mesmo a denominar unidades de relevo no mapeamento geomorfológico oficial do Brasil (IBGE, 2006). Devido à sua importância ecológica e ao mesmo tempo econômica, as chapadas são ainda protegidas pela legislação brasileira (Lei nº 12.727 de 2012). Esta proteção legal tem por finalidade estabelecer critérios para seu uso e, assim, evitar que as ações antrópicas deflagrem ou potencializem processos erosivos, preservando a paisagem e os recursos naturais a ela associados.

Contudo, o conceito usado pela legislação (CONAMA 303/2002) parece não abranger todas as geoformas do tipo chapada no Brasil e, portanto, não é eficiente em seu propósito (MARTINS *et al.*, 2015). Ou seja, se um relevo não é classificado legalmente como chapada, este não terá a vegetação de suas bordas protegidas. Este fato se agrava na medida em que a abordagem acadêmica dessas geoformas varia de autor para autor e, apesar de alguns destes conceitos incorporarem características mais específicas como, por exemplo, valores fixos para altimetria e declividade, outros contêm uma abordagem ampla e geral, pautada nos aspectos visuais da paisagem, fato esse que dificulta utilizá-los como suporte à legislação. Além disso, apesar de os conceitos científicos serem muitas vezes complementares uns aos outros, há aqueles que são divergentes em algumas abordagens, ou até mesmo omissos. Por exemplo: de acordo com o conceituado dicionário geomorfológico brasileiro de GUERRA (1993, p. 90) chapada é a

denominação usada no Brasil, para as grandes superfícies, por vezes horizontais, e a mais de 600 metros de altitude (...). Do ponto de vista geomorfológico a chapada é, na realidade, um planalto sedimentar típico (...).

Já o manual técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) destaca que

tabuleiros e chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas.

Na literatura inglesa as chapadas são denominadas como *Tablelands*, *Plateaus* ou, principalmente, como *Mesa* (termo de origem espanhola). A *Encyclopedia of Geomorphology* (GOUDIE, 2004, p. 668), apoiada pela Associação Internacional de Geomorfologia, apresenta a definição brasileira de chapada no termo *Mesa* como:

(...) morros com laterais íngremes e com topo aplainado que se elevam acima de uma superfície plana e que, usualmente, estão recobertas por uma camada horizontalizada de rochas um pouco mais resistentes como, por exemplo, xistos recobertos por arenitos.

Nota-se que esse dicionário não define que as mesmas devam ter as laterais escarpadas e nem apresenta uma declividade mínima para elas. Além disso, utiliza o termo *usualmente* para se referir à existência de cobertura sedimentar superficial, ou seja, não a considera obrigatória ao contrário do que consideram Guerra e Guerra (2008) e o IBGE (2009).

Florenzano (2008) define chapada simplesmente como: “*planalto com topografia tabular*”. Já Press *et al.* (2006) ressaltaram que “*No Oeste dos Estados Unidos, uma pequena elevação, plana, limitada em todos os lados por vertentes íngremes, é chamada de mesa*”. Por outro lado Ab’saber (1964) considerou que “*é assim que a todos os tipos de grandes “mesas” ou “mesetas”, dotadas de ladeiras íngremes e topo plano, se reserva o expressivo nome de chapada, mais usual no Nordeste do que em qualquer outra parte do país*”.

Já no livro *Landscapes and Landforms of Brazil* (Vieira *et al.* 2015), que explica a morfogênese das prin-

cipais paisagens do Brasil, foram considerados como chapada (*tables*) algumas geoformas que não possuíam a cobertura de rocha sedimentar clássica como, por exemplo, os morros da Chapada Diamantina/BA e da Chapada dos Veadeiros/GO.

Ao contrário dos autores citados, a legislação CONAMA nº 303/2002 é a que mais estabelece parâmetros fixos e, no seu Inciso XI do Artigo 2, define tabuleiro ou chapada como

paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus, e superfície superior a dez hectares, que termina de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies com mais de seiscentos metros de altitude.

Sendo que o Inciso XI do Artigo 2 da mesma resolução define escarpa como rampa com declividade igual ou maior que 45° nas bordas da chapada.

Nota-se que a legislação, por apresentar valores fixos, desconsidera que as formas de relevo são descontínuas por natureza e que, mesmo algumas chapadas não se inserindo quantitativamente em um dos parâmetros, elas apresentam processo de evolução e degradação iguais a qualquer chapada que se encaixa em todos os parâmetros. Sendo, portanto, imprescindível a sua preservação assim como o é a das demais.

Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo formular um conceito científico de chapada que seja reconhecido pelos geomorfólogos do Brasil e que ampare uma revisão conceitual da legislação. Cabe ressaltar que este objetivo não se restringe somente a classificar a forma pela forma, ou dar enfoque somente à abordagem científica. Objetiva, sim, criar um conceito, com base nos conhecimentos científicos de profissionais reconhecidos nacionalmente, coerente com a realidade brasileira e, o mais importante, capaz de colaborar com a prática legislativa.

2. Materiais e Métodos

Para lograr o objetivo proposto, o presente trabalho se dividiu em três etapas: (i) revisão bibliográfica acerca das chapadas; (ii) aplicação de questionário Delphi a especialistas em geomorfologia para a cons-

trução de um conceito científico do termo chapada e; (iii) comparação entre conceito criado e a realidade das oito unidades de relevo classificadas pelo IBGE (2006) como sendo domínios de chapada.

Na primeira etapa foram consultadas bibliografias concernentes a legislações e resoluções brasileiras, dicionários geomorfológicos, artigos científicos sobre áreas de domínio de chapadas - no Brasil e em outros países - além de livros conceituados de geomorfologia nacionais e internacionais.

Na segunda etapa - que se constitui como parte principal da pesquisa - analisou-se como os profissionais de geomorfologia do Brasil entendem o fenômeno de chapadas, identificando os fatores de maior controle sobre a gênese dessas geoformas e as características geradas como produto de seu processo evolutivo. Para tanto foi utilizado o método Delphi, o qual auxilia na busca de consenso de opiniões por parte de um grupo de especialistas. Esta técnica se baseia no uso estruturado do conhecimento, considerando a experiência de um conjunto de profissionais, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Assim, seguindo as etapas que compõem o método em questão, foram selecionados 70 profissionais, em anonimato, sendo eles geomorfólogos ou pesquisadores que atuam diretamente nas regiões de chapadas do Brasil, principalmente bolsistas de produtividade CNPQ. Dos profissionais selecionados, 20 efetivaram a participação neste estudo, representando universidades de diversas regiões do país, sendo elas: Universidade Federal do Piauí; Universidade Estadual do Ceará; Universidade Federal da Paraíba; Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Estadual de Feira de Santana; Universidade Federal de Mato Grosso; Universidade Federal de Goiás; Universidade Federal de Minas Gerais; Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Universidade Federal de Juiz de Fora; Universidade Federal de Ouro Preto; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Universidade Estadual de Maringá; e pesquisadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

O questionário da primeira rodada foi estruturado com oito perguntas e o da segunda rodada com sete. As questões colocadas contemplaram parâmetros

que variaram entre categoria litológica, mergulho de camadas, altitude, declividade do topo, declividade da borda, extensão da superfície do platô, nível de base e processos associados. O primeiro questionário foi disponibilizado por e-mail a cada participante juntamente com um texto explicativo sobre o método Delphi. Após o recebimento das respostas da primeira rodada de questionário, a síntese dos resultados foi comunicada aos membros do grupo na segunda ronda que, após tomarem conhecimento, puderam comparar suas opiniões com a dos demais participantes, sem, contudo, revelar a identidade dos mesmos.

Ao conhecer a resposta geral dos outros profissionais, cada participante respondeu às perguntas do questionário anterior, com a possibilidade de mudarem suas opiniões caso julgassem conveniente. Paralelamente, outras questões foram incorporadas para alcançar um consenso sobre os parâmetros de opiniões divididas.

O uso de mais de uma rodada de questionários possibilitou a inserção de algumas abordagens sugeridas

pelos participantes, sendo, portanto, possível criar um conceito de “chapada” que refletisse a visão dos geomorfólogos do Brasil sobre o tema. Apesar dos profissionais terem inserido sugestões e ponderações sobre as características de cada um dos parâmetros analisados, foram consideradas apenas as respostas de maior concordância entre os pares. E, a partir destas, gerou-se o conceito científico proposto.

Na terceira etapa foram analisadas as oito áreas (Figura 1) classificadas pelo IBGE (2006) como unidade de relevo do tipo chapada no Brasil sob a luz dos conceitos científicos apresentados, incluindo aquele construído neste trabalho por meio do método de Delphi. Esta última etapa de trabalho visou verificar qual conceito, principalmente o construído através do método Delphi, possuía melhor aderência com a realidade de ocorrência dessas geoformas no território brasileiro. Além disso, objetivou também refletir se a quantidade de parâmetros estabelecidos constitui empecilho à sua coerência com a realidade.

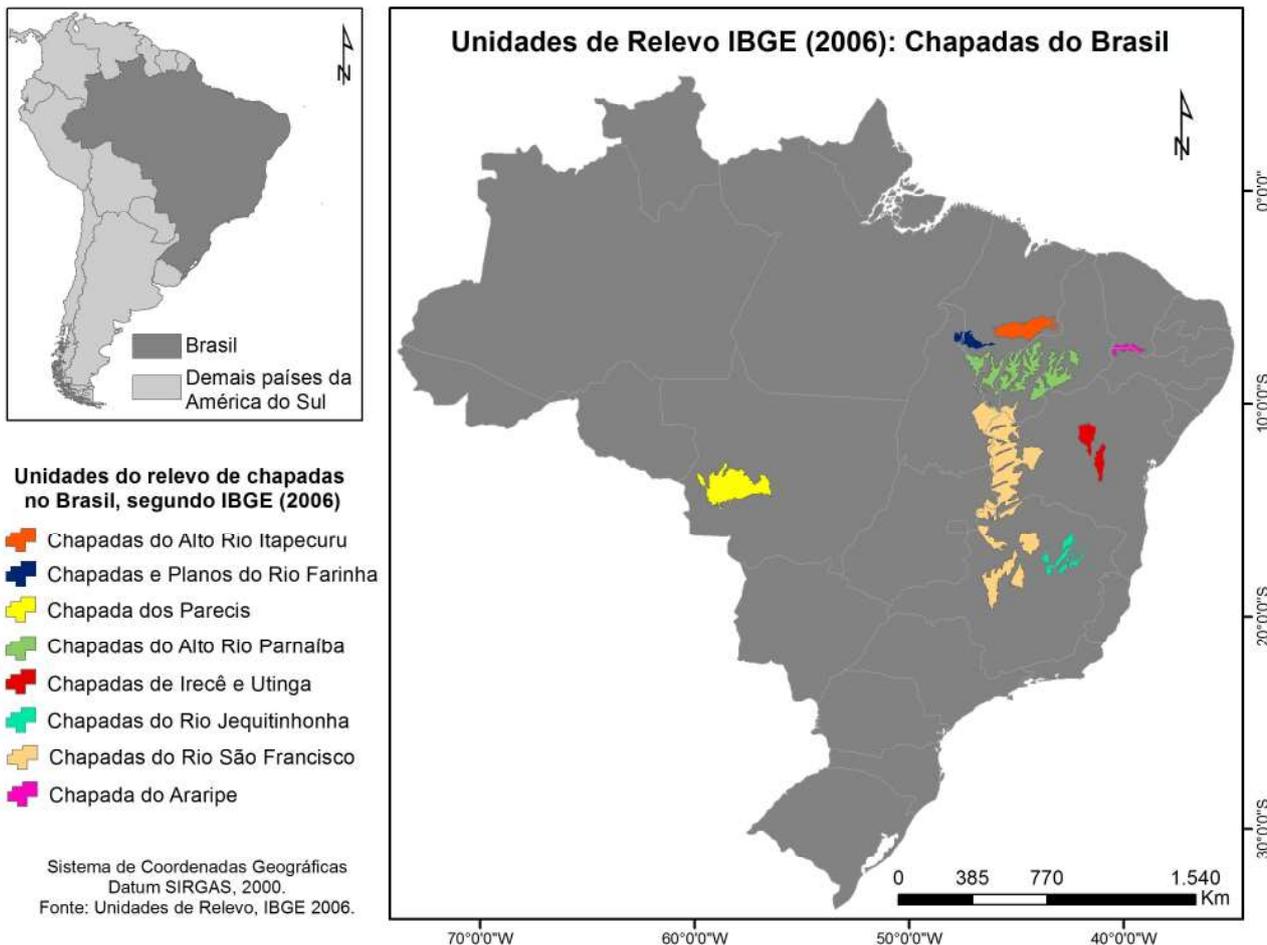


Figura 1 - Localização das Unidades de Relevo de Chapadas no território brasileiro (IBGE, 2006). Fonte: Martins et al. (in press).

É importante ressaltar que a maioria dessas unidades de relevo do tipo chapada do IBGE (2006) é composta por um mosaico de chapadas menores. Mas, para fins de análise neste trabalho, foi escolhida uma única chapada representativa das demais para cada unidade. A escolha da chapada representativa de cada unidade ocorreu por critérios objetivos – área de superfície e localização central na unidade – e subjetivos – aparência representativa das chapadas da unidade. Apenas as unidades Chapada do Araripe e Chapada dos Parecis foram analisadas em sua totalidade, pois essas unidades constituem uma única chapada de grande dimensão.

A geração de produtos cartográficos foi necessária para a análise de algumas características dessas unidades de relevo, sendo utilizado o *software* ArcGis 10.1 para os trabalhos de geoprocessamento. Os dados altimétricos foram gerados a partir de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com 90 m de resolução espacial e a declividade pela *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) com resolução de 30 metros. O pré-processamento incluiu mudança no Datum para *World Geodetic System* (WGS) 1984 e sistema de projeção UTM correspondente ao fuso de cada área específica, assim como mosaico

para as áreas compostas por mais de uma imagem e recorte da área de interesse. Ao gerar a Rede Triangular Irregular (TIN) pela SRTM, foram inseridas as classes de altimetria. Já o mapa hipsométrico foi utilizado para delimitar o platô em estudo e, posteriormente, para o cálculo de sua área em hectares. Com a imagem ASTER seguiu-se com a extração de curvas de nível equidistantes em 20 metros com as quais foi gerado o TIN na categoria SLOPE.

3. Resultados

Para fins de classificação de relevo do tipo chapada, os parâmetros categoria litológica, mergulho de camadas, declividade do topo, declividade da borda, nível de base e processos associados foram considerados Importantes ou Muito Importantes pelos participantes do questionário Delphi. Apenas o fator de altitude obteve variação menos significativa, variando entre Pouco Importante a Importante nas respostas (Quadro 1). Já a extensão da superfície do platô não havia sido classificada em termos de importância, mas dividiu opiniões quanto à potencialidade de sua aplicação para identificar uma forma de relevo do tipo chapada.

Quadro 1: Porcentagem de participantes que consideraram cada um dos parâmetros em análise como Muito Importante; Importante; Pouco Importante ou Irrelevante.

Importância dos parâmetros para fins de classificação de chapadas	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Irrelevante
Declividade do topo	60%	30%	10%	0%
Categoria de rocha	80%	5%	10%	5%
Declividade da borda	35%	45%	15%	5%
Mergulho de camadas	50%	25%	15%	10%
Processos	40%	30%	10%	20%
Altitude	15%	35%	35%	15%

A categoria litológica foi considerada em 85% das respostas como parâmetro que varia de Importante a Muito Importante para fins de classificar uma geoforma como chapada (Quadro 1). Foi unânime a consideração de que as rochas sedimentares correspondem à categoria principal para ocorrência de geoformas do tipo chapadas, podendo, em casos especiais, ocorrer em rochas metassedimentares, sedimentares vulcânicas e vulcânicas máficas. Estas possibilidades foram expostas na segunda ronda de perguntas, na qual 85% concordaram que as chapadas podem ocorrer

em rochas metassedimentares, 75% em sedimentares vulcânicas e 55% em vulcânicas máficas (Quadro 2). Destes, 5% não se manifestaram sobre a primeira e a segunda categoria de rochas, enquanto 10% não se manifestaram sobre a última.

Associado às rochas sedimentares, foi inserido outro fator, o mergulho de camadas. Este parâmetro foi considerado de Importante a Muito Importante para 75% dos participantes (Quadro 1). Na segunda ronda, 80% escolheram que a chapada deve ser caracterizada pelo mergulho de camadas $\leq 5^\circ$.

Quadro 2: Categorias de rochas sugeridas no primeiro questionário e colocadas para votação no segundo questionário. Os dados referem-se ao percentual de participantes que concordaram ou não que a gênese de chapadas também pode ocorrer sobre essas categorias litológicas.

CATEGORIA DE ROCHAS	Concordaram	Não concordaram	Não se manifestaram
Metassedimentar	85%	10%	5%
Sedimentar vulcânica	75%	20%	5%
Vulcânica máfica	55%	35%	10%

Quadro 3: Valores sugeridos para o mergulho de camadas no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

MERGULHO DE CAMADAS	$\leq 5^\circ$	$\leq 15^\circ$	$\leq 30^\circ$	Não se manifestaram
	80%	5%	0%	15%

A declividade da superfície da geoforma foi considerada Importante ou Muito Importante em 90% das respostas (Quadro 1). Alguns participantes sugeriram valores fixos para o parâmetro, entretanto, diversos pesquisadores, apesar de considerarem a importância da declividade de superfície, ressaltaram que não é necessário que se estabeleça um valor fixo, mas que seja visível a forma plana do topo da geoforma. As opções consideradas majoritárias foram colocadas para votação na segunda ronda de perguntas e, a elas foi acrescido o valor de 6° (10%) exigido na legislação pela resolução CONAMA 303/2002. Para 50% dos participantes a opção $\leq 5^\circ$ lhes pareceu mais aceitável, os outros 45% foram pulverizados entre as demais opções e 5% não se manifestaram (Quadro 4).

Quanto à declividade da borda, esta foi considerada em 80% dos casos como um parâmetro que varia de Importante a Muito Importante para fins de classificação de chapadas (Quadro 1). A maioria dos participantes considerou que não é necessário precisar um valor de declividade da borda, mas sim, a ruptura de declive bem marcada entre uma superfície mais elevada e outra mais baixa. Outras respostas foram: declividade $> 20^\circ$ e $>$ que 45° . Essas opções foram colocadas no segundo questionário, ressaltando-se que o valor acima de 45° (100%) é, também, o valor mínimo exigido na legislação para fins de classificação. Dentre as opções colocadas, 65% destacaram ser mais coerente não fixar um valor, mas sim, considerar o aspecto visual da ruptura de declive (Quadro 5).

Quadro 4: Valores sugeridos para declividade do topo no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

DECLIVIDADE DO TOPO	$\leq 5^\circ$	$\leq 6^\circ$	$\leq 10^\circ$	O valor não é importante, mas sim sua visível forma plana	Não se manifestaram
	50%	15%	10%	20%	5%

Quadro 5: Valores sugeridos para declividade da borda no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que consideraram pertinentes os valores sugeridos a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

DECLIVIDADE DA BORDA	Majoritariamente $> 20^\circ$	Pelo menos um ponto $\geq 45^\circ$	Ruptura de declive visível	Não se manifestaram
	10%	20%	65%	5%

Apesar de alguns pesquisadores enfatizarem a importância estética, ou seja, o formato característico do relevo, 70% dos entrevistados consideraram que os processos são importantes ou muito importantes para a classificação de uma geoforma como chapada (Quadro 1). Assim, utilizando-se das respostas da primeira rodada, foi inserida, no segundo questionário, a possível gênese

de chapadas: “a formação de chapadas está associada ao processo de encaixamento da rede de drenagem, potencializando a individualização dos platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.” Essa morfogênese foi aceita por 70% dos participantes, enquanto 5% não se manifestaram (Quadro 6).

Quadro 6: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com a gênese de chapadas proposta.

PROCESSO DE GÊNESE DE CHAPADAS	Concordaram	Não concordaram	Não se manifestaram
“encaixamento da rede de drenagem que potencializa a individualização dos platôs que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo”	70%	25%	5%

Alterações no nível de base foi considerado por 80% dos participantes como fator sem o qual não é possível gerar as formas de relevo do tipo chapadas. Assim, na segunda rodada sua colocação foi incorporada ao parâmetro de morfogênese (processos e nível de base) abordado anteriormente (Quadro 6).

Já a altitude foi considerada predominantemente Pouco Importante ou Importante (Quadro 1). Os participantes pontuaram que a altura da geoforma é que deve ser considerada para classificar uma chapada, ao invés de sua altitude em relação ao nível do mar. Na segunda rodada, esta resposta foi confrontada com o valor mínimo (de 600 m) exigido pela legislação para classificação de chapadas. Mesmo assim, 85% dos entrevistados enfatizaram, nova-

mente, que não é o valor da altitude que deve ser considerado, mas sim a altura relativa da geoforma, ou seja, seu destaque altimétrico em relação ao entorno mais baixo. 10% não se manifestaram sobre este item (Quadro 7).

O último parâmetro, referente à extensão da superfície das chapadas, foi inserido apenas na segunda rodada. Nesta, foi apresentado o valor exigido pela legislação, o de 10 hectares. Pediu-se, então, que o participante concordasse, ou não, com o valor em questão ou que sugerisse um valor que lhe parecesse mais coerente. 45% concordaram com o critério exigido na resolução CONAMA 303/2002, enquanto 40% não concordaram (Quadro 8). Cabe ressaltar que 15% não se manifestaram sobre este parâmetro.

Quadro 7: Valores sugeridos para altitude no primeiro questionário e colocados para votação no segundo questionário. Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram com cada valor sugerido a este parâmetro para fins de classificação de chapadas.

ALTITUDE	A altura caracteriza uma chapada e não a altitude	Mínimo de 600 m de altitude para que uma geoforma seja considerada chapada CONAMA (303/2002)	Não se manifestaram
	85%	5%	10%

Quadro 8: Os dados referem-se à percentagem de participantes que concordaram, ou não, com a extensão superficial exigida na Resolução CONAMA 303/2002 para que uma geoforma seja classificada legalmente como chapada.

EXTENSÃO SUPERFICIAL DA CHAPADA	Concordaram	Não Concordaram	Não se manifestaram
Superfície mínima de 10 hectares (CONAMA 303/2002)	45%	40%	15%

4. Conceituação de Chapada

Primeiramente admite-se nesta pesquisa que os parâmetros que tiveram suas características traduzidas em valores fixos, devem apresentar uma margem de oscilação ao aplicá-los à realidade, considerando o valor estipulado como majoritário frente a outros que porventura sejam identificados na geoforma. Isso porque as formas de relevo são descontínuas por natureza e de grande diversidade, principalmente considerando um país de extensão continental como o Brasil. Não sendo possível, portanto, que suas características sejam completamente fiéis a números.

Dentre as considerações ressaltadas pelos participantes, destaca-se a de que a classificação de chapadas deveria se ater à forma do relevo - identificada visualmente - e, por conseguinte, que seu conceito deveria estar atrelado essencialmente às características peculiares a essa geoforma. Ou seja, a chapada é, na verdade, a expressão de uma única condição, seu formato. Esta proposta passa a ser insuficiente quando se considera a diversidade de formas de relevo encontradas dentro do contexto de planaltos sedimentares brasileiros e na consequente confusão ao identificá-las. Esse fato se agrava na medida em que enxergar ou perceber a forma do relevo se torna um ato subjetivo e, portanto, inviável para fins de classificação com vistas à proteção legal de uma determinada paisagem. Principalmente aquelas economicamente atrativas.

Com o método Delphi concluiu-se que a categoria litológica principal sobre a qual ocorrem as chapadas são as rochas sedimentares, mas, excepcionalmente, elas podem se desenvolver em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas e vulcânica máficas, desde que estas contenham camada superficial tabular, horizontais ou sub-horizontais. Isso porque a inclinação do topo ou declividade superficial, caracterizada pela forma plana, como uma mesa, é muito condicionada pelo mergulho das camadas.

Por isso, as rochas devem apresentar mergulho de suas camadas $\leq 5^\circ$, o que irá favorecer a forma tabular do topo da geoforma e, conseqüentemente, uma superfície que também possua declividade $\leq 5^\circ$. Entretanto, cabe ressaltar que as formas de relevo são descontínuas por natureza e que a incisão fluvial na superfície das chapadas tende a aumentar a declividade média das mesmas. Assim, propõe-se que, tanto o mergulho de camadas como a declividade da superfície da chapada

deve estar em torno dos 5° , podendo apresentar valores maiores em 1° , ou seja, apresentar uma declividade majoritariamente de 6° , desde que não excedam um conjunto visualmente plano.

Quanto à extensão da superfície da geoforma, esta obteve opiniões divididas e foi o parâmetro com maior ocorrência de participantes que não se manifestaram. Além disso, a maioria dos participantes que não concordaram com o valor exigido pela legislação (de 10 ha) não sugeriram um valor para este parâmetro, alegando que não há bases teóricas para diferenciar um platô, uma mesa ou chapada por extensão superficial e que, qualquer tentativa de fixação de valores, parece ser arbitrária. Neste caso, de acordo com as respostas obtidas, “*cabe à lógica interpretativa adotar este termo para situações comparativas que deixem a entender que platôs são menores que chapadas em dado contexto. Os conceitos só tem sentido se adotados de modo comparativo.*” “*Ou seja, deve ser analisado o conjunto das formas de relevo da área em estudo*”. Entretanto, esse tipo de resposta deixa em aberto a questão da legislação, visto que a mesma não aceita critérios subjetivos. Logo, considerando-se que quase metade dos participantes aceita o valor de 10 ha como superfície mínima (Figura 3) para existência de uma chapada, este parece ser o melhor valor de área mínima para utilização legal na classificação de uma geoforma como chapada. Considera-se também que esta superfície é suficiente para a implantação de agricultura e que, para fins legislativos, diferenciar mesas e platôs de chapadas não é importante, visto que, por possuírem evolução similar (*backwearing*), sua degradação pressupõe mudanças na paisagem e perdas ecológicas. Os quais são foco de preservação pela legislação.

Quanto à altitude do relevo, esta deve ser analisada em relação à altitude da superfície circundante, considerando-se, portanto, a altura da geoforma. Segundo os participantes da pesquisa (Delphi), a geoforma deve evidenciar uma ruptura de declive suficiente para separar visualmente duas superfícies, uma mais elevada, e outra circundante em nível altimétrico mais baixo (Figura 2).

Cabe ressaltar que a altitude em relação ao nível do mar é um dos parâmetros usados pela legislação para diferenciar chapadas de tabuleiros, sendo as chapadas mais elevadas, enquanto os tabuleiros se encontram em posição mais baixa. Mas, parece impossível delimitar

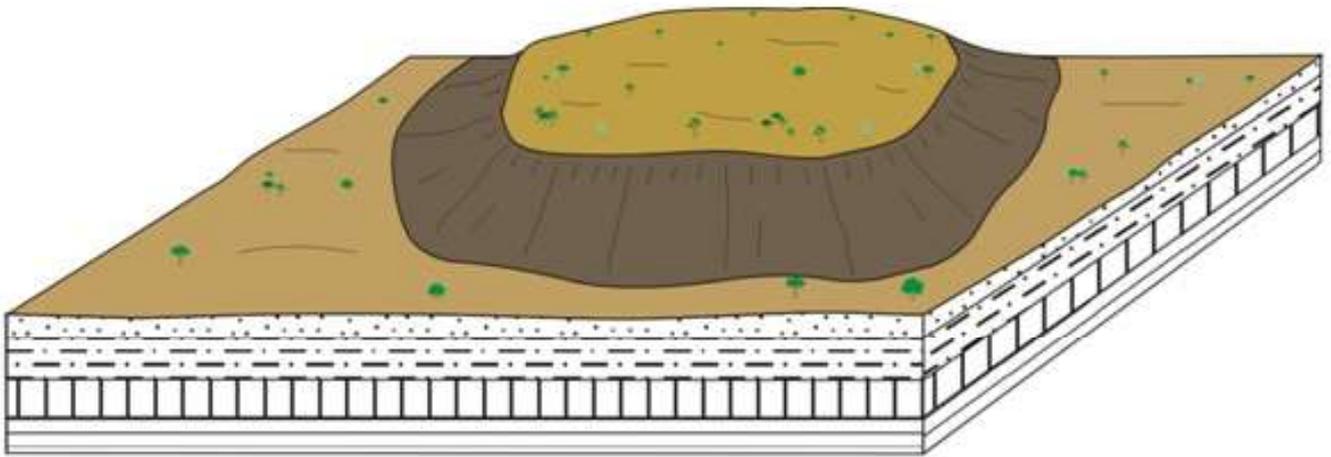


Figura 2 - Desenho esquemático da geoforma chapada. Elaboração: Breno Marent, 2014.

um valor altimétrico que constitua uma linha divisória entre essas duas geoformas. Os tabuleiros também apresentam evolução similar às das chapadas, tornando a distinção ainda mais complicada.

O que se sabe é que, conforme Ab'Saber (1964), a ocorrência dos tabuleiros recobrem extensa faixa da zona litorânea e sublitorânea do Leste, do Nordeste e do Norte do país, assim como a grande área de baixos platôs da Amazônia Brasileira. E que eles são modelados sobre rochas sedimentares do Plioceno, especificamente sedimentos da Série Barreiras. Ou seja, tabuleiros, assim como as chapadas, são geoformas modeladas sobre planalto sedimentar, mas de depósitos terrígenos do fim do Terciário. Os tabuleiros da faixa costeira são "(...) como se fossem remanescentes, bem preservados, de um vasto cinturão de planícies antigas e contínuas que rendilhavam a costa brasileira naqueles quadrantes." (AB'SABER, 1964). Entretanto, esta diferenciação tem importância, sobretudo, científica, pois, para fins de proteção legal os critérios adotados são os mesmos para ambos tipos de relevo, com proteção de uma faixa de 100 metros da borda para o centro do tabuleiro ou da chapada.

Cabe ressaltar que há termos que são regionais ou nacionais, sem critérios científicos específicos e, por isso, não há como traduzi-los. Por exemplo: o termo "chapada" expressa uma determinada forma, esta mesma forma é "resultado da atuação de processos físicos e químicos, conforme as condições climáticas e geológicas existentes. Neste aspecto, o nome dado à forma é resultante do processo e não da forma pela forma." Mesmo que a princípio o nome seja dado à forma,

esta traz associado consigo uma evolução peculiar. Para a maior parte dos participantes da pesquisa (Delphi) a morfogênese das chapadas ocorre a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem (Figura 3A e B), motivada pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs (Figura 3C) que, posteriormente, tem sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo (Figura 4). No que se refere à morfodinâmica dessas geoformas, esta pode estar, atualmente, dissociada da drenagem, e as chapadas terem morfodinâmica influenciada por outros fatores. Vale ressaltar que alguns pesquisadores discordaram da afirmativa de que alterações no nível de base é condição imprescindível à formação das chapadas. Assim, mesmo reconhecendo seu importante papel na individualização de platôs, considerou-se que, os mesmos "também poderiam se formar por erosão diferencial controlada por um nível de base local ou regional, sem haver, necessariamente, uma mudança de nível de base".

Assim sendo, conclui-se nesse trabalho que o melhor conceito para chapadas é o seguinte: "Chapadas são formas de relevo alçadas na paisagem por possuírem uma altura relativa suficiente para destacá-la em relação ao seu entorno e ruptura de declive bem marcada entre a sua superfície mais elevada e outra de altimetria mais baixa. Sua superfície apresenta-se plana com declividade majoritariamente $\leq 6^\circ$, condicionada por um mergulho das camadas, também, majoritariamente $\leq 6^\circ$. Elas são modeladas sobre rochas sedimentares, mas podem, excepcionalmente, ocorrer

em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas ou vulcânica máficas. Sua extensão superficial deve ter no mínimo 10 hectares. Em termos genéticos ocorrem a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado

pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, têm sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.”

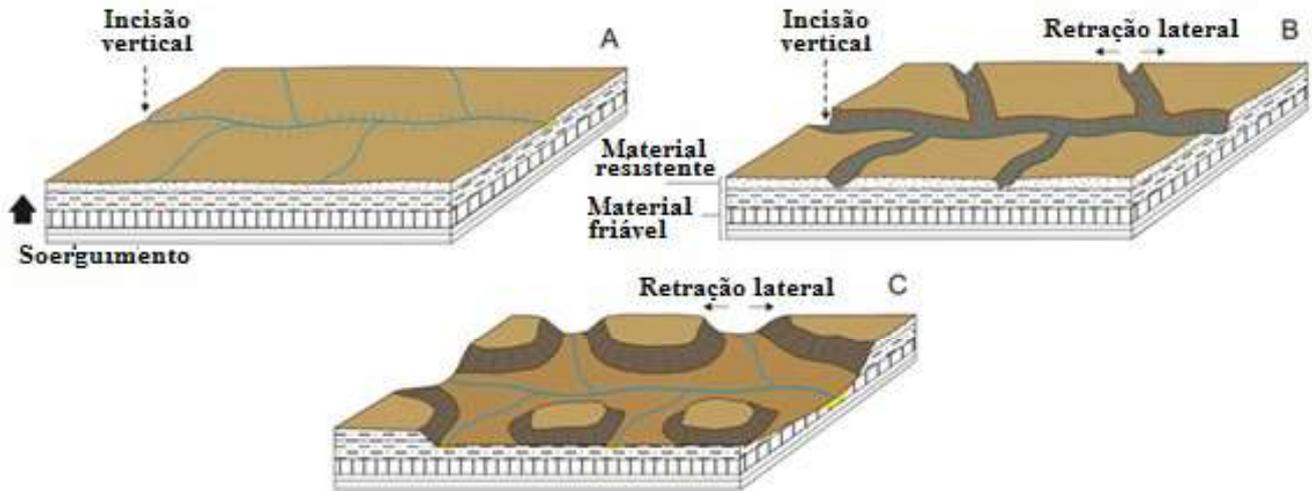


Figura 3 - Modelo de evolução das chapadas mais aceito entre os participantes da pesquisa: (A) Momento inicial: início da incisão vertical (encaixamento) da rede de drenagem; (B) Momento intermediário: rede de drenagem já alcançou novo nível de base (está equilibrada) e por isso começa a lateralmente alargar os vales; (C) Momento avançado: individualizam-se as chapadas em um contexto de duas superfícies planas. Elaboração: Breno Marent, 2014.

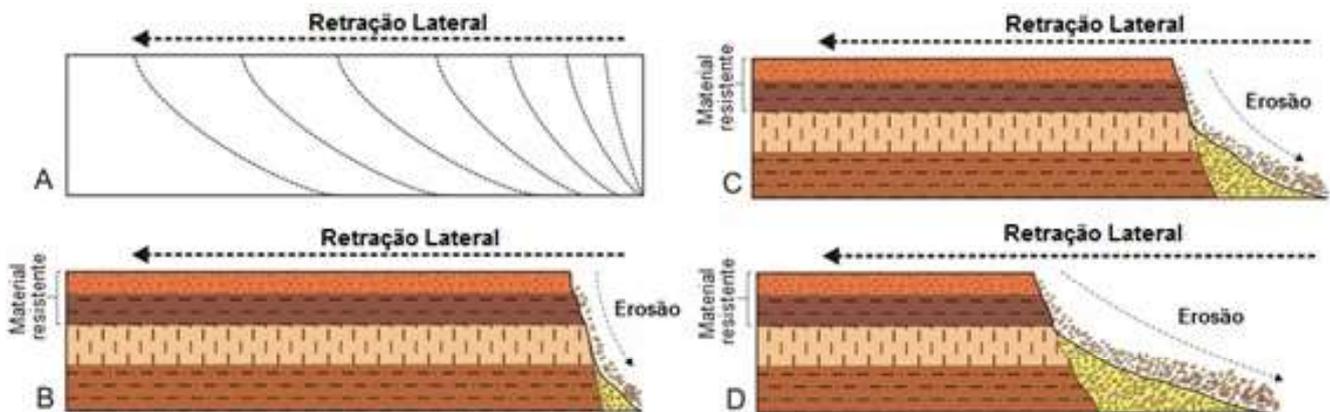


Figura 4 - Regressão lateral de vertentes para as chapadas: (A) Desenho esquemático; (B) Momento inicial; (C) Momento intermediário; (D) Momento avançado. Elaboração: Breno Marent, 2014.

5. Aplicação do Conceito Formulado à Ocorrência de Chapadas no Brasil

A Tabela 1 visa analisar se as oito unidades de relevo classificadas como chapada pelo IBGE (2006) (Figura 1) também são assim classificadas diante do conceito criado nesta pesquisa, dos conceitos científicos de Guerra e Guerra (2008); IBGE (2009); Gou-

die (2004); Florenzano (2008); Press *et al.* (2006) e Ab'Saber (1964) e diante da legislação, a Resolução CONAMA 303/2002.

Os conceitos de Goudie (2004); Florenzano (2008); Press *et al.* (2006) e Ab'Saber (1964) abrangem todas as áreas classificadas como chapada pelo IBGE (2006). Isso porque são conceitos mais objetivos

e simples, que consideram uma pequena quantidade de parâmetros, quando comparados a outros autores e, em maioria, não há fixação de valores para os mesmos. Entretanto, são ao mesmo tempo conceitos muito genéricos e pouco profundos para embasar a legislação na proteção dessas geoformas.

Já o conceito de Guerra e Guerra (2008), quando aplicado à realidade, não considerou como chapada quatro das unidades de relevo: Chapadas do Alto Rio Itapecuru, Chapadas e Planos do Rio Farinha, Chapada dos Parecis e Chapadas do Alto Rio Parnaíba. Isto ocorreu em razão de que essas unidades estão parcialmente abaixo dos 600 m de altitude em relação ao nível do mar.

Tabela 1: Aplicabilidade dos conceitos científicos de chapada à realidade da sua ocorrência no território brasileiro (unidades de relevo de chapada, IBGE, 2006).

Conceitos IBGE, 2006	Alto Rio Itapecuru	Rio Farinha	Parecis	Alto Rio Parnaíba	Irecê e Utinga	Jequitinhonha	São Francisco	Araripa
GUERRA & GUERRA (2008)*	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓
IBGE (2009)**	?	?	?	?	?	?	?	?
GOUDIE (2004)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FLORENZANO (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRESS et al (2006)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AB'SABER (1964)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CONAMA 303/2002***	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CONCEITO ELABORADO PELO MÉTODO DELPHI	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓

✓ O conceito científico atende à realidade de ocorrência da unidade do IBGE (2006)

X O conceito científico não atende à realidade de ocorrência da unidade do IBGE (2006)

? A estrutura do conceito científico não permite um enquadramento das unidades, visto que depende de outros fatores, tais como a comparação com geoformas de tabuleiro.

* Considerou-se que o platô deve estar totalmente acima de 600 m de altitude para ser considerado chapada.

** O Manual Técnico de Geomorfologia não apresenta valores para escarpa e tampouco de altitude, apenas comparando chapada com tabuleiro. Por isso, considerou-se a definição do dicionário Priberam (2014) de que, escarpa é “ladeira muito íngreme” e, por não ser possível aplicar a lógica de comparação entre geoformas de tabuleiro e chapadas, concluiu-se que o parâmetro de altitude não é aplicável à realidade.

*** Consideraram-se as áreas parcialmente acima de 600 m de altitude e com, no mínimo, um ponto acima de 45°.

O conceito apresentado pelo IBGE (2009) é, ao contrário dos demais em análise, de difícil aplicabilidade, porque estabelece critério comparativo entre chapadas e tabuleiros no que se refere à altimetria, sem, contudo, estabelecer valores. Este fato torna o conceito confuso, na medida em que os tabuleiros também são geoformas descontínuas por natureza e não se sabe exatamente como os diferenciar das chapadas.

Por fim, a Tabela 1 mostra que o conceito criado neste trabalho, a partir do método Delphi, não contemplou todas as unidades de relevo de chapadas do IBGE (2006). A unidade de relevo Irecê e Utinga não foi classificada como chapada, pois está em um patamar altimetricamente baixo, circundado por outro mais elevado, ou seja, o inverso da forma típica apresentada pelas chapadas. Considerando que o conceito de chapada apresentado nesse trabalho é o resultado do esforço de 22 pesquisadores - incluindo autores do artigo - pode-se supor que, talvez, chapada não seja a melhor classificação para essa unidade do relevo. Apesar dela assim ter sido identificada pelo IBGE (2006).

6. Considerações Finais

O conceito elaborado com o método Delphi mostrou-se aplicável à realidade da maioria das unidades de relevo classificadas como de chapada pelo IBGE (2006). Com este conceito demonstrou-se que, mesmo utilizando de um número elevado de parâmetros, muitos destes representados por valores fixos, é possível, sim, classificar e, conseqüentemente, proteger a grande maioria das chapadas no Brasil. Conclui-se ainda que este conceito é mais completo e aplicável que os demais existentes na literatura especializada, visto que, por ser mais amplo e conter mais parâmetros fixos, melhor define a geoforma sem, no entanto, perder aderência com a realidade de ocorrência natural dessas geoformas no território brasileiro.

Paralelamente, ao longo da análise dos questionários, compreendeu-se que a legislação não deve ser totalmente independente dos estudos científicos, assim como não deve incorporá-los em sua totalidade. Isto porquê o objetivo da legislação é outro: proteger a paisagem e os recursos naturais associados a geoformas como forma de evitar a degradação acelerada graças as atividades antrópicas. Nestes casos, o melhor é compreender as limitações que envolvem a nomenclatura das formas de relevo e, daí em diante, criar parâmetros

legislativos que atendam, de fato, à realidade, ou seja, à natureza descontínua das formas de relevo.

Por fim, o presente trabalho conseguiu criar um conceito científico amplo e razoavelmente preciso para chapada. Conceito este construído a partir do trabalho de 22 pesquisadores - incluindo autores dessa pesquisa - oriundos de diversas universidades e centros de pesquisa. Em suma, concluiu-se que: *“Chapadas são formas de relevo alçadas na paisagem por possuírem uma altura relativa suficiente para destacá-la em relação ao seu entorno e ruptura de declive bem marcada entre a sua superfície mais elevada e outra de altimetria mais baixa. Sua superfície apresenta-se plana com declividade majoritariamente $\leq 6^\circ$, condicionada por um mergulho das camadas, também, majoritariamente $\leq 6^\circ$. Elas são modeladas sobre rochas sedimentares, mas podem, excepcionalmente, ocorrer em rochas metassedimentares de baixo metamorfismo, sedimentares vulcânicas ou vulcânica máficas. Sua extensão superficial deve ter no mínimo 10 hectares. Em termos genéticos ocorrem a partir do processo de encaixamento vertical da rede de drenagem, motivado pela mudança de nível de base, muitas vezes de ordem tectônica, individualizando os platôs que, posteriormente, têm sua evolução associada ao recuo lateral de suas bordas e manutenção (ou quase manutenção) altimétrica do seu topo.”*

Agradecimentos

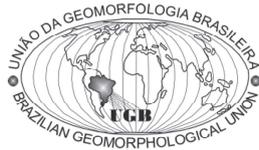
Agradecemos ao Instituto Prístino pelo apoio logístico nas atividades de campo, ao promotor do Ministério Público de Minas Gerais Marcelo Azevedo Maffra, aos pesquisadores que se dispuseram a contribuir com a pesquisa, bem como ao Convênio CAPES-COFECUB (869-15) e ao CNPq (Projeto Universal 446857/2014-9) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER. **O relevo brasileiro e seus problemas**. In: Brasil - a terra e o homem. Org: Aroldo de Azevedo. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1964.
- BRASIL. **Lei nº 12.727**, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 2 jul. 2014.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução**

- nº 303, de 20 de Março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 2 jul. 2014.
- FLORENZANO, Teresa G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GOUDIE A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. New York, Routledge Taylor & Francis, 2004. 1.201p.
- GUERRA A. T., GUERRA A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro, Bertrand, 2008.
- INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 2009. 182p.
- INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de Unidades do Relevo do Brasil**. Escala 1: 5.000.000, 2006. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- MARTINS F. P., SALGADO A. A. R., CARMO F. F., MAFRA M. A. As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, nº 3, p. 387-398, 2015.
- PRESS F., SIEVER R., GROETZINGER J., JORDAN T. H. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre, Artmed. 2006, 656p.
- PRIBERAN. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/DLPO/>>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- VIEIRA B. C., SALGADO A. A. R., SANTOS L. J. C. **Landscapes and Landforms of Brazil**. Amesterdan, Spriger, 2015.
- WRIGHT J. T. C; GIOVINAZZO R. A. **Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, nº 12, 2º trim./2000.

Anexo 5

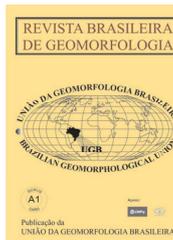


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 3 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1180>



MORFOGÊNESE DA CHAPADA DAS MESAS (MARANHÃO-TOCANTINS): PAISAGEM CÁRSTICA E POLIGENÉTICA

MORPHOGENESIS OF CHAPADA DAS MESAS (MARANHÃO-TOCANTINS): KARSTIC AND POLIGENETIC LANDSCAPE

Fernanda Pereira Martins

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos 627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 31270-901. Brasil
Email: martinsgeo@hotmail.com.br

André Augusto Rodrigues Salgado

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos 627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 31270-901. Brasil
Email: aarsalgadoufmg@gmail.com

Helen Nébias Barreto

Departamento de Geociências, Universidade Federal do Maranhão
Av. dos Portugueses 1996, São Luís, Maranhão. CEP: 65080-805. Brasil
Email: helennebias@yahoo.com.br

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
30/11/2016
Aceito (Accepted):
08/06/2017

Palavras-chave:

Morfogênese; Chapada das Mesas; Arenito; Paleocarste; Isótopo Cosmogênico ¹⁰Be.

Keywords:

Morphogenesis; Chapada das Mesas; Sandstone; Paleokarst; ¹⁰Be Cosmogenic Nuclide.

Resumo:

A Chapada das Mesas, Maranhão/Tocantins, possui uma das paisagens mais fidedignas às unidades de chapadas no Brasil. Entretanto, esta região foi pouco estudada, principalmente em termos de gênese de sua paisagem. Neste contexto, insere-se o presente trabalho que analisou os processos que influenciaram na morfogênese da Chapada das Mesas através da correlação entre a litologia, morfoestrutura e o sistema de drenagem regional. Para tanto, os métodos de análise utilizados, foram: (a) parâmetros morfométricos, (b) mensuração de processos denudacionais de longo termo (¹⁰Be) e, (c) trabalhos de campo. Com base nas análises realizadas concluiu-se que a estrutura regional influenciou diretamente a configuração da drenagem pretérita e atual, potencializando a morfogênese dessa paisagem devido a processos internos associados a um antigo sistema de drenagem subterrânea típico de paisagens cársticas. Assim, torna-se possível afirmar que a morfogênese regional é mais complexa do que sugerem os modelos de evolução de longo termo para paisagens do tipo Chapada e, sendo assim, é necessário rever os conceitos teóricos acerca dos processos que envolvem a gênese e evolução dessas formas de relevo.

Abstract:

The Chapada das Mesas, Maranhão/Tocantins, has one of the most reliable landscapes of flat-topped (table) units in Brazil. However, this region has been little studied, especially in terms of its landscape genesis. In this context, this work analyzed the processes that influenced the morphogenesis of the Chapada das Mesas through the correlation between the lithology, morphostructure and regional drainage system. Therefore, the analysis methods were: (i) morphometric parameters, (ii) measurement of long term (^{10}Be) denudation processes and, (iii) field works. Based on the analysis made, we concluded that the regional structure directly influenced the setting of the preterit and current drainage, increasing the morphogenesis of this landscape due to internal processes associated with an old underground drainage system that is typical from karst landscape. Thus, it is possible to assert that regional morphogenesis is more complex than suggested by the long-term evolution models for Tablelands type and, therefore, it is necessary to review the theoretical concepts about the processes involved in the genesis and evolution of these landforms.

Introdução

A Chapada das Mesas, localizada na divisa entre as regiões norte e nordeste do Brasil (Maranhão-Tocantins), constitui uma típica paisagem de chapada e tem um importante papel ambiental e ecológico, pelo que, parcialmente, está inserida no Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM). Contudo, essa região ainda é muito pouco conhecida cientificamente, principalmente no âmbito da geomorfologia e dos processos que culminaram em sua morfogênese e evolução. Tal fato constitui considerável lacuna científica, principalmente em razão da Chapada das Mesas se localizar no contato entre a Bacia Sedimentar do Parnaíba e o Orógeno Brasileiro do Tocantins (Salgado *et al.*, 2015), ou seja, no contato entre diferentes compartimentos geotectônicos e hidrográficos.

As Chapadas são formas de relevo recorrentes no território brasileiro e possuem morfogênese associada a modelos de evolução do relevo caracterizados por desenvolvimento em fases distintas (Martins *et al.*, 2015; Martins & Salgado, 2016): (1) Formação de superfície sedimentar, metassedimentar ou vulcânica máfica de topografia plana ou quase plana; (2) Incisão da rede de drenagem nessa superfície graças ao aprofundamento do nível de base; (3) Estabelecimento de novo nível de base para a rede de drenagem que incidiu; (4) Individualização dos platôs por meio de recuo lateral das vertentes e; (5) Formação de uma nova superfície erosiva, pontilhada de relevos residuais (tabulares) que preservam em seu topo a topografia da antiga superfície (plana ou quase plana). No entanto, no Brasil foram poucos os estudos científicos que investigaram a morfogênese de paisagens

desse tipo. Logo, embora teoricamente as paisagens de chapada sejam bem explicadas, na prática, os modelos elucidativos praticamente nunca foram testados em regiões de Chapada no território brasileiro. Sendo assim, investigações que tentem compreender a morfogênese de paisagens desse tipo no Brasil tornam-se necessárias para o avanço da Geomorfologia nacional.

Tendo por base as premissas acima expostas, pretende-se neste trabalho investigar a morfogênese da paisagem da Chapada das Mesas através da análise integrada de dados morfoestruturais e denudacionais com a rede de drenagem. Objetivou-se discutir não somente a morfogênese da Chapada das Mesas, bem como averiguar a validade do modelo explicativo para formação desse tipo de paisagem.

Caracterização da área de estudo

A Chapada das Mesas se localiza no interior da unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2006) de Chapadas e Planos do Rio Farinha na divisa entre os estados do Maranhão e Tocantins (Figura 1). Essa região é, em termos de paisagem, caracterizada por um conjunto de formas de relevo exuberante – chapadas – que imprime um aspecto cênico de inestimável beleza para esta região (Figura 2). Paralelamente, a área de estudo possui grande importância ecológica, fato esse que, conjugado com a riqueza paisagística, deu origem à criação do Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) (BRASIL, decreto de 12 de dezembro de 2005), com aproximadamente 160.000 ha.

Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão-Tocantins): Paisagem Cárstica e Poligenética

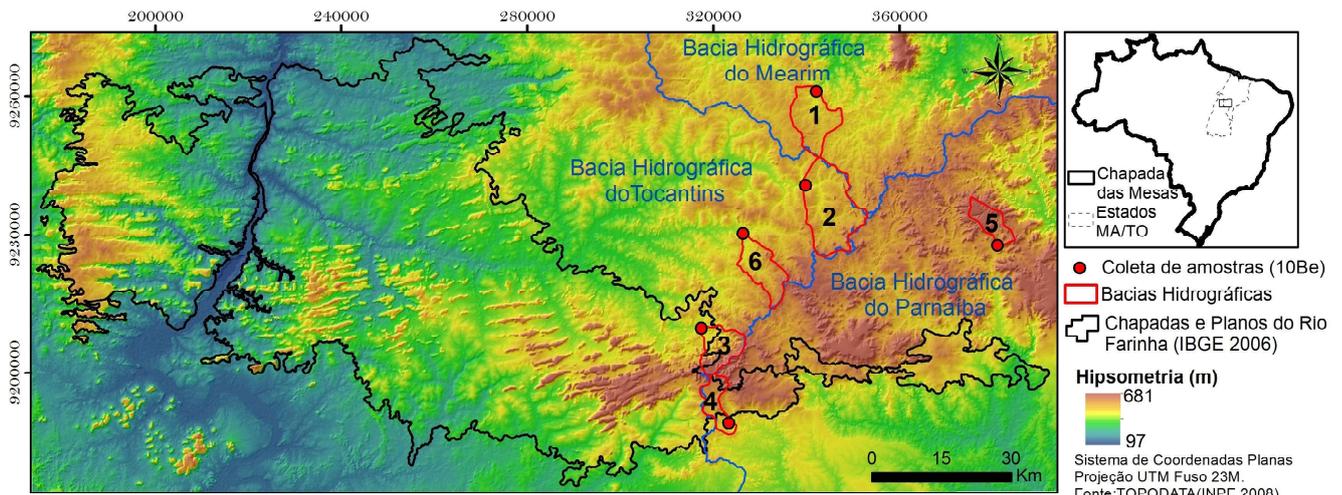


Figura 1 - Localização da área de estudo com ênfase para a Unidade do Relevo Chapadas e Planos do rio Farinha (IBGE, 2006) e localização dos pontos onde foram coletadas amostras de sedimentos para análise do isótopo cosmogênico ^{10}Be .



Figura 2 - Paisagem típica da Região da Chapada das Mesas.

Em termos geológicos, a área de estudo se localiza na Bacia Sedimentar do Parnaíba, uma bacia intracratônica de idade Paleozóica, no limite com o antigo Orógeno Tocantins. Possui como substrato litológico uma

sucessão de rochas sedimentares e vulcânicas de idade Neoproterozóica-Eopaleozóica (Almeida *et al.*, 1981). Na área de estudo esse substrato é basicamente arenítico e corresponde às seguintes unidades: (i) às formações

areníticas meso-paleozóicas Itapecuru, Corda, Grajaú, Sambaíba, Motuca e Pedra de Fogo; (ii) aos basaltos mesozóicos da Formação Mosquito; (iii) aos depósitos detrítico-lateríticos terciários; (iv) aos coluviões pleistocênicos, e (v) aos aluviões holocênicos. Vale ressaltar que, nas porções mais elevadas da paisagem, os arenitos são recobertos por depósitos detrítico-lateríticos terciários encouraçados. Este encouraçamento é que sustenta o topo das chapadas e estabelece um nível altimétrico somital para a paisagem regional. Já no sopé das mesas e chapadas acumulam-se os coluviões pleistocênicos compostos por sedimentos conglomeráticos e areno-siltosos laterizados de origem colúvio-aluvial.

O clima regional pode ser caracterizado como Tropical Úmido com altas temperaturas e duas estações bem definidas: invernos secos e verões úmidos (MMA, IBAMA & PREVFOGO, 2007). A região apresenta importante biodiversidade, que se configura pelo encontro de três importantes biomas brasileiros: Amazônico, Cerrado e Caatinga (Moraes & Lima, 2007). É drenada em 15.623,7 km² pela Bacia Hidrográfica do rio Tocantins, em 4.538,75 km² pela Bacia do rio Parnaíba e em menor proporção - 2.005,04 km² - pela Bacia Hidrográfica do rio Mearim.

Materiais e Métodos

A metodologia desta pesquisa está dividida em cinco eixos principais: (i) análise da litologia e da morfoestrutura via mapeamento temático; (ii) estudo da estruturação e dos padrões da rede hidrográfica; (iii) levantamento de parâmetros morfométricos; (iv) mensuração de processos denudacionais de longo termo via isótopo cosmogênico ¹⁰Be e; (v) avaliação qualitativa da paisagem por meio de atividades de campo.

Para o desenvolvimento das análises, foi realizado o levantamento e organização da documentação cartográfica básica que corresponde às oito cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:100.000: Wanderlândia, Paranidji, São Pedro dos Crentes, Fortaleza dos Nogueiras, Babaçulândia, Carolina, Riachão e Canto dos Currais, das quais foram extraídos os dados de rede de drenagem a partir de vetorização manual. Na caracterização e análise litoestrutural foram utilizados os planos de informação temáticos (geologia e lineamentos estruturais) da base vetorial da Amazônia Legal, adquiridos por meio do acervo do IBGE (2006). Os parâmetros mor-

fométricos foram calculados a partir do Modelo Digital de Elevação, Projeto TOPODATA-INPE (Valeriano & Rosseti, 2012) com resolução espacial de 30 m.

A partir da organização da base cartográfica da área de estudo, foram realizadas as análises espaciais com ferramentas específicas dos Softwares ArcGIS 10.1, SPRING 5.2.1 e MATLAB, onde foram gerados os respectivos parâmetros: (i) densidade de drenagem (Dd); (ii) densidade de lineamentos (DI) (Vilela & Matos, 1975); (iii) Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) (Hare & Gardner, 1985); (iv) Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT) (Cox, 1994); e (v) perfis topográficos.

Na etapa de campo, foram realizadas as análises qualitativas da paisagem regional e foram coletadas amostras de sedimentos aluviais em seis bacias hidrográficas (Figura 1). Os critérios para a amostragem consideraram os respectivos aspectos: (i) mínima perturbação antrópica para que as amostras representem a dinâmica geomorfológica da área de estudo; (ii) localização dos pontos na área core da unidade geomorfológica de domínio de chapadas e, na área de entorno desta unidade, abrangendo as três principais bacias hidrográficas que drenam a região; (iii) seleção de bacias com substrato rochoso representativo das principais formações litológicas da área e; (iv) tamanho das bacias entre 40 e 180 km², conforme adotado para mensuração de taxas de denudação via isótopo cosmogênico (Brown *et al.*, 1995; Granger *et al.*, 1996).

As taxas de denudação de longo termo (¹⁰Be) foram quantificadas a partir das seis amostras de sedimentos aluviais. A mensuração de processos erosivos via isótopo cosmogênico ¹⁰Be tem sido um dos mais usados nos estudos geomorfológicos para análise da evolução da paisagem. Os isótopos estáveis de ¹⁰Be são formados por meio de raios cósmicos que atingem a superfície terrestre e interagem com materiais litosféricos ricos em quartzo (Lal, 1991). Assim, a partir da quantificação do acúmulo de ¹⁰Be em sedimentos ricos em quartzo, é possível estimar a taxa de denudação média de uma bacia em até 1,38 Ma, tempo que corresponde à meia-vida do ¹⁰Be.

O processo de extração e purificação química do quartzo das amostras coletadas foi realizado na França, sob a supervisão da equipe do Laboratório Nacional de Nuclídeos Cosmogênicos (LN2C) do Centro Europeu de Pesquisa e Ensino em Geociências e Meio Ambiente

(CEREGE). Após o tratamento laboratorial, as amostras foram encaminhadas para um espectômetro de aceleração de massa ASTER, onde foi realizada a medição da concentração de átomos de ^{10}Be . A partir dos resultados, procedeu-se ao cálculo da taxa de denudação, por meio da seguinte equação:

$$C_{(x,\varepsilon,t)} = \frac{P_{spall.}}{\frac{\varepsilon}{\Lambda_n} + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_n}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_n} + \lambda \right) \right\} \right] + \frac{P_{\mu_slow}}{\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu s}} + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_{\mu s}}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu s}} + \lambda \right) \right\} \right] + \frac{P_{\mu_fast}}{\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu f}} + \lambda} \cdot e^{-\frac{x}{\Lambda_{\mu f}}} \left[1 - \exp \left\{ -t \left(\frac{\varepsilon}{\Lambda_{\mu f}} + \lambda \right) \right\} \right]$$

onde C é a concentração de núclídeos; P_0 (átomos.g⁻¹.ano⁻¹) é a produção total de ^{10}Be na superfície; Λ_n , $\Lambda_{\mu s}$, $\Lambda_{\mu f}$ são os respectivos fatores de atenuação dos nêutrons, dos muons lentos e dos muons rápidos em g.cm⁻² (Braucher *et al.*, 2011); P_n , $P_{\mu s}$, $P_{\mu f}$ (P_n , $P_{\mu s}$, $P_{\mu f} = 1$) são as contribuições relativas das produções dessas partículas na produção total P_0 de ^{10}Be ; ε é a taxa de denudação (g.cm⁻².a⁻¹); λ é a constante de desintegração radioativa do ^{10}Be ($T_{1/2} = 1,38.10^6$ anos); ρ corresponde à densidade do arenito (2.35 g.cm⁻³); e t é tempo de exposição da rocha.

Por fim, o trabalho de campo visou não apenas a coleta de sedimentos – granulometria areia – para análise laboratorial visando a mensuração do isótopo cosmogênico ^{10}Be , mas também objetivou realizar uma análise qualitativa da paisagem com ênfase para observação das formas que compõe o relevo regional.

Resultados

Na região da Chapada das Mesas, a Dd (densidade de drenagem) tem um valor de 0,84 km/km², mas, ao considerar apenas o limite da unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha que se localiza principalmente na porção centro-ocidental da área de estudo (Figura 3), este índice é ainda menor, com um valor de 0,76 km/km². Ao contrário, a DI (densidade de lineamentos) é maior dentro dessa unidade geomorfológica

quando comparada com a área externa (Figura 4). Os lineamentos estruturais – falhas e fraturas – possuem direção preferencial para E-W com deflexão de NE-SW, variando em torno de N80E e, em menor quantidade, entre N70E e N60E (Figura 5). Já as chapadas também estão dispostas no sentido NE-SW, variando entre N70E e N80E para frequência absoluta e comprimento absoluto (Figura 6).

A rede de drenagem possui direção diversificada, com frequência absoluta, principalmente, em N-S, com destaque para NE-SW em N10E, N30E e N40E. Já o comprimento absoluto apresenta duas direções preferenciais, a NW-SE em N80W e a NE-SW em N60E (Figura 7a). Sabendo-se que os cursos de menor ordem são mais susceptíveis a seguir as mudanças no terreno, foram analisadas separadamente as drenagens de primeira e segunda ordem (figuras 7b e 7c). Para os canais de primeira ordem, a frequência absoluta demonstra direção majoritária de N-S, em N10W, seguido em menor quantidade para NE-SW em N40E e E-W em N80E. Entretanto, quando analisado o gráfico de comprimento absoluto, esses valores são maiores de E-W, em N80E, seguidos pela direção NE-SW em N50E, N60E e N40E (Figura 7b). Já para os canais de segunda ordem, na frequência absoluta e no comprimento absoluto, possuem direção NE-SW em N70E (Figuras 7c), assim como a direção da disposição das chapadas (Figura 6) e dos lineamentos estruturais (Figura 5).

A disposição geral das chapadas e da rede de drenagem ainda pode ser analisada a partir de três perfis topográficos regionais (Figura 8). Os perfis 1 e 2 estão próximos ao eixo N-S, enquanto o perfil 3 corta toda a unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha, de E-W. Os perfis mostram que as chapadas estão, majoritariamente, cortadas por drenagens de 1ª e 2ª ordens. No que se refere à análise do FSTT (Fator de Assimetria Topográfica Transversal), nos afluentes do rio Tocantins, não houve elevadas migrações, pois as mesmas permaneceram entre 0,02 e 0,21 (Tabela 1). Isto sugere que não há um controle neotectônico evidente na região. Quanto ao FABD (Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem), dentre as 13 sub-bacias hidrográficas analisadas, 30,76 % indicaram pouco ou nenhum basculamento (FABD entre 45 e 55), 38,46% sugeriram migração média para a margem direita (FABD entre 55 e 65) e 30,76% sugeriram migração média para a esquerda (FABD entre 45 e <35) (Tabela 1).

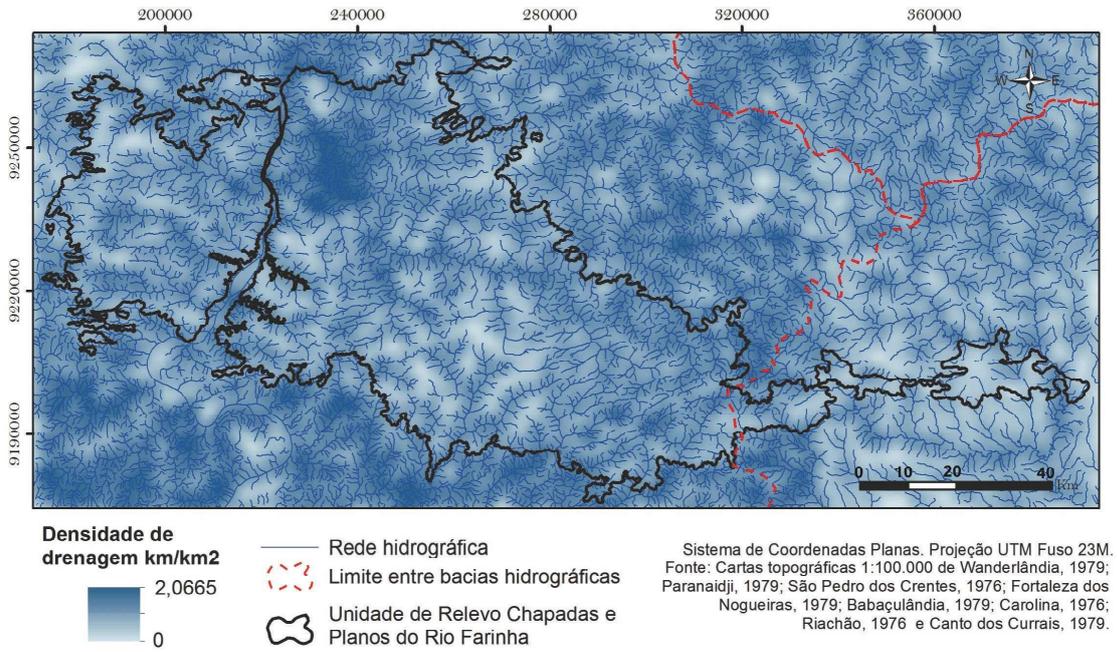


Figura 3 - Densidade de drenagem na região da Chapada das Mesas.

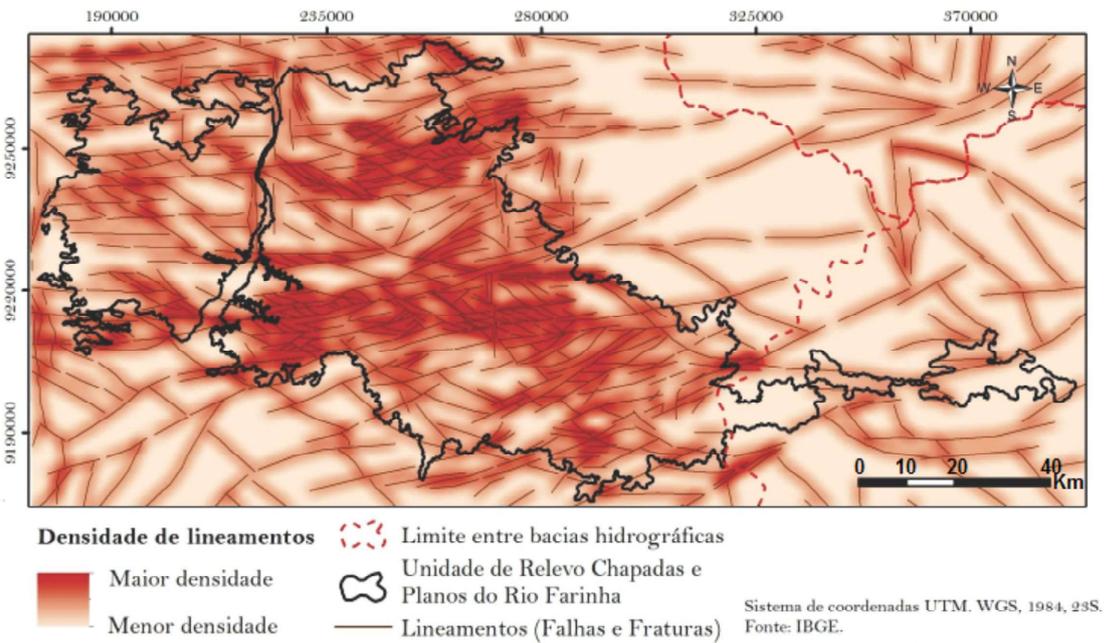


Figura 4 - Densidade de lineamentos na região da Chapada das Mesas.

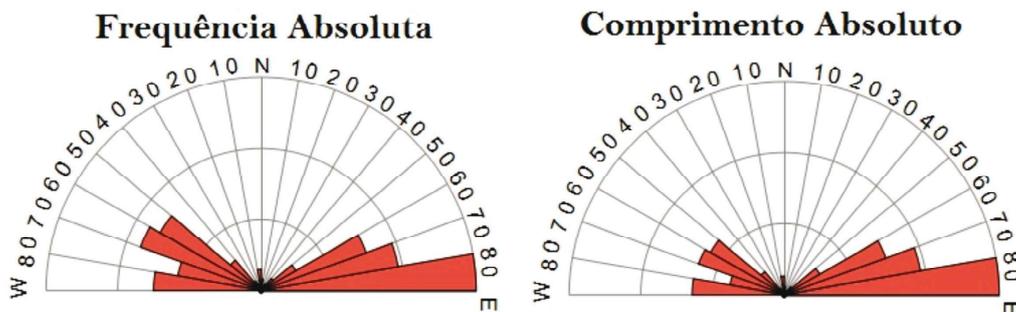


Figura 5 - Diagrama de rosetas dos lineamentos morfoestruturais em frequência absoluta e comprimento absoluto de Falhas e Fraturas na Região da Chapada das Mesas.

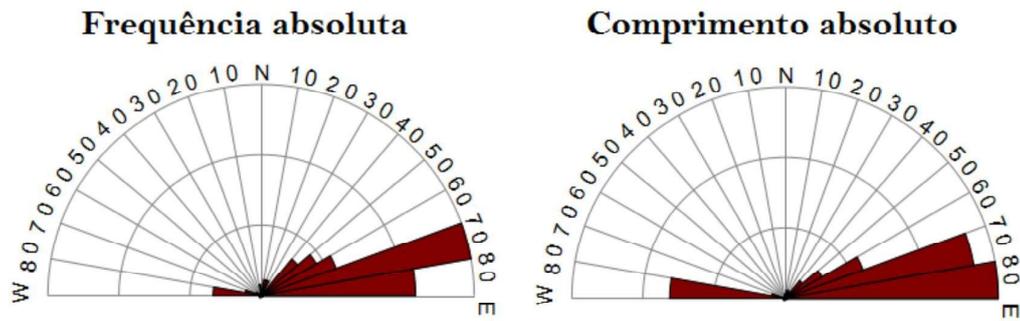


Figura 6 - Diagrama de rosetas em frequência absoluta e comprimento absoluto referente a direção das mesas dentro da Unidade Chapadas e Planos do Rio Farinha.

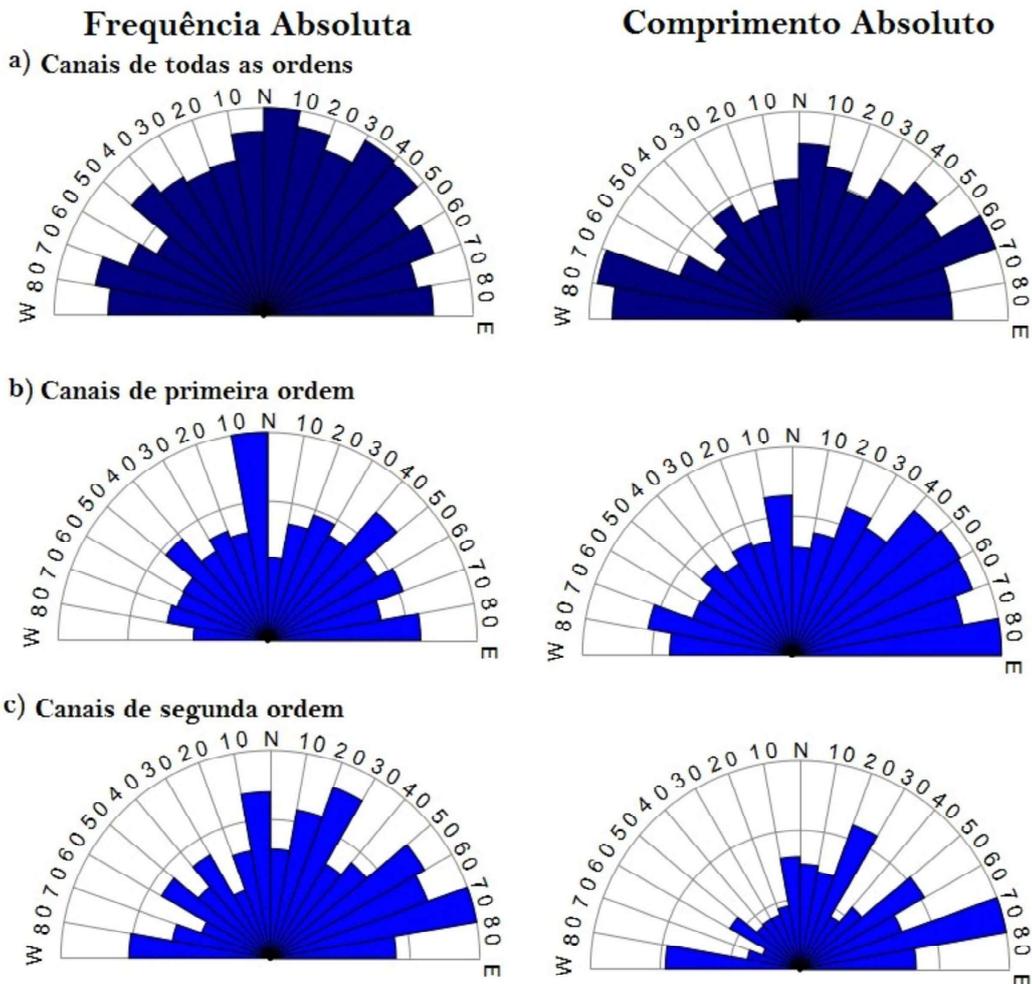


Figura 7 - Diagrama de rosetas com frequência absoluta e comprimento absoluto da rede de drenagem da região de estudo: (a) drenagem de todas as ordens, (b) de primeira ordem e (c) de segunda ordem.

Em termos de denudação de longo-termo (^{10}Be), a mesma se apresentou extremamente variável na área de estudo (Tabela 2). Essa variação foi extrema, visto que foram mensuradas taxas medianas – na faixa de 12 metros por milhão de anos – paralelamente a outras muito mais elevadas e que superaram os 60 metros por milhão de anos (Tabela 2). Sendo assim, as maiores

taxas erosivas mensuradas na área superaram, inclusive, a maior parte das taxas já registradas nas faces mais escarpadas da Serra do Mar (Salgado *et al.*, 2013; 2016; Gonzalez *et al.*, 2016), área onde foram, até ao presente momento, mensuradas as mais altas taxas erosivas do Brasil via ^{10}Be .

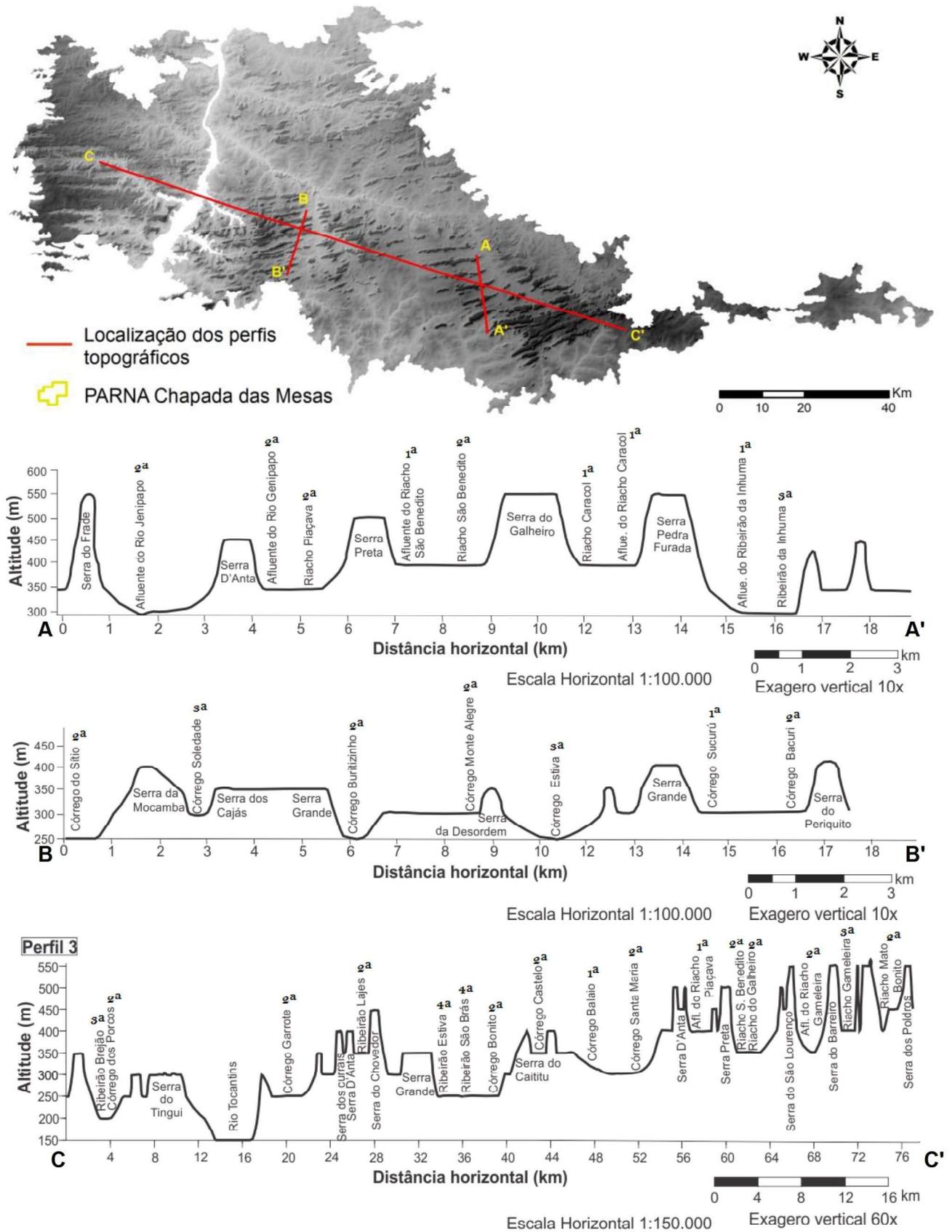


Figura 8 - Perfis topográficos na área de estudo com a disposição das mesas e da drenagem com suas respectivas ordens de canal segundo Strahler (1952).

Tabela 1: Índices de Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Assimetria Topográfica Transversal (FSTT), incluindo média (x) e desvio padrão (s), em sub-bacias de 3º e 4º ordem fluvial da área analisada.

Bacia Hidrográfica	FSTT		FABD
	X	S	
Rio Brejão	0,18	0,21	33,07
Riacho Jenipapo	0,05	0,07	34,99
Ribeirão Corrente	0,18	0,14	47,09
Ribeirão Estiva	0,07	0,07	62,37
Ribeirão São José	0,14	0,08	59,14
Ribeirão Pedra Caída	0,07	0,06	44,09
Ribeirão Taboca	0,12	0,07	46,88
Ribeirão Brejão	0,08	0,11	55,29
Ribeirão Campo Alegre	0,07	0,07	55,29
Rio Feio	0,08	0,07	37,41
Riacho Velho	0,13	0,08	45,77
Ribeirão Galheiro	0,05	0,02	50,76
Ribeirão Mata Verde	0,12	0,1	63,07

Tabela 2: Taxas de denudação de longo-termo ¹⁰Be mensuradas na região da Chapada das Mesas

Ponto de Amostra	Bacia Hidrográfica (Afluente)	Área da sub-bacia amostrada (km ²)	Longitude e Latitude (graus decimais)	Concentração de átomos de ¹⁰ Be (átomos g ⁻¹)*10 ⁵	Taxa de denudação ¹⁰ Be (m/Ma)	Tempo de Integração (anos)
1	Mearim (Grajauzinho)	96,7	-46,428285 -6,683201	0,41±0,02	68,9±2,72	9.217
2	Tocantins (Farinha)	180,1	-46,449946 -6,866661	2,02±0,06	12,8±0,41	48.601
3	Tocantins (Fariuzinha)	72,2	-46,65362 -7,146798	0,49±0,02	60,0±2,15	10.584
4	Parnaíba (Frutuoso)	42,7	-46,601031 -7,332999	2,08±0,07	12,6±0,40	49.232
5	Parnaíba (Fundo)	48,4	-46,077306 -6,98585	1,21±0,10	23,9±2,06	26.310
6	Tocantins (Conceição)	81,5	-46,571707 -6,9615	1,48±0,05	18,0±0,57	34.755

Por fim, a análise qualitativa da paisagem realizada em campo, reafirmou que o relevo regional é caracterizado principalmente pela existência de Chapadas. Estas possuem topo em cota altimétrica semelhante, mas a área de superfície muito variável. Entretanto, além das formas de relevo do tipo Chapada, o que mais cha-

ma a atenção na paisagem regional é a ocorrência de formas típicas de um paleocarste em arenito como, por exemplo, arcos em topos de morro, pequenas cavidades, cânions que parecem ter sua gênese associada a queda do teto de uma caverna, paleosumidouros, sumidouros e ressurgências fluviais (Figura 9).

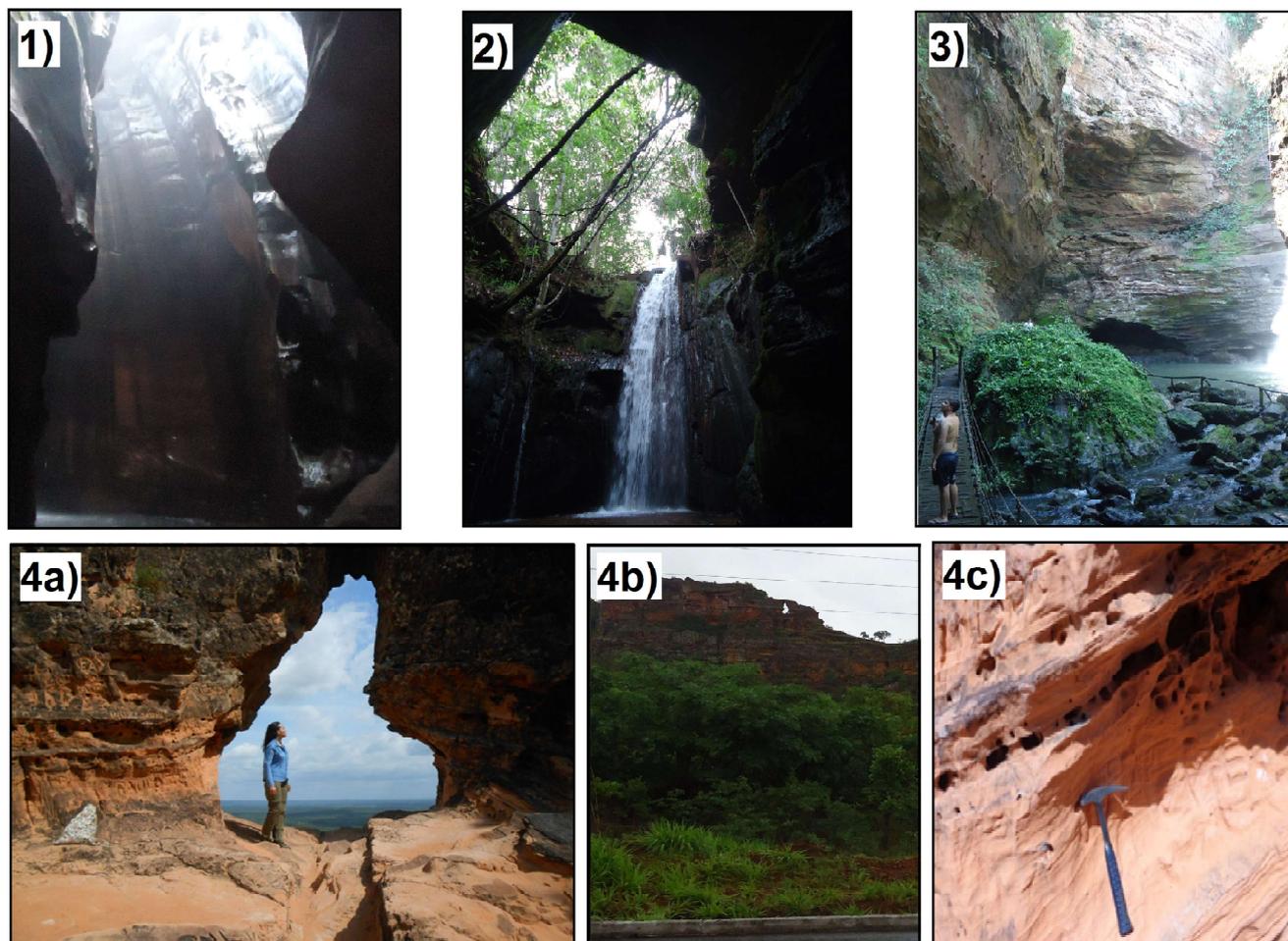


Figura 9 - Formas cársticas na região da Chapada das Mesas, MA/TO. (1) Cachoeira do Santuário e (2) Cachoeira da Caverna; (3) Cânion e caverna da Cachoeira de Santa Bárbara; (4a e b) Arco da Pedra Caída; (4c) Ductos em diversos diâmetros na rocha que compõe o portal da Pedra Caída.

Discussões

A região da Chapada das Mesas tem Dd baixa ou regular baixa, sendo esse índice ainda menor quando se analisa apenas a unidade de relevo Chapadas e Planos do Rio Farinha. De acordo com Barreto *et al.* (2001), a Dd é uma expressão da intensidade do escoamento superficial e, portanto, quanto menor a densidade de drenagem, menor o escoamento superficial e maior a infiltração. Essa baixa taxa regional da Dd pode ser considerada normal, pois o principal substrato da região é o arenito, rocha muito porosa. Entretanto, chama a atenção que a relação entre Dd e DI é claramente inversamente proporcional (figuras 3 e 4). Ou seja: quanto maior a ocorrência de lineamentos (DI), maior a porosidade secundária (estrutural) e por isso maior a infiltração de água, diminuindo assim a drenagem superficial (Dd). Há

uma exceção a essa lógica no extremo norte da unidade, que apresenta uma porção com elevada Dd e, ao mesmo tempo, elevada concentração de lineamentos (figuras 3 e 4). No entanto, este fato pode ser explicado em razão de que esta área tem sua altitude muito próxima à do nível de base regional (Rio Tocantins), o que não favorece a infiltração da água, mas sim, seu escoamento pela superfície.

A rede de drenagem apresenta direção muito diversificada. Isto é próprio de ambientes de clima tropical úmido e raramente coincide com o direcionamento dos lineamentos estruturais (figuras 5 e 7). Os dados de FSTT e FABD também dão suporte a essa interpretação, pois as sub-bacias analisadas de 3º e 4º ordens não possuem controle neotectônico evidente e, tampouco, forte migração de seus canais (Tabela 1).

Ao contrário dessas sub-bacias, a estrutura tende a controlar de forma mais expressiva os cursos de primeira e segunda ordem, os quais apresentam, em diversas porções da área, padrão paralelo de drenagem (figuras 5 e 7). O posicionamento similar entre a direção dos lineamentos estruturais, da drenagem – principalmente de segunda ordem - e das chapadas (figuras 5, 6 e 7) indica influência direta da estrutura geológica nos canais de menor ordem hierárquica e na dissecação do relevo. Por conseguinte, indica de forma inequívoca que a estrutura influencia diretamente o arranjo espacial das chapadas. Logo, como visualizado nas rosetas dos canais de 1ª e 2ª ordem e nos perfis topográficos (figuras 7 e 8), estes seguem os lineamentos e abrem os cânions individualizando, assim, as chapadas.

A imensa variação nas taxas de denudação registradas que vão de 12,6 até 68,9 m/Ma (Tabela 2), bem como o fato de algumas delas terem alcançado patamares maiores do que quase todas as taxas já mensuradas na escarpada e elevada Serra do Mar, não podem ser explicados apenas pelo modelo tradicional de gênese das Chapadas (Martins & Salgado, 2016). Inclusive em razão de que as taxas mais elevadas são incompatíveis com as mais baixas mensuradas na mesma região e em bacias hidrográficas vizinhas, bem como são também inconciliáveis com os índices de FSTT e de FABD e com a morfologia da paisagem regional que não é composta por montanhas e serras escarpadas, mas, sim, por Chapadas.

Neste ponto há de se considerar que um sedimento que nunca foi influenciado pela radiação cósmica, ou seja, um que nunca esteve em condições de superfície, não apresenta em seu interior o isótopo cosmogênico ^{10}Be , pois é o bombardeamento natural dessa radiação sobre as rochas e sedimentos que produz, no interior dos minerais, esse isótopo. No outro extremo, um sedimento que tenha sido lentamente erodido e transportado, apresentará quantidades elevadas de ^{10}Be , visto que permaneceu muito tempo sendo influenciado pela radiação cósmica. Logo, sedimentos com muito ^{10}Be significam taxas de denudação baixas pois permaneceram um bom tempo em condições de superfície e foram, portanto, muito bombardeados pela radiação cósmica. Já aqueles com pouco ^{10}Be , são oriundos de taxas de denudação altas, pois foram rapidamente erodidos e transportados e por isso permaneceram pouco tempo

sob ação da radiação cósmica. Neste contexto, elevadas taxas de denudação significam que minerais que nunca estiveram em condições superficiais, alcançaram a mesma de forma muito rápida. Em ambientes com baixa interferência antrópica, isso só pode ocorrer se as amostras são oriundas de áreas com soerguimento tectônico pronunciado - com suas consequentes elevadas taxas de denudação - ou se os sedimentos chegaram a superfície por terem sido ejetados de cavernas ou pelo colapso do teto das mesmas.

Considerando-se a morfologia da paisagem – chapadas - tal fato leva a crer que a única forma de algumas bacias hidrográficas apresentarem taxas de denudação tão elevadas (Tabela 2) é a de muitos dos seus sedimentos terem alcançado a superfície de forma abrupta independente do processo erosivo tradicional. Neste contexto, apenas a ejeção de sedimentos subterrâneos em ressurgências fluviais ou o desabamento do teto de cavernas permitiria que sedimentos localizados muitos metros em subsuperfície alcançassem abruptamente a superfície. Logo, as formas cársticas verificadas na paisagem regional (Figura 9) são indícios imprescindíveis à compreensão das elevadas taxas denudacionais mensuradas (Tabela 2), bem como ao entendimento da morfogênese regional. Na verdade elas constituem pequenas evidências de um sistema muito maior e ainda desconhecido que é essencial para a compreensão da evolução do relevo da Chapada das Mesas. Isso levanta a hipótese de que a drenagem que acompanha as falhas é, em grande parte, subsuperficial e forma um sistema subterrâneo que somente é exposto quando, em estágio mais avançado, seu teto entra em colapso e origina esses tributários formando cânions e cachoeiras. Desta forma, a morfogênese da Chapada das Mesas parece estar associada a um processo de dissecação do relevo que, graças ao trabalho de cursos fluviais de primeira e segunda ordem, estes escoando na superfície ou em subsuperfície, recortam a área e isolam as chapadas umas das outras (Figura 10). Logo, a paisagem regional possui gênese muito mais complexa do que o modelo tradicional de formação de chapadas previa (Martins & Salgado, 2016). Neste caso, pode ter gênese, majoritariamente, associada a processos típicos do carste (Figura 10).

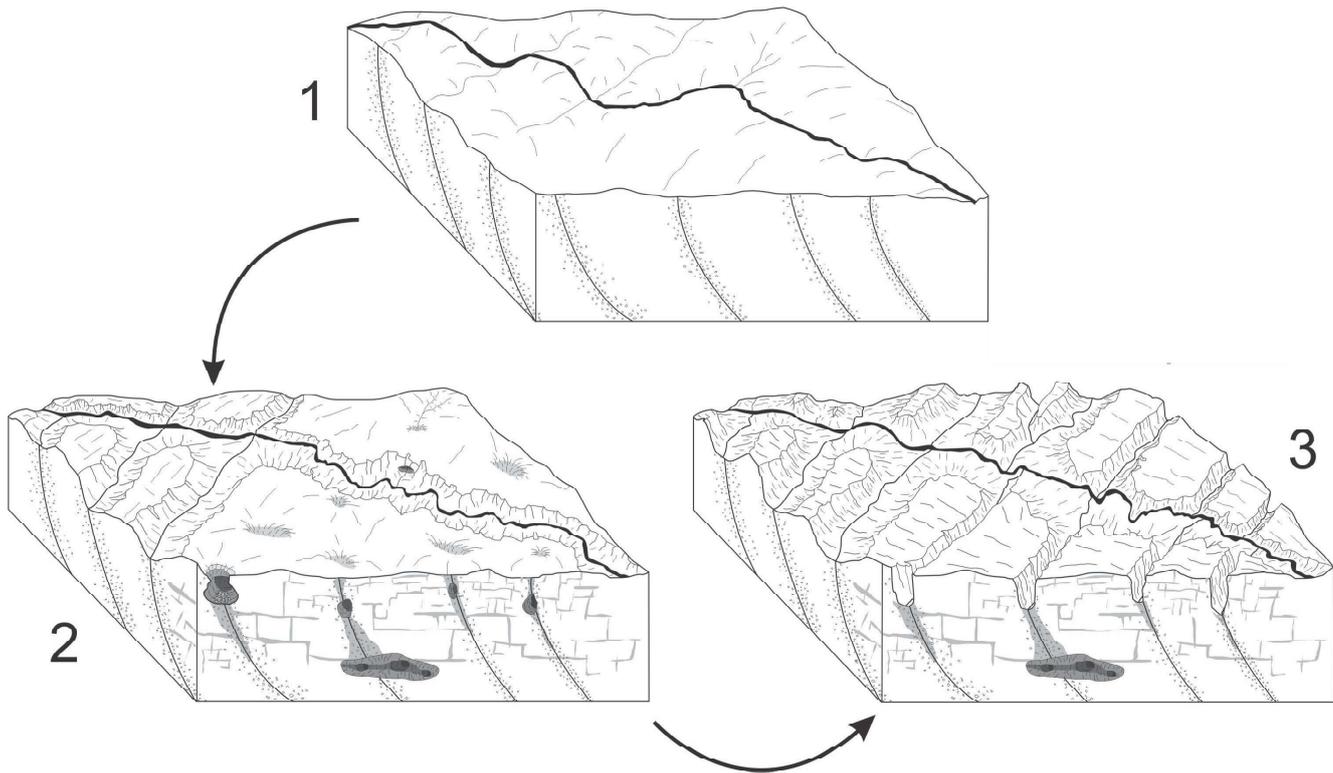


Figura 10 - Modelo de morfogênese de paisagem da Chapada das Mesas: Processos superficiais e subsuperficiais são importantes para a evolução do relevo da região. Estes últimos, devido à “carstificação” em lineamentos de arenitos, formam ductos e cavernas que, ao colapsarem, potencializam a formação de vales encaixados. Desenhado por Henrique Amorim Machado.

Considerações Finais

Ao final deste trabalho foi possível concluir que a região da Chapada das Mesas constitui uma paisagem que teve uma morfogênese muito mais complexa do que o previsto para modelos evolutivos do relevo para paisagens do tipo Chapada. Destaca-se uma gênese em parte associada à ocorrência de formas e a dinâmicas cársticas. Logo, a superfície somital arenítica é recortada e dissecada graças não somente à incisão fluvial de canais de baixa ordem ao longo dos lineamentos estruturais, mas também em razão da evolução de drenagens subterrâneas que em estágios avançados tem seus tetos desabados e são exumadas. Paralelamente, o presente trabalho mostrou que algumas das paisagens do tipo Chapada podem ser consideradas como poligenéticas e que processos típicos do carste podem ser geradores desse tipo de paisagem, mesmo em áreas de substrato não carbonático. Tal consideração abre a possibilidade de revisão de todo o conhecimento nacional acerca das chapadas.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq (Projeto Universal 446857/2014-9) e a CAPES (Projeto CAPES COFE-CUB 869-15) pelo apoio financeiro. Agradecemos também a Édipo Henrique Cremon (UFG) e Fábio Correa Alves (INPE) pelo auxílio nas análises em ambiente MATLAB. Por fim agradecemos a Henrique Amorim Machado pelo apoio no desenho de algumas figuras.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews*, v. 17, p. 1-29, 1981. DOI: 10.1016/0012-8252(81)90003-9
- BARRETO, A. B. C.; MONSORES, A. L. M.; PIMENTEL, J. Modelo de favorabilidade hidrogeológica em aquíferos fissurais – a utilização de técnicas de geoprocessamento no cristalino do estado do Rio de Janeiro. In: IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 2001. p. 467- ,475.

- BRASIL 12 DEZ. 2005. Decreto de criação do PARNA chapada das mesas http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-006/2005/Dnn/Dnn10718.htm
- BRAUCHER, R.; MERCHEL, S.; BORGOMANO, J.; BOURLÈS, D.L. Production of cosmogenic radionuclides at great depth: a multi element approach. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 309, p. 1-9, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.06.036>
- BROWN E. T., STALLARD R. F., LARSEN M. C., RAISBECK, G. M., YIOU, F. Denudation rates determined from accumulation of in situ produced ¹⁰Be in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. **Earth Planetary Science Letters**, v. 129, p. 193-202, 1995. DOI: [10.1016/0012-821X\(94\)00249-X](https://doi.org/10.1016/0012-821X(94)00249-X)
- COX, R. T. Analysis of Drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. **Geological Society of American Bulletin**, v. 106, p. 571-581, 1994. DOI: [10.1130/0016-7606\(1994\)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2)
- GRANGER, D.E.; KIRCHNER, J.W.; FINKEL, R. Spatially averaged long-term erosion rates measured from in situ-produced cosmogenic nuclides in alluvial sediment. **Journal of Geology**, v.104, n. 3, p. 249- 257, 1996. DOI: [10.1086/629823](https://doi.org/10.1086/629823)
- GONZALEZ, V.S.; BIERMAN, P.R.; FERNANDES, N.F.; ROOD, D.H. Long-term background denudation rates of southern and southeastern Brazilian watersheds estimated with cosmogenic ¹⁰Be. **Geomorphology**, v. 268, p. 54-63, 2016. DOI: [10.1016/j.geomorph.2016.05.024](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.05.024)
- HARE, P. W; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. In: Annual Binghamton Geomorphology Symposium, Anais. Boston, 1985.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de Unidades do Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000, 2006. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; CARMO, F. F.; MAFRA M. A. As chapadas brasileiras e a legislação ambiental: conflito de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.3, p. 387-398, 2015. DOI: [10.20502/rbg.v16i3.678](https://doi.org/10.20502/rbg.v16i3.678)
- MARTINS, F. P.; SALGADO, A. R. A. Chapadas do Brasil: abordagem científica e conceitual. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n.1, p. 163-175, 2016. DOI: [10.20502/rbg.v17i1.806](https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.806)
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; CENTRO NACIONAL DE PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS. Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais do Parque Nacional da Chapada das Mesas. 2007.
- MORAES, R. C e LIMA, L. P. Utilização de SIG como ferramenta na gestão do Parque Nacional Chapada das Mesas (Carolina/MA). In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, INPE. 2007. p.4057-4064.
- LAL, D. Cosmic ray labeling of erosion surfaces: in situ production rates and erosion models. **Earth Planetary Science Letters**, v. 104, p. 424-439, 1991. DOI: [10.1016/0012-821X\(91\)90220-C](https://doi.org/10.1016/0012-821X(91)90220-C)
- SALGADO, A. A. R.; MARENT, B. R.; Cherem L. F.; BOURLÈS, D.; SANTOS, L. J. C.; BRAUCHER, R; BARRETO, H. N. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ¹⁰Be concentration in river sediment. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 39, p. 311-319, 2013. DOI: [10.1002/esp.3448](https://doi.org/10.1002/esp.3448)
- SALGADO, A.A.R.; BUENO, G.T.; DINIZ, A. D.; MARENT, B. R. Long-Term Geomorphological Evolution of the Brazilian Territory. In: VIEIRA B.C.; SALGADO A.A.R.; SANTOS. L.J.C. **Landscapes and Landforms of Brazil**, London: Springer, 2015, p. 19-31.
- SALGADO, A.A.R.; REZENDE, E. de A. ; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; DA SILVA, J. R.; GARCIA, R. A. Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced ¹⁰Be concentrations in river-borne sediments. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 67, p. 89-99, 2016. DOI: [10.1016/j.jsames.2016.02.002](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.02.002)
- STRAHLER, A.N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952. DOI: [10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2)
- VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, p. 300-309, 2012. DOI: [10.1016/j.apgeog.2011.05.004](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.004)
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p.