

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE
MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO RIO
SALAMANCA, CARIRI CEARENSE**



GEISLAM GOMES DE LIMA

Recife – PE
Março de 2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO
GEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO RIO SALAMANCA, CARIRI
CEARENSE**

GEISLAM GOMES DE LIMA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (área de concentração em Regionalização e Análise Regional) da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

Co-orientadora: Profa. Dra. Simone Cardoso Ribeiro

Recife – PE
Março de 2014

Catalogação na fonte

L732a Lima, Geislam Gomes de.
Análise comparativa de metodologia de mapeamento geomorfológico na
bacia do Rio Salamanca, Cariri Cearense / Geislam Gomes de Lima. –
Recife: O autor, 2014.
120 f. il. ; 30cm.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva.
Coorientador: Profª. Drª. Simone Cardoso Ribeiro.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco,
CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, 2014.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Cartografia. 3. Regionalização. 4. Paisagem. 5.
Chapada do Araripe I. Silva, Osvaldo Girão da (Orientadora). II. Ribeiro,
Simone Cardoso (Coorientadora). III. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2014-77)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo**



GEISLAM GOMES DE LIMA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO
GEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO RIO SALAMANCA, CARIRI CEARENSE.**

Dissertação aprovada, em 11/03/2014, pela comissão examinadora:

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva
(1º examinador – orientador – PPGeo/UFPE)

Profa. Dra. Danielle Gomes da Silva
(2º examinador – UFAL)

Prof. Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti
(3º examinador – UPE)

**RECIFE – PE
2014**

Aos meus professores e a minha Família

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva, pela atenciosa orientação e suporte durante todo o mestrado.

À profa. Dra. Simone Cardoso Ribeiro, pelo encorajamento e orientação nos estudos sobre geomorfologia desde a graduação no grupo de estudos de Geomorfologia e Pedologia (GeoPed), pela orientação neste projeto e pela rica amizade.

Ao prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa pelo acolhimento no grupo de estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro (GEQUA) e pelas valiosas contribuições tanto na qualificação deste projeto quanto no aprendizado sobre geomorfologia ao longo do mestrado.

A Jonas Otaviano Praça de Sousa, pela amizade e ajuda com o desenvolvimento desde trabalho.

Aos profs. Dra. Danielle Gomes da Silva, pela contribuição na qualificação e pela participação como avaliadora e Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti, pelas discussões sobre cartografia da paisagem e pela participação como membro avaliador.

A Flavia Jorge de Lima, pela logística e discussões neste projeto.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pelo financiamento do projeto.

Aos amigos do GEQUA pelas discussões e ajuda em campo.

Aos amigos Maria Hilda Daniel e Antonio Igor Dantas Cardoso pela companhia no primeiro campo.

Aos amigos do grupo GeoPed, especialmente Cássio Pereira e Thiago Alves pelas contribuições na logística de campo.

A minha família pelo apoio de diversas naturezas.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia, em especial Eduardo Antonio Vêras, pela competência e atenção nos atendimentos.

A Amarelo e Chihiro, pela companhia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da bacia do rio Salamanca	17
Figura 2 – Mapa geológico da bacia do rio Salamanca.....	21
Figura 3 – Mapa geológico da bacia do Araripe com destaque a porção nordeste, entorno da bacia do rio Salamanca	23
Figura 4 – Variação mensal média da Temperatura na Estação de Barbalha/CE.	30
Figura 5 - Variação mensal média da Umidade Relativa do Ar na Estação de Barbalha-CE.	31
Figura 6 - Elevação da bacia do rio Salamanca.....	34
Figura 7 - Declividade em graus da bacia do rio Salamanca.....	36
Figura 8 – Mapa e perfil transversal de distribuição e reconhecimento da média intensidade de solo da bacia do rio Salamanca.....	40
Figura 9 - Ocupação irregular em topo de colina em situação de risco.....	43
Figura 10 - Vegetação tipo cerradão no topo da Chapada do Araripe	46
Figura 11 - Mapa de uso/cobertura e ocupação da bacia do rio Salamanca.....	48
Figura 12 – Aproximações locais mostrando esquematicamente um ponto de um perfil de superfície em três escalas	57
Figura 13 - Detalhe do mapa manuscrito “Perfecte Caerte der gelegentheytt van OLINDA de Pharnambuco Mavrits stadt ende t' Reciffo”, de Cornelis Goliath, de 1648.....	65
Figura 14 - Três mapas da Península de Setúbal, Portugal, confeccionados em momentos técnicos distintos.	66
Figura 15. Esboço esquemático do funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe	74
Figura 16 - A. Superfícies Estruturais (S) e B. Superfícies de Aplainamento (P).....	81
Figura 17 - Planície de inundação descontínua com bolsão de sedimento na área de transição entre a baixa encosta e a alta encosta	93
Figura 18 - Encosta suavemente inclinada a 600 m de altitude, cortadas por drenagem obsequente.	94
Figura 19 - Colinas com ocupação no topo e erosão concentrada.....	96
Figura 20 - Pedimento dissecado a 360 m.....	97
Figura 21 - Planície fluvial da bacia do rio Salamanca. Em primeiro plano a forma plana da planície ocupada para criação de gado. Em segundo plano colinas de cobertura areno-agilosas com cicatrizes erosivas. Em último plano a Chapada do Araripe com borda festonada e formação de hollows.....	98
Figura 22 - Formas de relevo abrangente pela simbologia na metodologia de Demek (1972) e IBGE (2009)	104
Figura 23 - Cicatrizes de deslizamento na escarpa da Chapada do Araripe.....	107
Figura 24 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Salamanca, seguindo a metodologia de IBGE (2009)	109
Figura 25 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Salamanca, seguindo a metodologia de Demek (1972).....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de precipitação (1979-2008) dos municípios da bacia do rio Salamanca ...	32
Tabela 2 – Variáveis de população e expansão da cidade de Barbalha – CE.....	43
Tabela 3 – Classificação taxonômica dos fatos geomorfológicos	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	16
2.1	Morfoestrutura e Geologia	18
2.1.1	Morfoestrutura	18
2.1.2	Geologia	22
2.2	Aspectos Climáticos	28
2.4	Aspectos Pedológicos	37
2.5	Cobertura vegetal e Uso e Ocupação da terra	41
3	METODOLOGIA	49
3.1	As propostas metodológicas de mapeamento geomorfológico	50
3.1.1	A proposta de IBGE (2009)	51
3.1.2	A proposta de Demek (1972)	52
4	REFERENCIAL TEÓRICO	55
4.1	Mapeamento Geomorfológico	55
4.1.1	Escala, hierarquia e sistemas geomorfológicos	56
4.1.2	Simbologia	61
4.2	Técnicas e metodologias de representação do relevo	63
4.2.1	Da fase artística para aos Modelos Digitais de Elevação	63
4.2.2	Uma busca da normatização metodológica	68
4.2.3	A paisagem do Cariri Cearense	72
4.3	Segmentações do relevo para o Cariri Cearense	75
4.4	Morfogênese do nordeste brasileiro	80
5	RESULTADOS	85
5.1	A Taxonomia do mapeamento	85
5.1.1	Níveis de alta ordem hierárquica	86
5.1.2	Unidades básicas de regionalização	89
5.1.3	Diferenças entre as classificações	99
5.2	Simbologia	103

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 111
REFERÊNCIAS 113

RESUMO

Representar de forma coerente as formas de relevo, levando em conta os processos morfogenéticos e a dinâmica sistêmica atual não tem sido uma tarefa simples. Há na literatura científica múltiplas propostas de cartografar as formas de relevo, havendo a necessidade de investigar e discutir suas possibilidades de aplicação para um ambiente específico. Dessa maneira, a bacia hidrográfica do rio Salamanca, na região do Cariri Cearense, é um ambiente de amostra para o estudo, que contempla uma configuração espacial dos enclaves úmidos dentro do semiárido brasileiro. Sua principal estrutura geológica é a bacia sedimentar do Araripe, e tem como principal relevo a Chapada do Araripe, um planalto sedimentar de 900 metros de altitude que guarda na sua porção barlavento, o foco do estudo, um ambiente mais úmido. Neste sentido, a questão que norteia esta pesquisa é: “em que diferem os resultados da aplicação das duas propostas de mapeamento geomorfológico em destaque aplicado ao Cariri Cearense?” Assim, esse trabalho tem como objetivo principal comparar as metodologias de mapeamento geomorfológico de IBGE (2009) e Demek (1972) utilizando a bacia do rio Salamanca como estudo de caso e identificar as potencialidades e limitações de aplicações segundo parâmetros selecionados para o ambiente semiárido do Cariri Cearense, analisando, conjuntamente, a configuração espacial (distribuição, formas e dinâmica) do relevo. Algumas diferenças são destacadas, principalmente em relação à taxonomia hierárquica, que envolve uma regionalização geomorfológica. Assim, uma diferença marcante entre as duas propostas está relacionada ao conteúdo de cada nível de escala. A proposta do IBGE traz uma taxonomia temática, onde em cada nível tem um significado relacionado a algum atributo do relevo, como a estrutura para o primeiro nível e a influência climática para o segundo. Além disso, apesar de não apresentar rigidez do intervalo de área em cada unidade, os níveis tem ordem decrescente de tamanho, ou seja, por uma ordem de conjuntos contidos. A proposta de Gellert (1972) apresenta em sua estrutura hierárquica uma ordem de tamanho e arranjo, onde, por exemplo, os morfotopos (a unidade básica de regionalização) pode ser agrupados em grupos de morfotopos, que, por sua vez, podem estar inseridos em um arranjo maior, de ordem continental, no nível da morforegião. No entanto, a proposta contida no manual da UGI não apresenta temas pra cada nível hierárquico, expondo muito mais e expressão de tamanho de área do que uma função para cada unidade. O estudo destaca a importância de não naturalizar as metodologias, mesmo que estas busquem uma totalidade na abrangência, e expor os fenômenos da superfície em diversas representações.

Palavras-chave: Cartografia Geomorfológica; Regionalização; Paisagem; Chapada do Araripe.

ABSTRACT

Consistently represent the relief, considering the morphogenetic processes and the actual systematic dynamic haven't been a simple task. There are multiples approaches to map the relief forms, so it's necessary to inquire and to analyze the application possibilities to specific environments. Thus, the Salamanca River Watershed, Ceará countryside, is an illustration environment to this study, which includes an especial set of subhumid zone inside the Brazilian dryland. Your main geological structure is the Araripe sedimentary basin, with 900 meters, that keep in your front wind zone a more humid environment. Thinking about this, the main issue is: "which is the differences between the applications of the two geomorphological mapping approaches, using the Ceará dryland context?" The research key goal is compare the geomorphological mapping methodologies of IBGE (2009) and Demek (1972), using the Salamanca River Watershed as a case study and to identify potentials and limitation of each methodology. Several factors to Ceará dryland and spatial relief set were utilized to analyze the methodologies. Some differences are clear, principally about the hierarchical taxonomy, which involves a geomorphological regionalization. Therefore, an outstanding distinction is related with content of each scale level. The IBGE proposal shows a thematic taxonomy, where each level has a mean related with a some relief characteristic, like as the structure to first level and the climatic influence to second level. Furthermore, while not show rigor to area interval in each unit, the levels has decreasing size ordination. The Gellert's proposal (1972) shows in your hierarchical structure a size order, where, for instance, the morphotops (the regionalization basic unite) can be grouped in morphotops groups that can be inserted in a bigger arrangement, of continental order, in the morphoregion level. However, the proposal of IAG manual doesn't present themes to each hierarchical level, exposing more the spatial size expression than a function to each unit. The research highlights the importance of don't generalize the methodologies, even though these methodologies seek a totality scope, and show the surface phenomena in several representation.

Key words: Geomorphological cartography; Regionalization; Landscape; plateau of Araripe

1 INTRODUÇÃO

As formas de relevo apresentam suas singularidades em diferentes espaços da superfície terrestre, sendo resultado da interação de uma série de elementos do ambiente em que evoluiu. O resultado atual pode ser representado com o auxílio de metodologias de mapeamento geomorfológico, servindo como base para o entendimento científico e planejamento para uso e ocupação de uma determinada região.

Representar de forma coerente as formas de relevo atuais, levando em conta esses processos morfogenéticos e a dinâmica sistêmica atual não tem sido uma tarefa simples. Há na literatura científica múltiplas propostas de cartografar as formas de relevo, havendo a necessidade de investigar e discutir suas possibilidades de aplicação para um ambiente específico.

Além das técnicas que possibilitam um apanhado de informações sobre o relevo, é interessante observar, que o processo de mapeamento inclui não só buscar informações e mostrá-las num plano. Inclui também pensar na leitura do mapa, no seu desenho, pensar na sua representatividade. Levando em conta que a finalidade do mapa é ser um instrumento de síntese do trabalho ou base para outras investigações, é interessante observar a forma como essas informações estão representadas, afinal em ambas a interpretação do fenômeno depende de como as informações estarão dispostas.

Dessa maneira, visto que não há uma metodologia única e padronizada para o mapeamento geomorfológico, surgem várias inquietações relacionadas a conteúdo do mapa, sua inteligibilidade e estrutura e simbologias empregadas.

Evans (2012) comenta que para muitos europeus, por exemplo, mapas geomorfológicos abrangem muitas cores e camadas (*layers*) que levam em consideração a morfografia, morfometria, gênese, os processos atuais, materiais (litologia e estrutura) e cronologia, além de um mapa de base. Segundo o autor a maior parte dos cientistas norte americanos e britânicos consideram o mapa geomorfológicos abrangentes, complexos e de difícil de leitura. Eles vêm grandes problemas de integração de tanta informação sobre um mapa, sobrecarregando o poder de sistema de visualização humana.

Se por um lado um mapa mais simples pode facilitar a interpretação do leitor, principalmente para quem não for diretamente da área de geociências, por outro lado pode ignorar aspectos importantes da superfície da terra. Neste caso é necessário saber qual a demanda do mapeamento, a fim de planejar quais informações serão destacadas. Caso haja

excesso de informações, o mapeamento geomorfológico encontra suporte no Sistema de Informação Geográfica (SIG) para organizar a disposição destas informações.

As discussões mais sólidas sobre uma padronização metodológica é discutida desde o pós-guerra (VERSTAPPEN, 2011). Uma das justificativas para uma unificação de metodologia é a possibilidade uma melhor comparação entre diversos ambientes e fenômenos geomorfológicos. Por outro lado, diante da padronização tem o risco da perda na demonstração da diversidade dos ambientes. Assim, é necessário um estudo das potencialidades de cada metodologia, escalas e legendas para diferentes ambientes e situações e, com foco nas paisagens brasileiras, é possível pensar em propostas ou adequações destas na aplicação para o semiárido e dentro destes os ambientes mais úmidos, considerando suas particularidades nos processos de formação do relevo. Esses ambientes semiáridos e subsumidos se diferenciam dos ambientes tropicais úmidos e logo, sua representatividade deve ser particular.

Neste contexto, a bacia hidrográfica do rio Salamanca, na região do Cariri Cearense, é um ambiente de amostra para o estudo, que contempla uma configuração espacial dos enclaves úmidos dentro do semiárido brasileiro. Sua principal morfoestrutura é a bacia sedimentar do Araripe, e tem como principal relevo a Chapada do Araripe, um planalto sedimentar de 900 metros de altitude que guarda na sua porção barlavento, o foco do estudo, um ambiente mais úmido.

Neste sentido, a questão que norteia esta pesquisa é: “em que diferem os resultados da aplicação de diferentes propostas de mapeamento geomorfológico aplicado ao Cariri Cearense?”

Tendo em vista que os mapas geomorfológicos são instrumentos de planejamento e gestão do território, entende-se que encontrar uma maneira adequada de mapear as formas de relevo dessa região numa escala de detalhe deverá auxiliar na produção de material e informação básicos para diversos fins.

1.1 Objetivos

O objetivo principal desse trabalho é comparar as metodologias de mapeamento geomorfológico de IBGE (2009) e Demek (1972) utilizando a bacia do rio Salamanca como estudo de caso, assim como identificar as potencialidades e limitações de aplicações destas segundo parâmetros selecionados para o ambiente semiárido do Cariri Cearense, analisando, conjuntamente, a configuração espacial de distribuição, formas e dinâmica do relevo.

Como objetivos específicos destacam-se os seguintes passos:

1. Caracterizar os aspectos físicos da paisagem (solo, litologia, hidrografia, vegetação, declividade, hipsometria) assim como o uso e ocupação da terra da bacia em questão, relacionados com a dinâmica geomorfológica;
2. Entender e discutir a dinâmica geomorfológica nas paisagens do semiárido brasileiro;
3. Discutir o processo histórico de construção das metodologias de mapeamento geomorfológico de IBGE (2009) e da UGI (DEMEK, 1972);
4. Caracterizar as formas e processos geomorfológicos da bacia do rio Salamanca, enfatizando as unidades de encostas;
5. Elaborar dois mapas geomorfológicos seguindo as metodologias acima referidas;
6. Comparar os dois mapas e seus processos metodológicos, enfatizando suas diferenças e propostas;

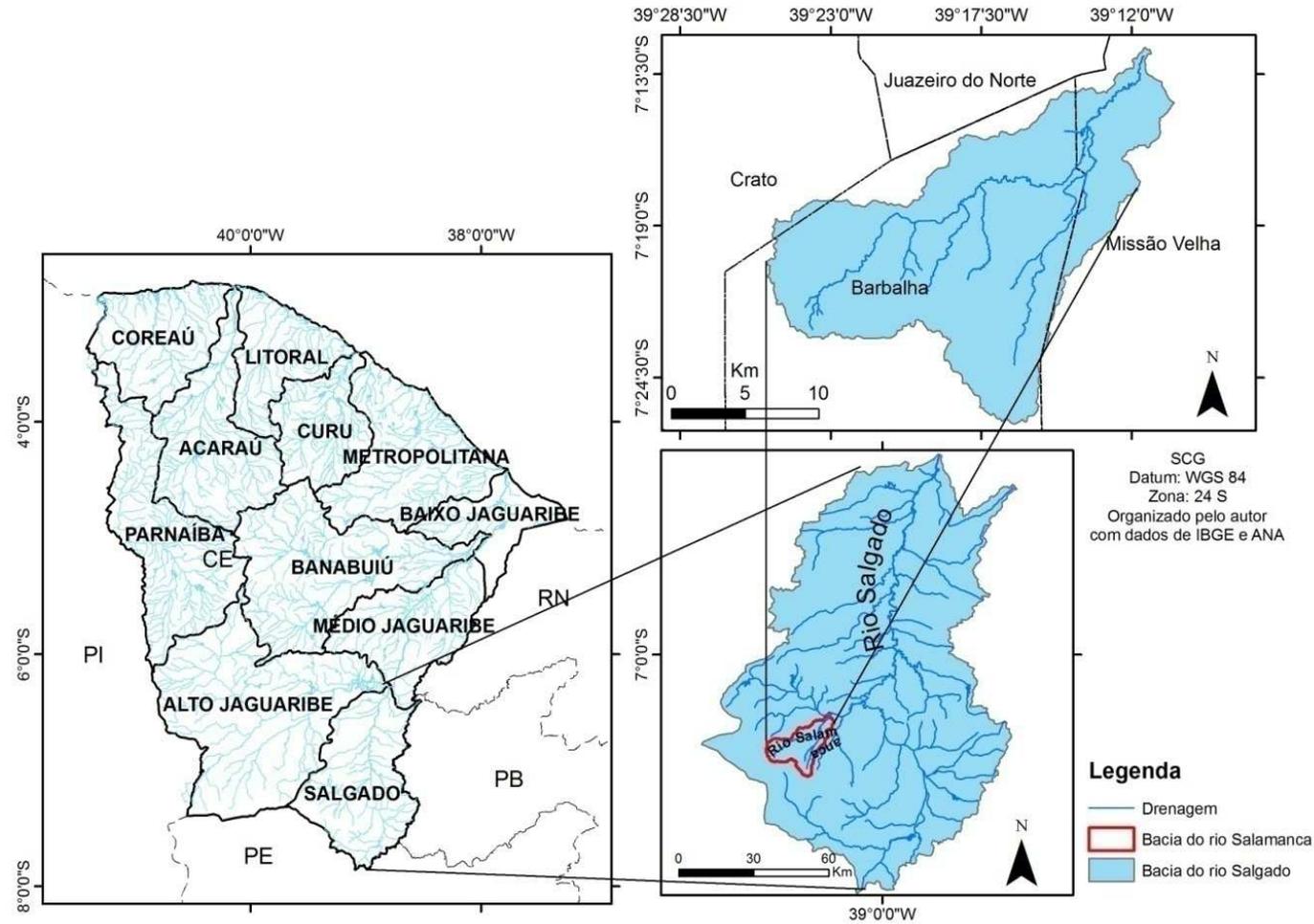
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia do rio Salamanca está localizada na região do Cariri Cearense, sudeste do estado do Ceará. O rio Salamanca que tem suas cabeceiras na Chapada do Araripe, um dos relevos de maior expressão altimétrica do semiárido brasileiro. A maior parte da área da bacia está inserida no município de Barbalha, abrangendo ainda, a nordeste, parte de Missão Velha e, a sudoeste, uma pequena porção de Crato (figura 1).

Tem como limites geográficos na sua porção mais ao norte as coordenadas $39^{\circ} 11' 31,23''$ W e $7^{\circ} 12' 30,15''$ S e mais ao sul as coordenadas $39^{\circ} 16' 18,57''$ W e $7^{\circ} 26' 9,79''$ S. Na sua porção mais a leste as coordenadas $39^{\circ} 25' 19,3$ W e $7^{\circ} 20' 21,8$ S e mais a oeste as coordenadas $39^{\circ} 10' 27,3$ W e $7^{\circ} 14' 32,01''$ S.

A bacia do rio Salamanca abrange uma área de 295 km², e compõe a rede hidrográfica da sub-bacia do rio Salgado, que se conecta ao Alto Jaguaribe no domínio da Depressão Sertaneja. Assim, a bacia do rio Salamanca é uma das áreas de cabeceira do rio Jaguaribe, a principal drenagem do estado do Ceará.

Figura 1 – Localização da bacia do rio Salamanca



Fonte: a delimitação da bacia do rio Salamanca foi processada pelo autor a partir de imagem SRTM/TOPODATA (resolução de 30 m). As informações das bacias hidrográficas do estado do Ceará foram obtidas na Agência Nacional de Águas (ANA) e a delimitação dos municípios e estados, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

2.1 Morfoestrutura e Geologia

São destacados neste tópico os aspectos estruturais e litológicos que atuam como base para o desenvolvimento das formas de relevo da região do Cariri Cearense. É válido ressaltar que a literatura sobre o tema na região tem como fonte os estudos sobre a rica diversidade de fósseis, a surgência de fontes e o sistema hidrológico e a própria paisagem do sertão nordestino.

2.1.1 Morfoestrutura

A área de estudo estende-se sobre duas grandes estruturas geológicas regionais: a Bacia Sedimentar do Araripe e a Província Borborema. Esta segunda cobre uma área de 380.000 km² do nordeste brasileiro, desenvolvido durante o Ciclo Brasileiro. É limitado pelas províncias do São Francisco, ao sul e pela província do Parnaíba, a leste, assim como pela margem continental e bacias de costa (ALMEIDA et al., 1981). Trata-se de um complexo de faixa de dobramentos neoproterozóicos que é subdividida em vários domínios estruturais. A porção leste da bacia do Araripe, foco deste trabalho, se insere no Domínio Transversal da Província Borborema, um segmento crustal, limitado a norte e a leste pelo lineamento de Patos (também chamado de lineamento Paraíba), a sul pelo lineamento Pernambuco, configurado estruturalmente como um sistema de zonas de cisalhamentos transcorrentes dextrais de direção E – W e preferencialmente sinistrais de direção NE – SW (DELGADO et al., 2003).

Ainda numa escala regional a área de estudo é uma zona de riftes continentais abortados, com característicos alongamento e afinamento crustal. Compreende uma margem continental passiva formada através da abertura transformante do Atlântico Equatorial em períodos aptianos (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2006).

Nos limites da Zona Transversal são encontrados outros falhamentos precambrianos importantes obedecendo à uma orientação predominante NE-SW, vergando para leste na convergência com o Lineamento da Paraíba e para oeste com o Lineamento de Pernambuco (PONTE; PONTE FILHO, 1996). Corrêa (no prelo) observa que “os setores da Província Borborema contidos dentro da Zona Transversal apresentam as maiores altitudes regionais, como evidência de que este foi o setor mais afetado pela reativação cenozóica das zonas de fraturas antigas”.

A bacia sedimentar do Araripe, formada na Província Borborema, é do tipo intracratônica, depositada sobre riftes de direção NE-SW, o que lhe dá configuração *steerhead* (BRITO NEVES, 2002 apud SILVA et al., 2003). A bacia do Araripe está num contexto genético de uma série de bacias sedimentares com estruturação de riftes juvenís e preenchidas por sedimentos terrígenos de idade eojurássica e neocretácica. A compartimentação estrutural do embasamento, que proporciona uma forma alongada de direção E-W à bacia com suave basculamento para SW na sua porção oeste, foi controlada pela reativação de zonas de fraqueza associadas ao lineamento de Patos, com orientação E-W, além de falhas, normais NE-SW (CASTRO; CASTELO BRANCO, 1999).

A sequência evolutiva da bacia compreende quatro estágios tectônicos: Tectono-sequência Beta, de idade siluriana, assentada sobre a discorância Pré-fanerozóica; a tectono-sequência Pré-Rifte, de idade Juro-cretácica (?), limitada na base pela discordância Pré-mesozóica; a tectono-sequência Sin-Rifte, de idade eocretácica; e a tectono-sequência Pós-Rifte, de idade mesocretácica, apresentando estilo tabular, sub-horizontal, espreado-se discordantemente tanto sobre as Tectono-sequências mais antigas como sobre o embasamento cristalino pré-cambriano (PONTE; PONTE-FILHO, 1996).

Sobre a arquitetura tectônica da bacia, Ponte e Ponte Filho (1996) destacam estudos geofísicos que demonstram a existência uma zona de riftes neocomianos, englobando duas sub-bacias separadas por um alto estrutural: a sub-bacia Leste, ou sub-bacia do Cariri e a sub-bacia Oeste, ou sub-bacia de Feitosa e entre elas, o alto de Dom Leme. As falhas que limitam a zona de rifte no sentido NE-SW e seus principais blocos internos, são normais, tensionais, planares que obedecem a estruturação do embasamento. Entre elas, estão as falhas de Serrolândia, de Dom Leme, do Crato e de Barbalha, entre outras (figura 2 e 3). Neste sentido, a configuração estrutural da bacia sugere a formação de um conjunto de grabens assimétricos, colaterais e com orientação NE-SW (CASTRO; CASTELO BRANCO, 1999). A concordância das principais estruturas de falhamentos da bacia com alinhamentos do embasamento indica que a zona de riftes do Araripe se formou por reativação de antigas geofraturas precambrianas durante a Reativação Vealdeniana (PONTE; PONTE-FILHO, 1996).

A sub-bacia do Cariri ou sub-bacia Leste está localizada em sua maior parte no Vale do Cariri. Sua abrangência é limitada à oeste com o host de Dom Leme, pela falha de Crato e a leste, nas proximidades da localidade de Bonito de Santa Fé, na Paraíba, já no contato com o

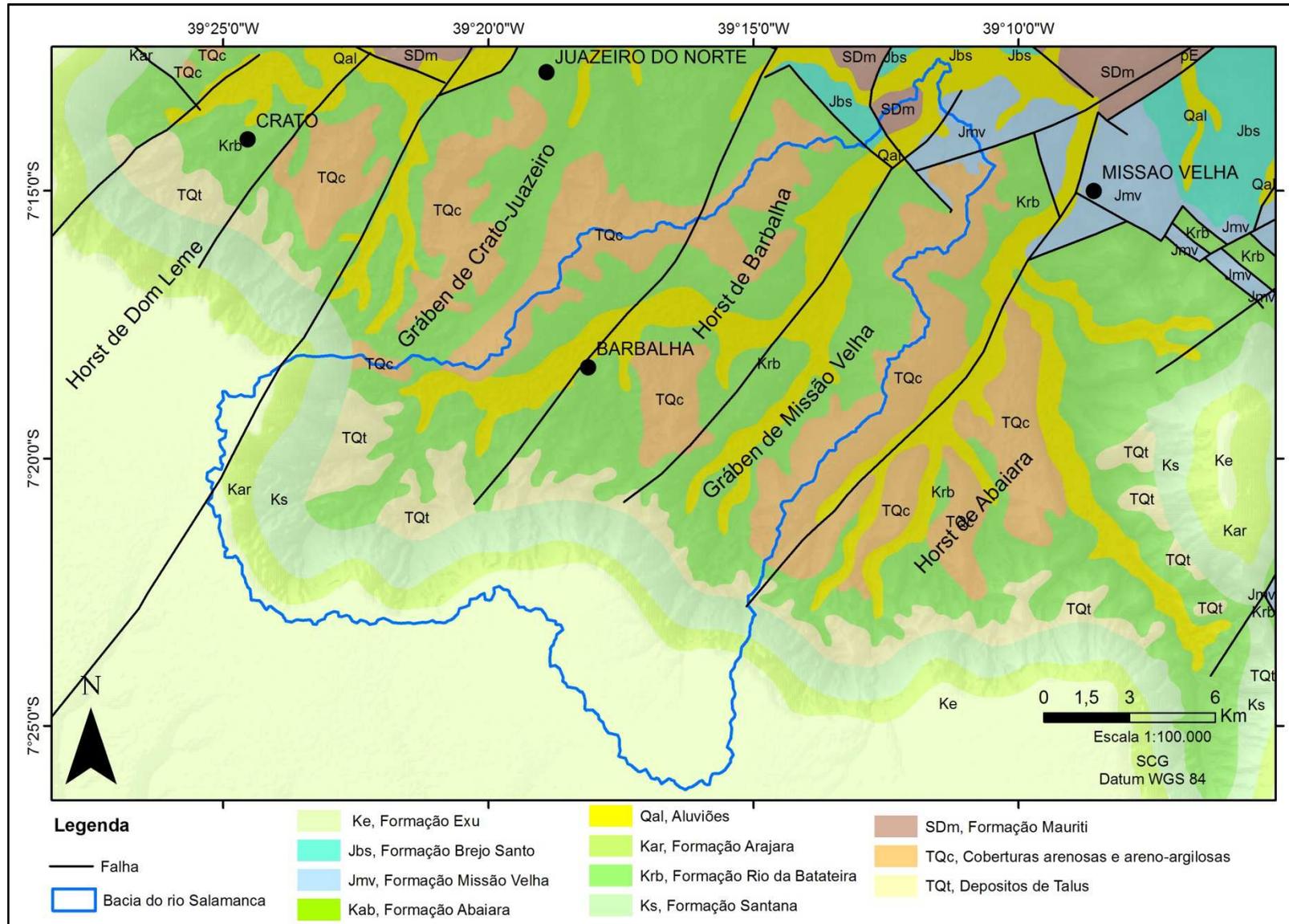
embasamento precambriano. Ao norte é limitada pela falha de Missão Velha e ao sul, em sua maior parte pela falha transferente de Porteiras, exceto nos grábens de Crato-Juazeiro e Missão Velha, cujas extensões ultrapassaria esses limites para sudoeste. A parte mais profunda encontra-se no gráben Crato-Juazeiro, com cerca de 1400 m (1000 m abaixo do nível do mar) (PONTE; PONTE-FILHO, 1996).

Essa estrutura tectônica da bacia está relacionada com as formas do relevo. As feições geomorfológicas do topo da chapada do Araripe, escalonada e desnivelada em blocos (FORTES, 1993 apud PONTE; PONTE-FILHO, 1996) podem ser interpretadas como expressões superficiais de falhamentos a estrutura da zona de riftes subjacente. No entanto, é importante destacar que o topo não apresenta desnivelamentos verticais expressivos resultantes da tectônica, no entanto a reativação Cenozóica do relevo reflete-se na paisagem, principalmente no controle das principais linhas de drenagem. Além disso, a forma geral da Chapada mostra concordância com a malha de fraturamentos regionais, orientando-se segundo os fraturamentos pertencentes a feixe de falhas associados ao Lineamento Patos (CORRÊA, no prelo).

No mapeamento morfoestrutural realizado por Peulvast e Claudino Sales (2003), com escala de 1:500.000 para o norte do Nordeste, a área de estudo é caracterizada por uma superfície estrutural acima de 600 m, o topo da Chapada do Araripe e uma depressão modelada em rochas sedimentares, com cobertura de sedimentos mesozoicos, limitado a norte pela depressão com cobertura sedimentar paleozoica de fase pré-rifte e mais ao norte pelas cotas altas da Serra de São Pedro, de litologia supracrustal de baixo grau (quartzito, filitos e mármore). Tal mapeamento tomou como base de análise, imagens de satélite LANDSAT, modelos numéricos de terreno, cartas topográficas da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) 1:100.000, além de trabalhos de campo.

A bacia do rio Salamanca se encontra predominantemente nesta zona estrutural do Vale do Cariri e abrangendo a morfoestrutura do topo estrutural da chapada e a depressão descrita pelos autores. A drenagem da bacia transcorre preferencialmente no sentido das falhas, sendo fortemente controlada pela estrutura. No limite da bacia do rio Salamanca, é importante destacar as estruturas do gráben de Crato-Juazeiro, a leste, o Host de Barbalha, no centro e, a oeste, o gráben de Missão Velha (figura 2 e 3).

Figura 2 – Mapa geológico da bacia do rio Salamanca



Fonte: Organizado pelo autor a partir de dados de CPRM e Ponte e Ponte Filho (1996)

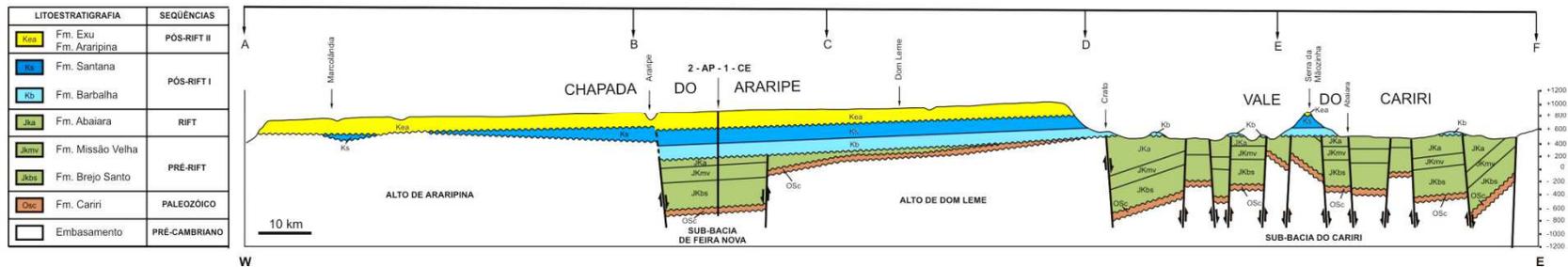
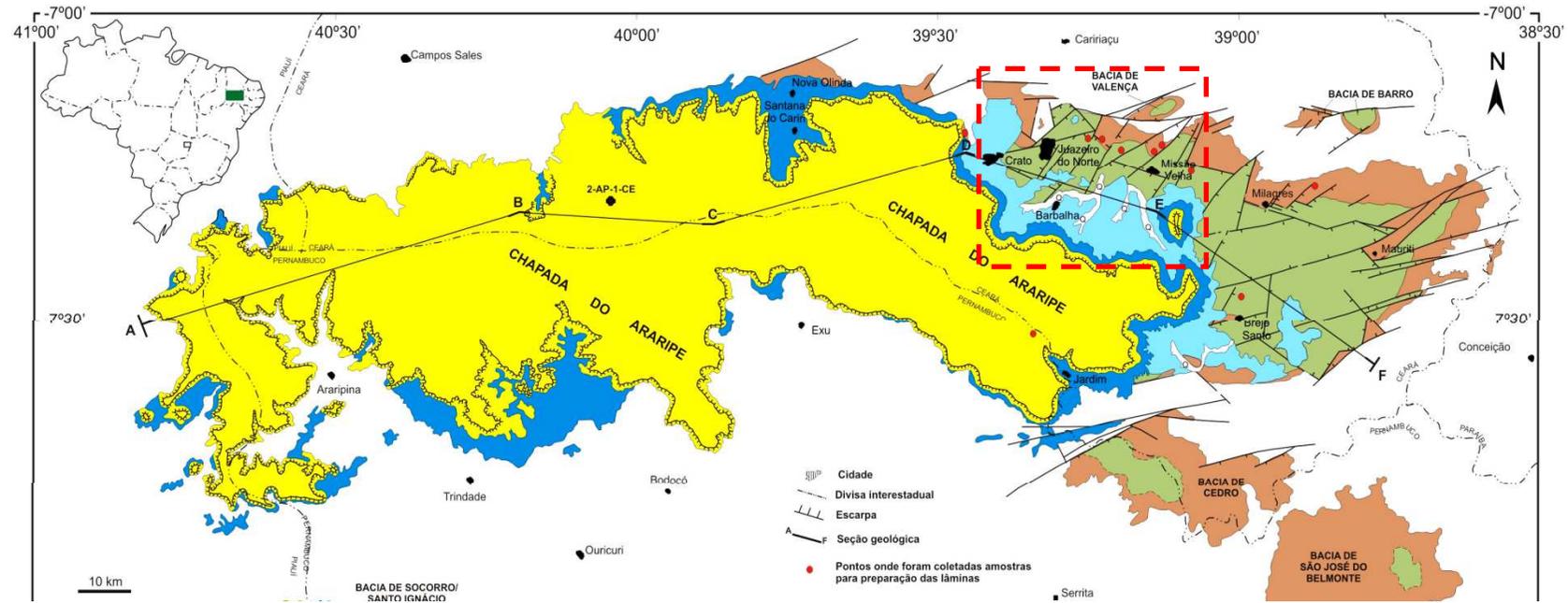
2.1.2 Geologia

No limite da bacia hidrográfica do rio Salamanca são mapeadas oito formações geológicas da bacia sedimentar do Araripe, relacionadas a eventos de rifteamento e formação do Atlântico (figura 3). A caracterização e sequência aqui apresentada é parte de uma revisão estratigráfica e genética da bacia do Araripe realizada por Assine (2007) e concentrada para a área de estudo. As Formações Brejo Santo e Missão Velha, situadas nas porções mais rebaixadas da bacia do rio Salamanca, têm sua gênese na sequência pré-rifte. A Formação Brejo Santo é composta essencialmente por folhelhos e lamitos vermelhos, onde a sedimentação indica um ambiente deposicional lacustre, principalmente pela presença de formas exclusivamente não marinhas. A Formação Missão Velha tem espessura máxima de cerca de 200 metros, constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos, e/ou caolínicos, localmente conglomerados; a associação faciológica é de planícies fluviais de sistemas entrelaçados caracterizados por canais rasos e de alta energia.

A Formação Abaiara, com início no estágio rifte, no Neocomiano, é constituída de conglomerados polomíticos, com seixos e calhaus de rochas metamórficas e magmáticas, recentemente descritos em afloramentos existentes a sul da cidade de Missão Velha. As associações faciológicas e o conteúdo fossilífero indicam sedimentação em traços deposicionais continentais, numa paisagem onde lagos rasos são paulatinamente, porém, com frequente recorrência ambiental, substituídos por planícies fluviais de canais entrelaçados.

As sequências neoptiana-eoalbiana, constituída pelas formações Barbalha e Santana, registra o advento do estágio pós-rifte na bacia do Araripe, resultado da subsidência flexural térmica. As duas formações ocorrem na base da encosta da Chapada, enquanto que na porção do vale, somente a formação Barbalha, que ocorre descontinuamente na forma de terraços fluviais. Na Formação Barbalha predominam arenitos com intercalações de folhelhos de colorações avermelhadas e de níveis delgados de conglomerados. O seu perfil estratigráfico compreende dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, cujos topos são marcados pela presença de pelitos-carbonáticos lacustres.

Figura 3 – Mapa geológico da bacia do Araripe com destaque a porção nordeste, entorno da bacia do rio Salamanca



Fonte: Assine (2007)

A Formação Santana é desmembrada em duas unidades: Membro Crato e Membro Romualdo. O primeiro é caracterizado por calcários micríticos laminados. O registro fossilífero é abundante e diversificado. Sobre a seção de calcário laminados ocorrem camadas descontínuas de gipsita. O topo do Membro Crato é marcado por descontinuidade erosiva de curta duração, caracterizando um contato diastêmico com o Membro Romualdo. A parte inferior deste último membro é caracterizada pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos. A seção superior da Formação Santana é caracterizada por intercalações de arenitos finos com lâminas e clastos de argilas nos *foresets* e nos limites dos *sets*.

A Formação Araripina tem sua melhor exposição nos arredores da localidade de Arajara, distrito do município de Barbalha, ambientado nas encostas mais altas da Chapada, constituída por ritmitos compostos por arenitos finos e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, neles ocorrendo intercalados corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, com espessuras que ultrapassam três metros. São comuns na associação estruturas de sobrecarga, como pseudonódulos e almofadas, e estruturas em chama, sendo a presença de truncamentos na estratificação uma característica marcante, constituindo diastemas angulares internos à unidade. Os ritmitos também podem apresentar dobramentos convolutos gerados por deformação penecontemporânea e intervalos constituídos por brechas intraformacionais com clastos de ritmitos. Possui características faciológicas condizentes com sedimentação em planícies de leques aluviais, além de truncamentos internos e deformações que sugerem tectônica sindeposicional.

Os arenitos fluviais da Formação Exu recobrem em discordância erosiva a Formação Araripina em alguns locais em com pequena angularidade, representando um novo evento tectono-sedimentar. Fácies pelíticas de planície de inundação ocasionalmente ocorrem intercaladas nos arenitos, às vezes preenchendo canais abandonados. Na porção leste da bacia, os arenitos são mais grossos e imaturos, com maior frequência de níveis conglomeráticos, apresentando estratificações cruzadas planares e/ou acanaladas, numa associação de fácies característica de sistemas fluviais entrelaçados. Por correlação com as formações Açú (Bacia Potiguar) e Itapecuru (Bacia do Parnaíba), a Formação Exu é posicionada no intervalo do Albiano ao Cenomaniano.

O padrão de paleocorrentes nos arenitos da Formação Exu indica mergulho deposicional para oeste, numa mudança paleogeográfica notável em relação ao padrão das seqüências pré-rifte, rifte e pós-rifte. No quadro 1 é apresentada uma síntese dos

acontecimentos que formaram a atual estratigrafia da bacia e seus ambientes deposicionais correlacionados.

Quadro 1 – Litoestratigrafia da bacia sedimentar do Araripe - Sub-bacia do Cariri, baseado em Assine (1992, 2007) e Ponte e Appi (1990)

PERÍODO- ESTRATIGRAFIA	TECTONO- SEQUÊNCIA	TECTÔNICA	ESTRATIGRAFIA GENÉTICA Ambientes de sedimentação	LOTOLOGIA	GRUPO	LITOESTRATIGRAFIA Formações e membros	LOCALIZAÇÃO NA PAISAGEM	
MESOZÓICO Cretáceo Superior Albo-cenomaniano	PÓS-RIFTE	Soerguimento epirogênico, em especial da porção oriental da Província Borborema	Sedimentação continental, em sistema fluvial entrelaçado e Meandrante	Arenitos aluviais grosseiros e imaturos com freqüentes níveis conglomeráticos, com estratificações cruzadas e/ou acanaladas, típicas de regime entrelaçado que gradam para arenitos médios, argilosos de regime meandrante	ARARIPE	FORMAÇÃO EXÚ	Caapeamento da Chapa do Araripe, formando um planalto com cerca de 180 km no eixo E-W e 50 km no eixo N-S, com declives abruptos em suas bordas sob forma de paredões com quase 90 graus de declividade.	
DISCORDÂNCIA EROSIVA								
MESOZÓICO – Cretáceo Médio Aptiano-albiano		Tectônica sindeposicional com truncamentos internos.	Sedimentação continental em ambientes lagunares e marnhos litorâneos	Interclações de arenitos finos com lâminas e clastos de argila nos <i>foresets</i> e nos limites dos <i>sets</i> .	ARARIPE	FORMAÇÃO ARARIPINA	Aflora na alta encosta da Chapada do Araripe, sob forma de vertentes bastante íngremes, acima de 30°	
		Ampla transgressão marinha	Sedimentação continental marinha em ambientes costeiros mixohalinos	A parte inferior caracteriza-se pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos; para o topo, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes (ricos em ostracodes), que adquirem colorações mais escuras em direção ao topo, culminando com um intervalo de folhelhos cinza escuros e pretos, ricos em matéria orgânica caracterizado por um nível de concreções fossilíferas. Para o topo, interdigitando-se aos folhelhos, paulatinamente voltam a ocorrer siltitos e arenitos (podendo não ocorrer em toda a área).		FORMAÇÃO SANTANA – MEMBRO ROMUALDO	Aflora na alta encosta da Chapada do Araripe, em especial entre Crato e Barbalha, sob formas de vertentes com declividades medianas, formando o topo de alguns interflúvios.	
	Sedimentação continental marinha em ambiente transicional, vaporítico costeiro de supramaré, sujeito a variações relativas do nível do mar, em condições de clima árido e		Bancos de gipsita, intercalados por folhelhos cinza e verde. A gipsita apresenta-se sob forma laminada com cristais colunares dispostos em paliças (palisades)	FORMAÇÃO SANTANA – MEMBRO IPUBI		Não aflora em áreas extensas na sub-bacia do Cariri, encontrando-se em subsuperfície; seus afloramentos são bastante significativos na parte oeste da bacia sedimentar do		

			semi-árido.			Araripe, de Ipubi a Araripina/PE.	
		Lenta Subsidiência flexural térmica, regional	Sedimentação continental marinho em ambiente lacustre	Bancos descontínuos de calcários argilosos, micríticos e laminados, bastante fossilíferos, e um nível de folhelhos verdes e negros, pirobetuminosos e fossilíferos;		FORMAÇÃO SANTANA –MEMBRO CRATO	Aflora na média encosta da Chapada do Araripe, sob forma de patamares escalonados
			Dois ciclos flúvio-lacustres sobrepostos; Final de evento de redução de energia do ambiente fluvial, inicialmente restrito e caracterizado por águas rasas e pouco oxigenadas (Eh redutor)	Predominam arenitos com intercalações de folhelhos de colorações avermelhadas e de níveis delgados de conglomerados. Arenitos finos a médios, subarredondados e subangulares, em geral bastante friáveis, argilosos, as vezes com seixos dispersos e/ou portadores de feldspatos alterados e bolas de argila		FORMAÇÃO BARBALHA	Aflora em todo sopé da Chapada do Araripe, e em áreas dos patamares do Vale do Cariri (pediplano sedimentar), em especial entre as cidades de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha, sob forma de colinas baixas
DISCORDÂNCIA (ANGULAR) PRÉ-APTIANA MESO-CRETÁCICA, NEOAPTIANA-EOALBIANA – 2º PULSO DA FASE RIFTE (?)							
Tectônica modificadora – basculamento generalizado das seqüências; erosão e peneplanização							
MESOZOÍCO Cretáceo Inferior neocomiano	RIFTE	Ruptura do páleocontinente de Gondwana Rápida subsidiência local.	Sistema deposicional fluviolacustre sintectônico - ambiente de lagos rasos substituídos por planícies fluviais de canais entrelaçados	Folhelhos silticos e siltitos vermelhos com intercalações laterais de arenitos finos	VALE DO CARIRI	FORMAÇÃO ABAIARA	Aflora no pediplano sedimentar, em áreas de pequenas extensões, na porção leste da sub-bacia.
DISCORDÂNCIA							
MESOZOÍCO Jurássico Superior	PRÉ-RIFTE	Subsidiência mecânica regional lenta (Depressão AfroBrasileira)	Sistema fluvial anastomosado	Arenitos quartzozos, por vezes feldspáticos e/ou caulínicos, localmente conglomeráticos.	VALE DO CARIRI	FORMAÇÃO MISSÃO VELHA	
			Sistema lacustre raso	Argilitos e folhelhos vermelhos e marrons escuros		FORMAÇÃO BREJO SANTO	Afloramentos no pediplano, na borda da bacia sedimentar, sob forma de pedimentos e colinas rasas
			Sistemas fluvial meandrante, lacustre e eólico	Arenitos, siltitos e argilitos vermelhos alterados			
DISCORDÂNCIA							
PALEOZOÍCO Ordov. Sup./ Devon. Infer.	GAMA	Plataforma estável	Sistemas fluviais entrelaçados e eólicos	Arenitos imaturos, de granulometria média a muito grossa, com grãos angulares e subangulares, com níveis de ortoconglomerados na base, que incluem fragmentos líticos do embasamento e clastos de feldspato bem preservados.		FORMAÇÃO CARIRI	Afloramentos no pediplano, na borda da bacia sedimentar, sob forma de pediplanos e colinas, em especial na porção leste da sub-bacia
DISCORDÂNCIA PRÉ-FANEROZÓICA							

Fonte: organizado por Ribeiro (2012)

2.2 Aspectos Climáticos

O clima é fundamental na morfogênese e dinâmica do relevo numa ampla escala de tempo. Os aspectos apresentados na caracterização do clima da área de estudo se referem ao quadro atual, visto que uma caracterização de quadros climáticos pretéritos, principalmente do Quaternário, demanda estudos ainda em construção sobre os vestígios na paisagem que indiquem os *inputs* climáticos ao longo do tempo.

Apresentam-se neste tópico os principais aspectos climáticos da região do Cariri Cearense. São abordados os sistemas climáticos, os fatores geográficos (localização, relevo e aspectos da superfície) que interferem na dinâmica de precipitação e umidade e os dados de precipitação de postos inseridos na bacia do rio Salamanca.

O Nordeste brasileiro (NEB) é caracterizado por uma diversidade de climas, resultado de atuação de vários sistemas climáticos e fatores geográficos. Apesar de sua localização, não apresenta distribuição de chuvas típicas de regiões equatoriais, incluindo três tipos: clima litorâneo úmido (do litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte); clima tropical (em áreas dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí); e clima tropical semiárido (em todo o sertão nordestino) (KAYANO; ANDREOLI, 2009). Essa região apresenta uma alta variabilidade interanual, com alguns anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos.

A região do Cariri Cearense, foco deste estudo, está localizada no interior do Nordeste, sob domínio do clima tropical semiárido, mas apresenta um índice médio anual maior de umidade e precipitações pluviais devido a fatores geográficos, principalmente o relevo.

Dentro os sistemas climáticos mais importantes para a região, e também para a área focada, estão a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's). Sendo ainda a área em foco susceptível a influências de eventos ENOS (El Niño Oscilação Sul), e suas conseqüências adversas para a dinâmica climática dita normal.

A ZCIT é visualizada como uma banda de nuvens convectivas que se estende em uma faixa ao longo da região equatorial. A migração sazonal da ZCIT em anos normais varia de 14° N, durante agosto-setembro, para 2° S, podendo em alguns períodos atingir 5° ou 6° S durante março-abril (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009). A migração da ZCIT para o sul da Linha do Equador interfere na promoção de uma maior precipitação no primeiro semestre do ano para a região Nordeste brasileiro, sendo neste período que ocorrem as chuvas de maiores volumes (XAVIER et al., 2000), principalmente nos meses de março e abril

(outono), quando o sistema atua de maneira mais regular. Nessa época do ano, esse sistema atinge sua máxima inclinação SW-NE e influencia, com aumento de chuvas, principalmente o setor norte do Nordeste brasileiro.

Além disso, existe uma variabilidade interanual do movimento da ZCIT para a região, de acordo com o seu deslocamento norte – sul. Em anos de seca nessa região, a ZCIT inicia sua migração para norte em fins de fevereiro ou início de março, enquanto que, em anos chuvosos, a ZCIT somente inicia sua migração para posições mais ao norte em fins de abril ou início de maio (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).

O Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANs) é caracterizado por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. Os efeitos desse sistema nas chuvas no nordeste do Brasil são bem evidentes, principalmente quando os VCANs se originam sobre o continente. Assim, parte do nordeste experimenta chuva (na periferia), e parte apresenta céu claro decorrentes dos movimentos verticais subsidentes existentes no centro do VCAN. É interessante ressaltar a associação deste sistema com outros dois que atuam na América do Sul: a Alta da Bolívia e a Zona de Convergência do Atlântico Sul. Essa relação de sistemas é importante para se entender o clima do continente (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009).

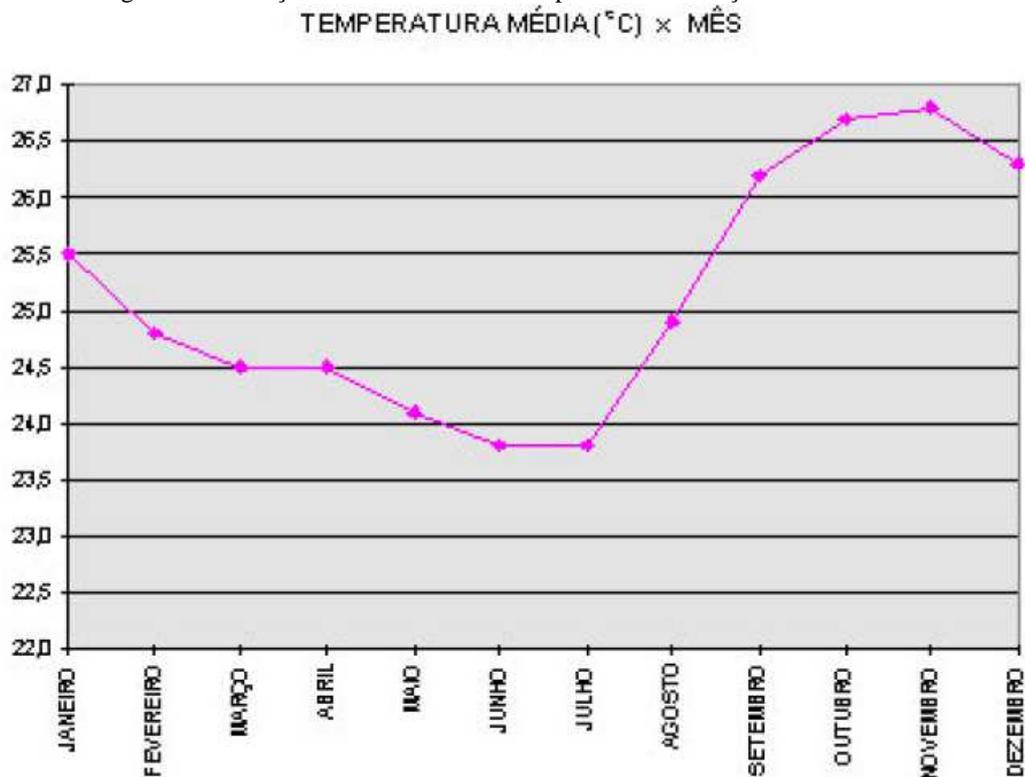
As variações interanuais do Nordeste tem relação com elementos meteorológicos de outras regiões do globo, relacionados a sistemas dinâmicos da circulação atmosférica. Como um dos principais fenômenos está o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). As condições de seca no Nordeste quando há ocorrência de El Niño (aquecimento superficial no Pacífico Equatorial Central e Leste) são explicadas pela componente leste-oeste do ENOS, refletida em alterações de grande escala da circulação atmosférica associada a uma circulação de Walker deslocada para leste (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

As teleconexões do ENOS tem relação com a variabilidade climática do Atlântico Tropical e, logo, no nordeste brasileiro. As variações de temperatura de superfície do mar (TSM) dos setores tropicais do Pacífico Leste (ENOS) e do Atlântico são fatores determinantes das anomalias de precipitação do NEB. Nos últimos anos, a interpretação mais aceita é que a variabilidade de TSM do Atlântico Tropical seja, de fato, determinante das anomalias de precipitação no NEB, enquanto o ENOS, em certas ocasiões, pode reforçá-las e, em outras, enfraquecê-las (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

A cobertura da superfície pela vegetação e o porte dessa vegetação favorecem uma mudança no microclima. Com o aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial, o ar das superfícies florestadas tem mais água, usada nos processos de evaporação e evapotranspiração, o que torna o ar mais úmido e frio. Nas encostas da Chapada do Araripe, observa-se uma queda de temperatura e aumento de umidade a medida que a altitude aumenta. A vegetação, de porte arbóreo de mata úmida da alta encosta e cerrado/ cerrado no topo, favorece uma umidade maior que o seu entorno. Além da vegetação, o afloramento de fontes perenes d'água devido a fatores geológicos favorece tal vegetação e umidade.

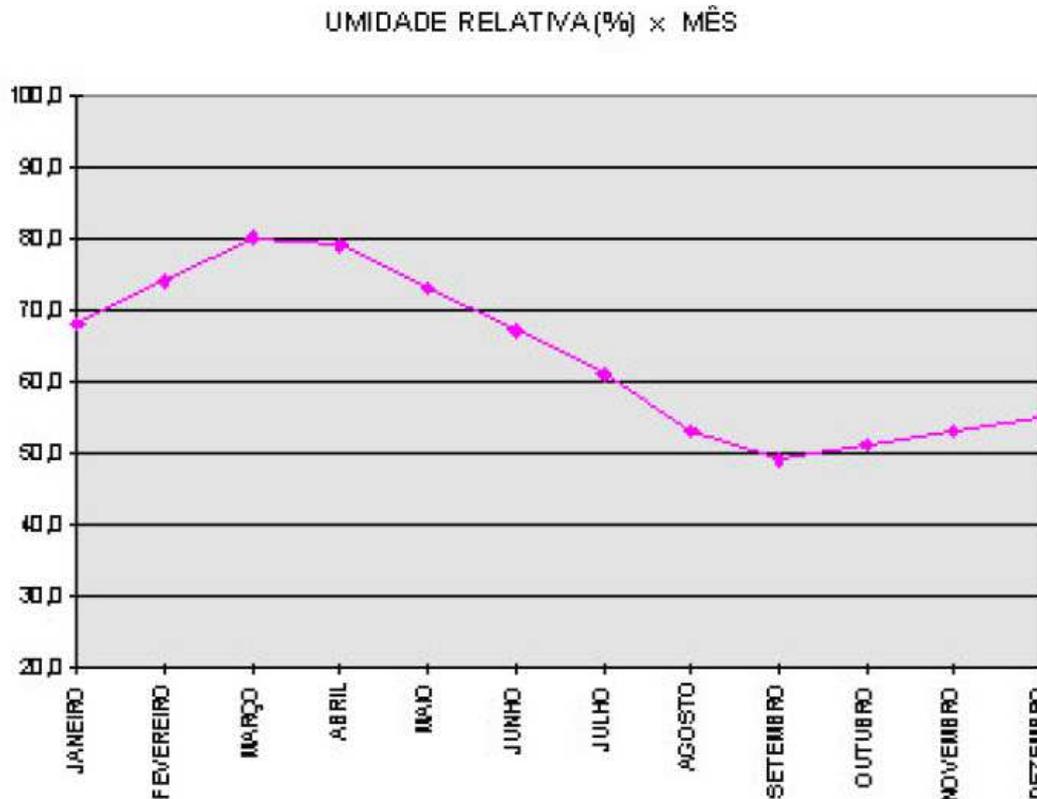
Na estação de Barbalha, localizada nas porções mais baixas da Chapada, a 450 metros de altitude, a umidade relativa do ar varia desde a menor média de 51% em outubro à média máxima de 80% em março, com média anual de 63%, como esquematizado na figura 3. A temperatura média anual varia pouco, entre 24°C e 26°C, com mínima de inverno (julho) entre 21°C e 23°C, e máxima de verão (janeiro) entre 25°C e 27°C. A variação mensal também apresenta uma baixa amplitude térmica, variando de 23,8°C em junho/julho até 26,8°C em novembro (figuras 4 e 5) (MONT'ALVERNE, 1996).

Figura 4 – Variação mensal média da Temperatura na Estação de Barbalha/CE.



Fonte: Normais Climatológicas do INMET-1961/1990 in Mont'Alverne (1996).

Figura 5 - Variação mensal média da Umidade Relativa do Ar na Estação de Barbalha-CE



Fonte: Normais Climatológicas do INMET-1961/1990 in Mont'Alverne (1996).

A barreira orográfica da Chapada do Araripe é o principal fator geográfico modificador da circulação de vinda do litoral norte pela calha do rio Jaguaribe. A amplitude altimétrica de cerca de 550 m do relevo favorece um nível maior de precipitação para a parte norte (barlavento) da bacia do Araripe, área onde está localizada a bacia do rio Salamanca. Mesmo nesta porção, os índices pluviométricos não são homogêneos a toda a área. Quanto mais próximo ao topo do planalto, maiores os índices.

Adotando-se os índices do posto de Barbalha, a 450 metros de altitude, a média anual pluviométrica é de 1153 mm (SILVA et al., 2010). O trimestre mais chuvoso é janeiro – fevereiro – março, relacionado com a migração para sul da ZCIT, que influencia a dinâmica de chuvas no sul do Ceará, com já abordado anteriormente. Segundo o estudo de Silva et al (2010), que analisou o padrão de precipitações entre 1979 – 2008 (tabela 1), o ano mais seco foi de 1982, o que se relaciona com um forte fenômeno El Niño, considerado com o mais severo do século XX.

Tabela 1 – Dados de precipitação (1979-2008) dos municípios da bacia do rio Salamanca

POSTO	Altitude	Trimestre mais chuvoso	Mês mais chuvoso (média mensal)	Trimestre mais seco	Mês mais seco (média mensal)	Ano mais chuvoso (total anual)	Ano mais seco (total anual)	Média anual normal (aprox.)
Missão Velha	409 m	Fev-mar-abr	Março - 238mm	Jul-ago-out	Agosto - 02mm	1985 – 1.885mm	1981 - 594mm	987 mm
Barbalha	450 m	Jan-fev-mar	Março - 248mm	Jul-ago-set	Agosto - 03mm	1985 – 2.144mm	1982 - 558mm	1153mm

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2010).

2.3 Aspectos Geomorfológicos

A geomorfologia da bacia do rio Salamanca é marcada pela dinâmica do Planalto Sedimentar ou Chapada do Araripe e seu caimento topográfico que configura o Vale do Cariri. No contexto regional, a Chapada do Araripe, que abrange os estados de Ceará, Pernambuco e, em pequena proporção, Piauí, se apresenta como a principal feição geomorfológica da Bacia Sedimentar do Araripe, se destacando na topografia do Nordeste. É caracterizada por uma forma sub-horizontal com inclinação suave para a porção leste. A atitude máxima chega a 1004 m, avaliado pela imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). É mais larga no sentido E-W, com distância de 174 km e, no sentido N-S, apresenta uma distância máxima de 65 km, na porção mais alongada.

Possui características morfológicas de relevo típico de área sedimentar do tipo chapada, com topo plano e limitado por escarpas íngremes. Por não apresentar uma inclinação mais acentuada e um reverso expressivo, não cabe uma classificação do relevo tipo cuesta, comum em outras estruturas sedimentares do Nordeste que desenvolvem topografias elevadas, a exemplo das Bacias do Parnaíba e Jatobá.

A declividade abrupta das escarpas (afloramento de Fm. Exu) que limitam o planalto sedimentar é interrompida e tem suavidade no contato com formação geológica de granulometria mais fina (Fm. Santana ou Fm. Arajara). Além da quebra de declividade, outras características importantes são importantes na morfologia, como a forma festonada do

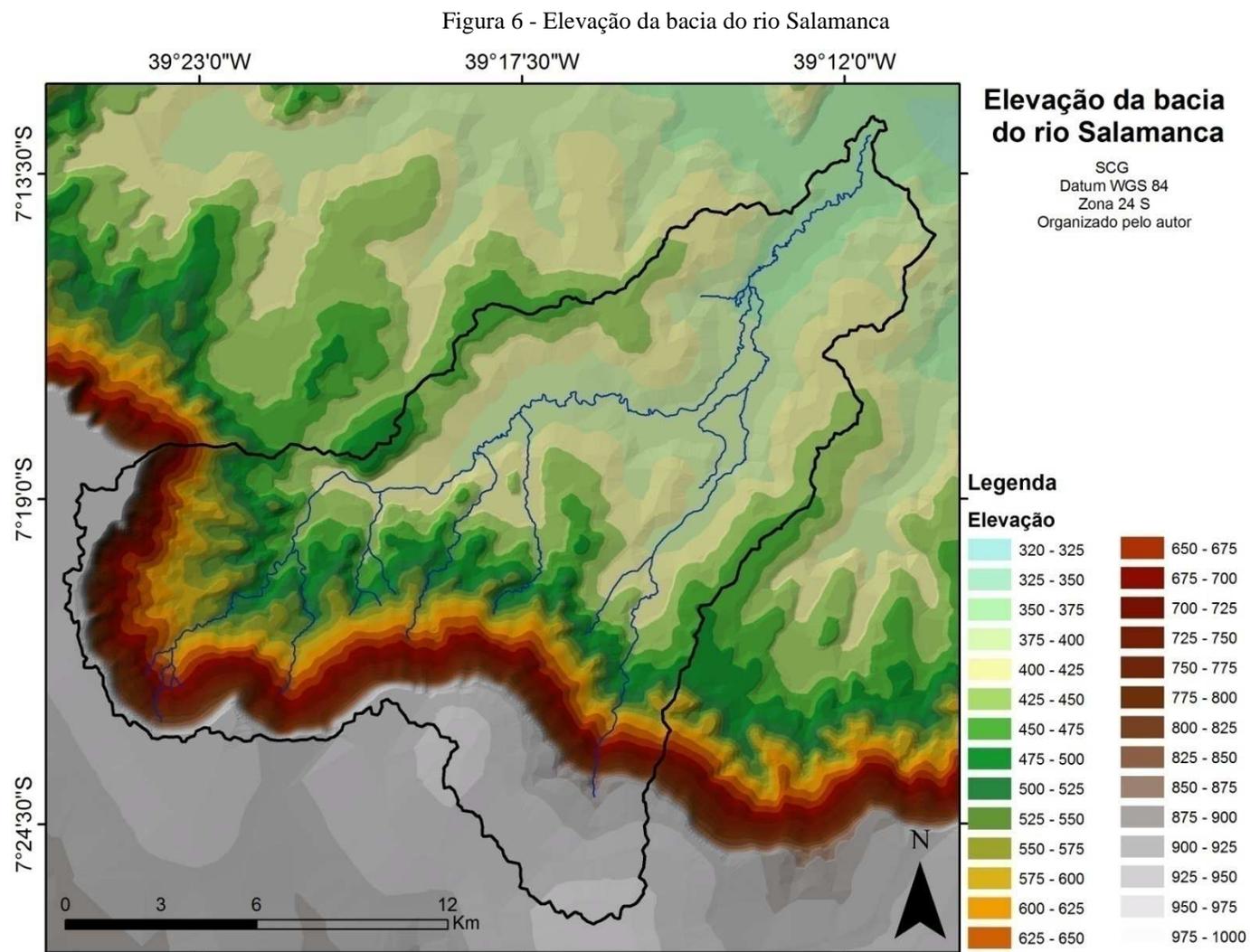
escarpamento. A dissecção lateral do relevo ocorre em toda chapada, porém, na porção nordeste ela é mais pronunciada, justificada pelo afloramento de fontes d'água do aquífero sedimentar superior na porção nordeste da Chapada e formação de drenagem. Além disso, o maior volume de precipitação nesta área (barlavento) aumenta o volume do fluxo superficial, intensificando o poder evolutivo de cabeceiras de drenagem.

Na escarpa ocorrem quedas de blocos e deslizamentos, associados principalmente pela declividade vertical. O material depositado na alta encosta, a cerca de 800 m, forma o tálus constituído de material grosseiro de blocos de variados tamanhos.

A paisagem da bacia do rio Salamanca é um representativo do tipo de relevo da Chapada do Araripe e seu entorno e seus processos mais evidentes. Trata-se de uma área de borda de bacia sedimentar, com processos marcados por processos sedimentológicos.

O relevo no limite da bacia do rio Salamanca apresenta uma diferença altimétrica de 625 m, sendo no seu ponto mais alto no topo da Chapada, a 967 m e, na porção mais baixa, na planície, a 342 m (figura 6). A diferença entre topo e o nível de base local ocorre por uma concavidade geral e um caimento em patamares de declividade variada.

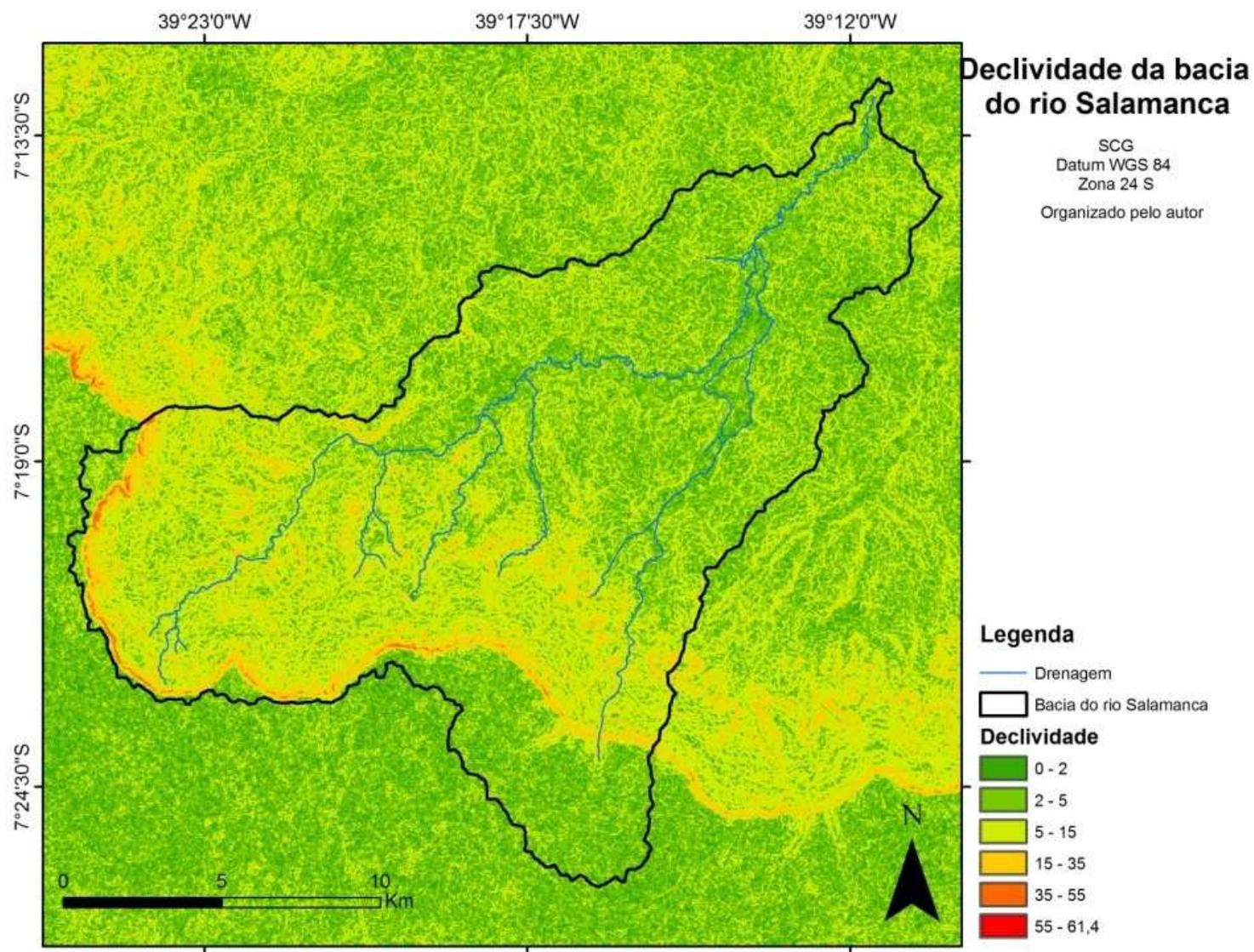
Ribeiro (2012) aponta para os rebordos erosivos festonados da Chapada do Araripe, que formam amplos *hollows* (anfiteatros). A autora aponta que as drenagens oriundas das fontes talham as rochas do Grupo Araripe em vales estreitos e pouco profundos, que se alargam nos patamares mais baixos, formando amplas planícies quando ocorrem no pediplano.



Fonte: processado pelo autor a partir de imagem SRTM/TOPODATA, com resolução de 30 m.

Corrêa (no prelo) observa que o contato litológico da Formação Exu e o Grupo Santana é uma diferença de padrões de declividade bem distintas: enquanto na primeira há formação de escarpa abrupta com declividade vertical, a segunda marca a linha de surgência das fontes e a partir daí, declividade com gradiente suave, dissecado pela drenagem obsequente. Segundo o autor a erosão em sulcos é o principal agente modelador, que canaliza a águas das fontes e da chuva, que resulta na dissecação da baixa encosta em forma de lombadas. A figura 7 demonstra essa diferença de declividade na área da bacia. As áreas mais planas ocorrem no topo da chapada e na planície, enquanto que as maiores declividade ocorrem na escarpa. Além disso, é observado que a alta encosta é caracterizada predominantemente por declividade fortemente inclinada (15-35°), enquanto nas porções baixas da encosta, a dissecação é mais expressiva, onde há evolução do relevo para colinas alongadas e morros, que representam testemunhos da regressão da Chapada do Araripe.

Figura 7 - Declividade em graus da bacia do rio Salamanca



Fonte: processado pelo autor a partir de imagem SRTM/TOPODATA, com resolução de 30 m.

2.4 Aspectos Pedológicos

A caracterização pedológica tomou como base referencial o levantamento de média intensidade do solo da mesorregião sul cearense, realizado pela FUNCEME (2012). Tal estudo de média intensidade contempla uma escala regional de 1:200.000 e as unidades de mapeamento podem ser constituídas por unidades simples ou associações de grandes grupos de solo, além de inclusões de outra classe de solo em pequena percentagem. Os dados foram focados para a área da bacia do rio Salamanca, conforme figura 4. Outras informações foram inseridas no texto, como altitude, declividade, unidades geomorfológicas e estrutura geologia para expor a espacialidade e gênese das manchas de solo. Foi traçado um transecto relacionando o relevo e a distribuição das principais associações de solo ao longo deste, buscando abranger todos os tipos mapeados dentro do limite da bacia hidrográfica. A legenda do mapa da figura 4 está explicada durante o texto, com as siglas em destaque.

No topo plano da chapada, a 960 metros de altitude, encontram-se Latossolo Amarelo distrófico típico e úmbrico, apresentando horizonte A moderado e proeminente e textura argilosa; apresenta ainda inclusões de Argissolo Amarelo distrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (**LA4**). A sudeste da bacia, ainda no topo plano e próximo à escarpa, encontra-se Latossolo Amarelo Distrófico típico, com horizonte A moderado, textura média e argilosa, com inclusões de Argissolo Amarelo distrófico típico, Neossolo Quartzarênico Órtico típico e afloramentos de arenito (**LA1**). A geologia está relacionada à Formação Exu (arenitos médios a grossos), que forma uma camada mais rígida e com alta porosidade no topo da chapada, diminuindo a ocorrência de drenagem. Neste sentido, a estrutura do topo da chapada acarreta em pouca ou nenhuma dissecação do relevo, o que, aliado a uma vegetação densa e de porte arbóreo, com alto teor de matéria orgânica na superfície, favorece solos mais maduros e conservados em relação à erosão.

Na porção mais escarpada, a 860 metros de altitude, encontram-se uma associação de 50% de Neossolo Litólico distrófico típico, com textura média, mais 30% de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico com textura argilosa e média/ argilosa, ambos com horizonte A moderado, e ainda 20% de afloramento de rocha. Esta associação apresenta inclusões de Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (**RL2**). Esta associação abrange desde a escarpa, onde apenas se observa o afloramento do arenito da Formação Exu sem presença de camada de solos quanto a base da escarpa, com material superficial de depósito de talus. A declividade alta e a presença de

grandes blocos e material grosseiro de depósito de tálus presentes favorecem a ocorrência de solos mais pedregosos, além de outras classes associadas à Formação Arajara (arenitos finos e siltitos).

Nas porções baixas da encosta, entre 770 e 480 metros de altitude, encontra-se uma associação complexa de grupos indiferenciados de Neossolo Litólico eutrófico típico e Neossolo Litólico distrófico típico, ambos textura arenosa, média e argilosa, sobre relevo com características de declividade de ondulado a montanhoso, fase pedregosa e rochosa; mais grupo indiferenciado de Argissolo Vermelho eutrófico típico e léptico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e léptico, ambos de textura argilosa/ média sobre relevo suave ondulado a fortemente ondulado; mais grupo indiferenciado de Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos de textura argilosa e média, sobre relevo suave ondulado a fortemente ondulado. Todos com horizonte A moderado, com inclusões de Neossolo Flúvico Eutrófico típico e afloramentos de rocha (**RL1**). A superfície apresenta ainda uma declividade acentuada, cortada pela drenagem do rio Salamanca. A geologia está relacionada com as Formações Arajara, também integrada na unidade anterior e a Formação Santana (um complexo de margas, folhelhos, gipsita e calcários laminados), além de depósito de tálus/colúvio. Esta associação de solos abrange a maior parte da encosta da chapada, onde se encontram as áreas de cabeceiras.

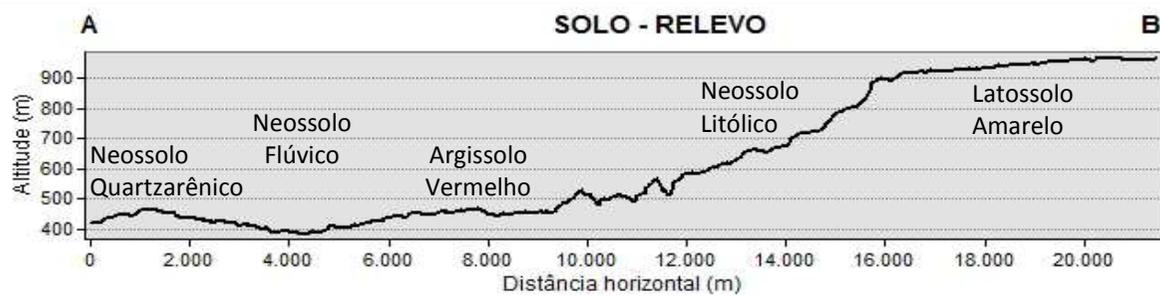
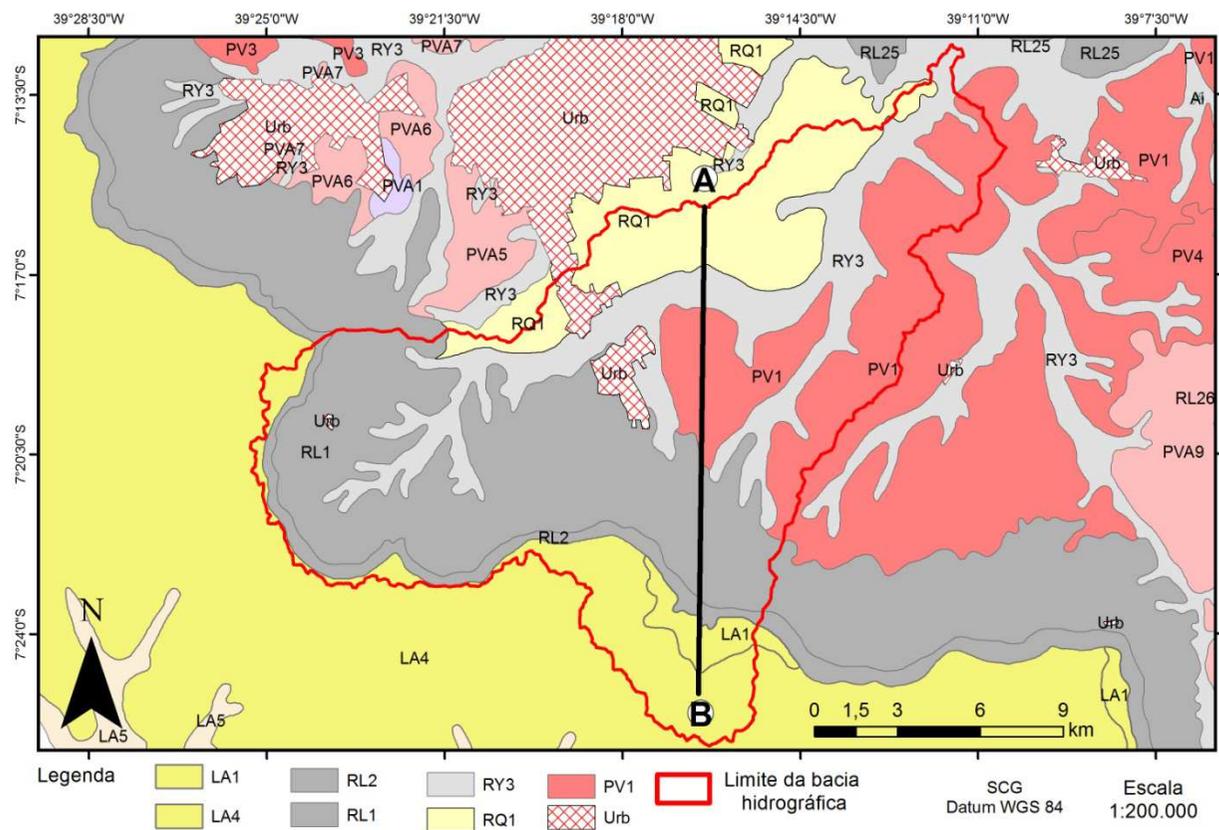
A nordeste da bacia, a 440 metros de altitude, encontra-se uma associação indiferenciada de 50% de Argissolo Vermelho eutrófico típico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico, ambos textura arenosa/ média mais 30% de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, de textura média mais 20% de Neossolo Quartzarênico Órtico típico, todos com horizonte A moderado. Apresentam inclusões de Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico latossólico e Cambissolo Háptico eutrófico típico (**PV1**). Esta associação está sobre relevo plano e suavemente ondulado. A geologia está relacionada com a Formação Rio da Batateira (arenitos médios a finos, siltitos e folhelhos), além de cobertura arenosas e areno-argilosas. A mancha de solo é cortada pela drenagem e Neossolos Flúvicos.

Ao longo das principais drenagens, com altitude que varia entre 650 e 350 metros e direção predominantemente SW-NW, encontra-se uma associação de 65% de grupos indiferenciados de Neossolo Flúvico, com atividade de argila alta (Ta) Eutrófico solódico e típico e Neossolo Flúvico, com atividade de argila baixa (Tb) eutrófico solódico e típico, ambos A fraco, moderado e chernozêmico, de textura arenosa, média e argilosa; mais 35% de

Vertissolo Háptico órtico típico, com horizonte A fraco e moderado, textura argilosa. Apresentam inclusões de Planossolo Háptico eutrófico solódico e Cambissolo Flúvico Eutrófico típico (**RY3**). Esta associação está relacionada com uma geologia recente dos depósitos de aluviões.

Na porção noroeste da bacia, sobre relevo suavemente ondulado, a 430 metros de altitude, encontra-se uma associação de 60% de Neossolo Quartzarênico órtico típico e latossólico mais 40% de grupo indiferenciado de Argissolo Vermelho eutrófico abrupto e típico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto e típico, ambos com textura arenosa/média e todos com horizonte A fraco. Apresentam inclusões de Latossolo Amarelo Eutrófico típico e Neossolo Flúvico Psamítico típico (**RQ1**). A geologia é também marcada pela Formação Rio da Batateira e depósitos arenosos e areno-argilosos. Apesar da semelhança com a litologia, as manchas de solos são diferentes entre as porções esquerda e direita da bacia do rio Salamanca, o que indica um trabalho pedogenético diferenciado na paisagem. Esta caracterização é representada na figura 8.

Figura 8 – Mapa e perfil transversal de distribuição e reconhecimento da média intensidade de solo da bacia do rio Salamanca



Fonte: organizado pelo autor a partir de dados de FUNCEME (2012) e imagem SRTM/TOPODATA/INPE

2.5 Cobertura vegetal e Uso e Ocupação da terra

O povoamento contemporâneo do Cariri Cearense teve seu início entre os séculos XVII e XVIII e o processo de ocupação foi, a partir daí, mais intenso. Inicialmente o uso foi principalmente para criação bovina; posteriormente, visto a fertilidade do solo e recurso hídrico constante, propícios ao plantio, assim como pelas divergências e incompatibilidade de uso entre agricultores e criadores, as terras da região foram tomadas pela agricultura (PINHEIRO, 2009).

Durante os anos recorrentes, vários tipos de cultura foram produzidos, como milho, feijão, frutas regionais, farinha de mandioca, além do algodão, que favoreceu o crescimento econômico local. No entanto, a atividade de destaque foi o plantio da cana-de-açúcar, levada para a região na primeira metade do século XVIII. O aproveitamento das condições naturais da planície do rio Salamanca favoreceu uma rica produção de derivados da cana, especialmente a rapadura, para o município de Barbalha. Foi através do Cariri que começou a indústria açucareira para o estado do Ceará, promovendo, inclusive, um processo migratório direcionado para a região em foco (PINHEIRO, 2009).

Além das condições naturais que atraíam mais pessoas para a região, as questões políticas e sociais também dinamizavam a sua paisagem. A emancipação da cidade de Barbalha em 1876 trouxe vários empreendimentos como o Gabinete de Leitura (1889), o jornal Correio do Cariri, vários colégios, a Liga Barbalhense contra o Analfabetismo, além das ordens religiosas que se implantaram na cidade, como a dos padres Salvatorianos e das freiras Beneditinas na década de 1950. Estes últimos foram fundamentais para a evolução do município, pois fomentou a educação e ajudaram a fixar as primeiras unidades de saúde do município como o Hospital São Vicente de Paula, existente até os dias atuais (ARAÚJO, 2013). Ainda assim, mesmo com o crescimento do espaço urbano, as práticas agrícolas se sobressaíam em importância econômica ao dinamismo urbano contemporâneo.

O desenvolvimento teve posteriormente o aporte da energia elétrica, que chega por volta de 1960 vindas da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). As primeiras redes buscavam abastecer terras para uso agrícola. Assim, ao longo desta década, o processamento da cana na planície do Salamanca movimentou suas engrenagens pela eletricidade, antes movidos pela força do vapor ou motor a diesel. Além disso, técnicas simples de irrigação através de bombas d'água, por exemplo, ampliaram a possibilidade do plantio da cana (SÁ, 2007).

A dinâmica industrial do município de Barbalha teve seu ápice na década de 1960 e 1970. No entanto, nesta mesma época houve o declínio do cultivo da cana-de-açúcar, o que mudou a dinâmica espacial do uso da terra no município.

Foi a partir da segunda metade do século XX que Barbalha passou por um processo de industrialização, buscando alternativas para a crise na economia canavieira. Surgem assim as fábricas de cimento – IBACIP, de ladrilhos cerâmicos – CECASA, a usina de açúcar e a fábrica de soro fisiológico. Também na década de 1970 é criado o Balneário do Caldas, visando aproveitar o potencial turístico das fontes minerais e da beleza da Chapada do Araripe. Hoje, além desse, outros balneários utilizam o potencial hídrico das fontes para construir uma paisagem de lazer, levando o consumo de um ambiente que se volte para a natureza.

A exploração do cultivo da cana chama a atenção novamente com a implantação em junho de 1976, da Usina de Açúcar Manoel Costa Filho, às margens da CE-293, mas negligenciando a produção da rapadura e buscando atingir o mercado do açúcar e do álcool (SÁ, 2007). Este, dentre outros empreendimentos industriais impulsionou o aumento de loteamentos nas suas proximidades e no centro urbano do município.

Neste contexto, a cultura da cana-de-açúcar é um elemento dominante na história do uso da planície do rio Salamanca. Os solos aluviais e as fontes perenes e as formas de relevo planas e estáveis, proporcionaram um ambiente favorável ao plantio da cana.

É importante acrescentar as diferenças de ocupação nas diferentes unidades geomorfológicas. Enquanto algumas vezes as formas de relevo são condicionantes para a forma de ocupação, em outras situações as ações políticas fogem dessa condição. Neste sentido, as colinas que antes limitavam a expansão urbana, são ocupadas com a desapropriação de terras e distribuição de loteamentos para a população. É assim que surge, por exemplo, o bairro Alto da Alegria, a partir de 1969, contrariando a tendência natural de expansão do eixo sul da malha urbana de Barbalha (ARAÚJO, 2013).

As ocupações em morros e colinas podem intensificar os processos geomorfológicos de encostas, acarretando na retirada da proteção natural do solo, a vegetação e conseqüentemente na evolução de voçorocas (figura 9). Atualmente é comum a ocorrência dessas voçorocas próxima às moradias, deixando a população em constante risco geomorfológico.

Figura 9 - Ocupação irregular em topo de colina em situação de risco



Fonte: o autor

O município de Barbalha, assim como a região do Cariri, tem seu desenvolvimento atual associado não somente com a agricultura. Além de indústrias, outros fatores favorecem a ocupação, principalmente no centro urbano e nas áreas de encosta.

Araújo (2013), utilizando imagens de satélite Landsat-5, obtidas em 12/09/1987, 24/08/1992, 23/09/1997, 01/08/2002, 18/08/2007 e 28/08/2011, analisou a evolução da ocupação para três municípios da região do Cariri: Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha. O objetivo foi analisar o processo histórico de expansão do espaço urbano nesses municípios. O autor quantificou essa expansão, agregado aos dados dos censos do IBGE, apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Variáveis de população e expansão da cidade de Barbalha – CE.

VARIÁVEIS	1987	1992	1997	2002	2007	2011
Área de Ocupação (Km²)	5,09	7,43	8,64	11,15	12,74	13,98
População Urbana	22367	25575	28759	32143	35828	38776
População Total	38268	39703	45121	48505	49956	52904
Área de Expansão Urbana (Km²)	-	2,34	1,20	2,51	1,59	1,23

Fonte: Araújo (2013).

Neste trabalho, Araújo (2013) observa um constante crescimento se intensificando para o sentido sul do município, ou seja, para as áreas de encosta da Chapada do Araripe, especialmente nos distritos de Arajara e Caldas.

No distrito de Arajara, nos sítios Farias e Santo Antonio, Ribeiro (2012) analisou as formas e processos de relevo pelo viés da percepção dos agricultores tradicionais sertanejos. A autora comenta que, nesta área, em consequência da presença de riachos perenes, há aporte de água necessária para o cultivo de hortifrutigranjeiros e cana-de-açúcar (hoje em menor proporção do que em outras épocas), assim como criação bovina e suína nas áreas mais declivosas, com o predomínio de agricultura tradicional, utilizando-se de mão de obra familiar.

Baseado na vivência cotidiana dos agricultores nesta área e na etnogeomorfologia local, Ribeiro (2012) identificou quatro tipos de relevo e solo, na visão dos agricultores, e suas relações com o uso:

1. “Areia ou Terra Ariúça/Ariúsca – solos arenosos (“macios”, “menos ligados”), mais fáceis de trabalhar, mas com baixa fertilidade (“terra fraca”), que precisa de adição de insumos, sendo o esterco o mais comum, mas também sendo utilizados adubos industrializados. Localizam-se nos interflúvios (“terras mais altas”), sendo os únicos encontrados no topo da chapada do Araripe. Usada para plantio de várias culturas, sendo a de bananeira utilizada para “segurar a terra”, pois são muito friáveis (“fofinhas”).
2. Barro Preto – só encontrados em encostas do Sítio Santo Antônio. Os melhores solos para plantio, pois apresentam textura intermediária entre areia e argila, e altíssima fertilidade.
3. Barro Vermelho – muito argilosos, férteis, mas bastante difíceis para trabalhar, por causa de sua pegajosidade (“atoleiro”) na época de chuvas. Ocorrem nas áreas mais baixas (“baixios”) da paisagem, e são bastante utilizadas para cultivos de cana-de-açúcar e banana.
4. Brejo – solos com alto teor de umidade (“terra fria”, “que não resseca”), localizadas nas áreas próximas aos rios e riachos, onde a água fica acumulada.” (RIBEIRO, 2012, p. 211)

O manejo do solo nessas áreas é compatível com as características ambientais locais, porém com algumas práticas tradicionais nocivas ao solo. Utiliza-se da queimada (“broca”) para o preparo do solo para o plantio. Existe um plantio de curvas de nível nas áreas mais declivosas, mas sem expressão nas áreas mais planas (RIBEIRO, 2012).

Além das áreas de encosta com crescente ocupação, outra unidade de relevo importante da bacia do rio Salamanca, são as áreas de cimeira. O topo do planalto sedimentar, dentro do limite da bacia do rio Salamanca, atualmente corresponde à Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada do Araripe, onde o uso é limitado, não havendo praticamente nenhuma ocupação. No entanto, durante muito tempo teve seu uso principalmente para criação de animais. Barros (1964) caracterizou o uso dessa área como de terras devolutas, que no verão abrigavam-se os rebanhos bovinos vindos de áreas agrícolas circunvizinha,

complementada pelo plantio de mandioca e abacaxi. Hoje o uso é restrito para visitação, extrativismo controlado, estudos científicos dentre outros.

A bacia do rio Salamanca, neste contexto, apresenta formas de usos diferentes, desde áreas densamente urbanas, usos agrícolas e extrativistas, assim como grandes áreas de proteção ambiental.

A vegetação tem papel importante na dinâmica do relevo, assim como mapeamento geomorfológico. Ela é útil na delimitação e classificação de formas de relevo. Além disso, o tipo de vegetação pode ser um bom vestígio de um ambiente pretérito e suas mudanças, como as ocorrências de cerrado e mata úmida no semiárido brasileiro.

De acordo com estudo de zoneamento da APA do Araripe (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999), para a região do Araripe, tendo em vista a diversidade geológica, relevo, clima e, principalmente os solos, registram-se as seguintes unidades fitoecológicas descritas:

- *Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida)*: vegetação de porte elevado (± 20 metros de altura), localizada nos patamares superiores da Chapada do Araripe. Como fatores para sua ocorrência estão altitude e exposição aos ventos úmidos e, principalmente, a ressurgência de águas subterrânea que garante a permanência da vegetação florestal. Além disso, o efeito orográfico, já destacado anteriormente, favorece precipitação pluviométrica condicionante para este tipo de vegetação, assim como outra forma de precipitação, o orvalho, determinado pelo nevoeiro nos níveis mais elevados (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999). A vegetação apresenta árvores com caule retilíneo, espessos, coberto muitas vezes com líquens, orquídeas, samambaias e bromélias, alcançando 30 metros de altura (SILVA et al, s/d)
- *Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Matas Secas)*: localizada nos patamares inferiores da chapada, fortemente descaracterizada pela ação antrópica.
- *Floresta Subcaducifolia Tropical Xeromorfa (Cerradão)/ Cerrado*: localizada no topo da Chapada, entre 800 e 100 metros de altitude. Como características estruturais externas das espécies vegetais, nota-se caules retinílios, copas que se superpõem, folhas largas, brilhantes e persistentes.

Do ponto de vista da distribuição e evolução espacial regional, as “ilhas” de Cerrado no semiárido são vestígios de uma antiga cobertura vegetal com ambiente pretérito favorável que sofreu modificações decorrentes de mudanças climáticas (MMA/FUNDETEC/URCA,

1999). No Ceará as manchas de cerrado estão em depósitos de cimeira (Planalto da Ibiapaba, Serra das Flores e Chapada do Araripe), como observado na figura 10 nas partes mais altas da bacia do rio Salamanca, assim como nos tabuleiros sublitorâneos. As flutuações climáticas e a movimentação de sedimentos e seus propágulos aportando para vários lugares para as bordas litorâneas deram origem às manchas de cerrado, hoje relíquia tanto no litoral quanto no interior (FIGUEIREDO, 2007).

Figura 10 - Vegetação tipo cerradão no topo da Chapada do Araripe



Fonte: o autor

De acordo com autora, naturalmente essas manchas estão diminuindo em seus conjuntos, no entanto “a ação humana acelera o processo de desmonte dessas relíquias vivas que comprovam a antiga distribuição dos padrões vegetacionais no mosaico hoje confuso” (FIGUEIREDO, 2007, p. 27). O cerrado da Chapada do Araripe em parte está protegido na

Floresta Nacional do Araripe – FLONA Araripe, representando área de interesse pela conservação e investigação científica.

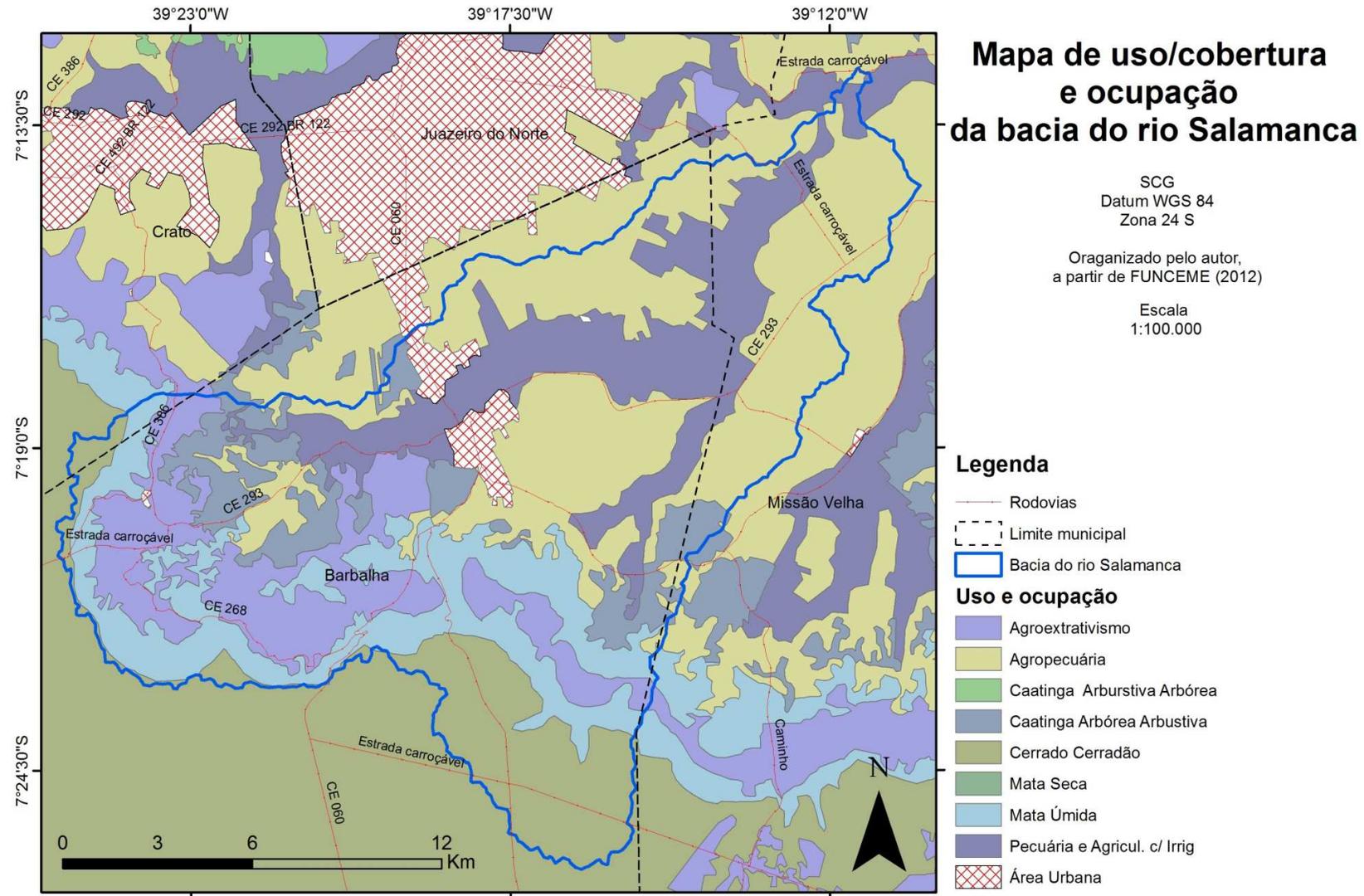
O isolamento geográfico da área, tendo o clima semiárido predominante e a vegetação típica de caatinga no seu entorno, e a posição marginal em relação ao cerrado nuclear, possivelmente, contribuem para que ela apresente diferenças fisionômicas, estruturais e menor diversidade alfa (SILVA et al, s/d)

O tipo de Floresta Caducifólia Espinhosa (caatinga) é classificada e encontrada nesta região em três tipos: *Caatinga Arbustiva*, de porte de no máximo 3 metros, podendo ser considerada a regeneração da caatinga; *Caatinga Arbustiva-Arbórea*, uma caatinga mais densa que a anterior, o porte varia 3 a 5 metros de altura, com ocorrência de muita vegetação arbustiva; e *Caatinga Arbórea*, de porte elevado (acima de 5 metros), localizada nos patamares inferiores no contato com as áreas mais baixas do relevo. Neste tipo de caatinga, as espécies apresentam uma espessura de caule maior e a densidade dos indivíduos é menor que nas caatingas arbustivas e semi-arbustivas.

Floresta Ribeirinha (mata ciliar), localizada ao longo dos riachos formados pelas fontes. Nos vales do Cariri as palmeiras macaúba (*Acrocomia intumescens*), babaçu (*Orbygnia phalerata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) apresentam-se em verdadeira zonação dos locais menos úmidos para os mais pantanosos (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999).

O mapa da figura 11 demonstra a espacialização dos tipos principais de vegetação, assim como o uso da terra no limite da bacia do rio Salamanca e o seu entorno.

Figura 11 - Mapa de uso/cobertura e ocupação da bacia do rio Salamanca



Fonte: organizado pelo autor a partir de dados de FUNCEME (2012)

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos deste trabalho podem ser compartimentados nas etapas a seguir:

Na *primeira etapa*, houve revisão bibliográfica acerca dos temas da cartografia geomorfológica, destacando problemáticas sobre escala e taxonomia; simbologia e propostas metodológicas; paisagem semiárida, com foco para a região do Cariri Cearense, alvo do estudo; e uma revisão histórica das propostas metodológicas de Demek (1972) e IBGE (2009).

A *segunda etapa* consistiu em organizar mapeamento base da área de estudo, cartografando, além das características principais da paisagem, como solo, geologia entre outros, as principais variáveis morfométricas, como hipsometria, declividade, sombreamento, dentre outros. Para isso, a pesquisa contou com os seguintes produtos cartográficos:

- Imagem de radar SRTM (*Shuttler Radar Topography Mission*) com resolução refinada para 30 metros obtidas a partir do projeto TOPODATA/INPE (VALERIANO, 2008);
- base digital cartográfica do Zoneamento Geoambiental da Mesoregião Sul do Estado do Ceará, com escala de 1:250.000, disponibilizado pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2006);
- base digital cartográfica do levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos da Mesoregião do Sul Cearense, numa escala de 1:200.000, disponibilizada pela FUNCEME (2012);
- cartas topográficas na escala de 1:100.000 da SUDENE – Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste – Folha SB. 24-Y-D-III – Crato, disponibilizada pelo IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará).

Esses mapas foram organizados e serviram de base para o campo, auxiliando na visualização e registro dos processos espaciais dos sistemas ambientais.

A *terceira etapa*, consistiu na elaboração dos mapas geomorfológicos, seguindo os procedimentos das duas metodologias em questão, Demek (1972) e IBGE (2009). As duas metodologias, apesar de se proporem como metodologias de análise gerais do relevo, ou como já comentadas no capítulo dois, como metodologias analíticas de mapeamento

geomorfológico, apresentam diferenças entre si, principalmente no que se refere às propostas taxonômicas e uso de simbologias. Neste sentido, foram elaborados dois mapas geomorfológicos com a finalidade de expressar as diferenças entre os produtos finais seguindo tais metodologias.

A *quarta etapa* consistiu de uma análise comparativa desses dois mapas, procurando destacar os diferentes enquadramentos e representações da bacia do rio Salamanca seguindo as metodologias.

Nessa análise comparativa serão considerados, dentre outras questões, os seguintes atributos das metodologias nas suas aplicações: a facilidade de representar a partir da taxonomia a estrutura genética do relevo em vários níveis de escala, a diversidade de simbologia para as formas e processos apresentados na análise da área, a visualização cartográfica.

3.1 As propostas metodológicas de mapeamento geomorfológico

É necessário apresentar uma justificativa para a escolha das duas propostas de mapeamento geomorfológico. Primeiro, justifica-se aqui a escolha destas duas por serem propostas de análise abrangente do relevo, ou seja, metodologias analíticas, ou de propósito gerais.

A proposta do IBGE (2009) representa uma orientação oficial da cartografia geomorfológica brasileira (CUNHA, 2011). Além disso, sua estrutura tem ligação com o projeto RADAMBRASIL, o que a torna uma continuação de um projeto unificado nacional. Outras propostas, como já abordado, são semelhantes ao projeto RADAM, como Ross (1992), apresentando o mesmo guia taxonômico e procedimentos da diferenciação de unidades, inclusive sendo mais citado e utilizado nos trabalhos acadêmicos no Brasil. No entanto, estas últimas, não apresentam propostas de legendas, um dos elementos principais para comparação. Neste sentido, a proposta do IBGE (2009), no âmbito nacional, se torna mais completa enquanto guia para mapeamento geomorfológico, proporcionando mais impacto e clareza nas diferenciações da avaliação comparativa. Parte dos trabalhos brasileiros sobre mapeamento geomorfológicos segue esta proposta, como exemplo de Rezende e Salgado (2011).

A utilização da metodologia de Demek (1972) é justificada aqui por se tratar de uma orientação da UGI (União Geográfica Internacional), que se apresenta como universal e

pode, neste aspecto, ser aplicada nas diversas paisagens do globo. No Brasil, alguns trabalhos têm seguido tal proposta, como Corrêa (1997).

As duas obras se apresentam enquanto manuais, o que sugere guias normativos, com etapas bem definidas. Corrêa (1997) aplicou a proposta de Demek (1997) em uma área do semiárido pernambucano. Sobre a ideia de seguir as etapas do manual, o autor explica que é preciso “entender os limites do método, e que por fim a sugestão de mapeamento expressa mais um acordo normativo, altamente flexível, do que um documento absoluto, incontestável” (CORRÊA, 1997, p.150).

Neste sentido, é preciso pensar os manuais como uma apresentação de ferramentas e técnicas para uma aplicação, não como um catálogo de preenchimento e enquadramento. No entanto, é necessário conhecer essas ferramentas e técnicas propostas, a fim de possibilitar mesmo uma flexibilização para a representação do fenômeno geomorfológico.

3.1.1 A proposta de IBGE (2009)

A primeira unidade taxonômica está para uma escala regional, ligada ao arcabouço geológico, assim como “grandes áreas onde a erosão obliterou os efeitos litológicos ou truncou estruturas, como os pediplanos ou as depressões periféricas” (IBGE, 2009). A segunda é caracterizada como resultado da ação de fenômenos climáticos pretéritos e atuais que dão características comuns às feições. O manual apresenta como exemplo desse nível de classificação o Planalto da Borborema, a Serra do Espinhaço dentre outros.

O terceiro nível é caracterizado como um conjunto de formas semelhantes em sua altimetria e fisionomia. Os conjuntos de formas que compõem esse nível são as planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras.

O quarto nível taxonômico é dividido em quatro tipos: modelados de acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação. Os modelados estão relacionados à gênese e a recorrência dos materiais correlativos superficiais.

O quinto nível é representado por feições menores que só podem ser cartografadas por símbolos pontuais ou lineares, como cicatrizes erosivas.

O manual apresenta um jogo de legendas que abrange diversos tipos de formas de relevo, com exemplos para as principais formas de relevo nas paisagens brasileiras.

3.1.2 A proposta de Demek (1972)

A proposta de Demek (1972) se apresenta como um manual de geomorfologia de detalhe. Tal documento é produto de pesquisas da Comissão de pesquisa e mapeamento geomorfológico, da União Geográfica Internacional (UGI). O mapa de detalhe, nesta proposta, pode ser caracterizado com escalas entre 1:25.000 e 1:50.000, ou mesmo 1:100.000 em regiões com poucas informações (GELLERT, 1972). Nesta proposta, o conteúdo do mapa geomorfológico de detalhe deve apresentar:

- I. Suas propriedades morfológicas e morfométricas, tal como tamanho, forma, declividade, rugosidade etc;
- II. Sua estrutura material/ tipo de rocha e arranjo;
- III. Os processos dinâmicos que tem condicionados;
- IV. Outros.

O manual é abrangente em relação aos vários aspectos do relevo a serem analisados e representados, como morfometria, legenda, taxonomia, caracterização dos diferentes ambientes da superfície dentre outras questões. Para a morfometria, a proposta indica seis categorias de classes de declividade e as características qualitativas do relevo para cada uma delas: 0-2°, 2-5°, 5-15°, 15-35°, 35-55° e acima de 55°, ocorrendo algumas subdivisões (quadro 4). Visto que a proposta de IBGE (2009) não expressa classificações de declividade, ao longo do texto, é seguida essa classificação para caracterizar as formas de relevo.

Quadro 2. Índices de declividades apresentadas em Demek (1972)

Declividade	Características
0-2°	Plano a levemente inclinado
0° - 30'	Plano
0°30' - 2°	Levemente inclinado
2-5°	Suavemente inclinado
5-15°	Fortemente inclinado
15° - 35°	Íngreme a muito íngreme
15° - 25°	Íngreme
25° - 35°	Muito íngreme
35° - 55°	Escarpado
Acima de 55°	Vertical

Fonte: Demek (1972), tradução nossa.

Os aspectos morfológicos do relevo dizem respeito a suas características qualitativas. Uma dessas principais características é a forma de encosta, que está relacionado diretamente

a direção do fluxo e a dinâmica superficial. No manual é apresentada uma relação entre forma de inclinação e direção de fluxo (quadro 5).

Quadro 3. Formas de encosta e direção de fluxo

Forma de inclinação	Divergente	Convergente	Paralelo
Convexo	Convexo – divergente	Convexo – convergente	Convexo – paralelo
Côncavo	Côncavo – divergente	Côncavo – convergente	Côncavo – paralelo
Retilíneo	Retilíneo – divergente	Retilíneo – convergente	Retilíneo – paralelo

Fonte: Demek (1972), tradução nossa.

A taxonomia do relevo nesta proposta, ou a regionalização geomórfica, é baseada na classificação das formas de relevo e na distribuição regional das unidades básicas geomorfológicas e sua relação com a alta ordem de unidades espaciais.

A unidade básica, neste caso, é o "morfotopo" (*morphotop*) ou "morfofície" (*morphofacies*). Estas são unidades geomorfológicas regionais caracterizadas pela forma uniforme (forma, morfografia, morfometria) e origem geológica homogênea, especialmente litologia e estrutura e desenvolvimento (morfogênese e morfocronologia) e atuais processos uniformes). Para esta unidade não existe uma escala fixa, podendo variar de alguns metros para vários quilômetros. Eles são seguidos por unidades de alta ordem, as morfo-regiões (*morpho-regions*) e de ordem de tamanho continental (quadro 6).

Quadro 4- Estrutura hierárquica proposta pelo manual de mapeamento geomorfológico de detalhe da UGI

Unidades de alta ordem e de tamanho continental	Morfo-região
	Morfo-macrocore
	Morfo-mesocore
	Morfo-microcore
Mosaico de diversos morfotopos	Grupos de morfotopo
Unidade básica da regionalização	Morfotopo

Fonte: Gellert (1972) in Demek (1972), tradução nossa.

Sobre a diferença entre os níveis de morfotopos ou morfofácies e os níveis de morfocores, é mencionado que, enquanto os primeiros grupos consistem de um mosaico de diversos morfotopos, os morfocores são caracterizados por marcas de várias características.

A proposta de legenda, um dos principais elementos do mapa geomorfológicos, é diversificada para várias paisagens da superfície terrestre. No entanto,

A legenda internacional unificada, compilada pela sub-comissão de mapeamento geomorfológico da UGI, não pode ser esperada para ser suficientemente compreensiva para cobrir todas as formas de relevo de qualquer país. A legenda representa somente um quadro que tem de ser modificado de acordo com as necessidades regionais (GELLERT, 1972, p. 28, tradução nossa).

Sobre a análise comparativa, é importante salientar que a proposta desse trabalho não é discutir o nível de qualidade das metodologias aqui comparadas, mas expor como a bacia do rio Salamanca é representada em cada uma delas. Dessa maneira, esse estudo se comporta como uma análise comparativa de representações no sentido de explorar as diferenças, não pretendendo afirmar, por exemplo, qual é a melhor por si mesma. Destaca-se ainda que encontrar diferenças nas representações é partir de um determinado ponto de vista e aplicado em uma determinada realidade. Assim, esse estudo não pretende ser universal com a finalidade, por exemplo, de encontrar uma solução para as divergentes propostas de mapeamento geomorfológico ou ainda abolir e/ou desmerecer uma metodologia. Mas pretende ser regional no aspecto de apontar as diferenças nos enquadramentos metodológicos e mais abrangente na discussão geral da cartografia geomorfológica.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O mapa geomorfológico é um dos instrumentos mais eficientes para o estudo da paisagem, representando a fisiografia e dinâmica das formas de relevo em um determinado espaço. Esta representação pode aparecer como a síntese da interação dos elementos da paisagem, principalmente solo, vegetação e relevo, tendo este último como fator principal; assim como pode se concentrar somente em elementos estritamente geomorfológicos, como estrutura de falhas, leques, quedas de bloco etc. Seja qual for a forma de análise e da representação da paisagem geomorfológica, é nítida, a importância do mapeamento (análise, reconhecimento e representação) geomorfológico, seja para dominação do espaço ou para o entendimento de sua configuração e dinâmica naturais.

Este tópico aborda uma revisão teórica sobre a cartografia do relevo e sua aplicação para o ambiente semiárido no nordeste brasileiro. Para tanto, os conceitos e problemáticas de escala, simbologia e metodologias serão abordados. Para analisar a ideia de escala, traz-se a discussão sobre hierarquia ligada aos níveis de escala, já sintetizado em De Boer (1992), assim como a necessidade de enxergar as formas e processos do relevo em multi-escala (SCHMIDT; ANDREW, 2005). Outros autores ligados à geomorfometria serão abordados, apesar deste trabalho não buscar uma automação *stricto sensu* na classificação do relevo. Sobre as metodologias, traz-se uma discussão sobre a evolução das técnicas de representação e, em especial a partir da década de 1960, e a busca por normatização metodológica do mapeamento, abordada por Klimaszewski (1990) e Coltrinari (2011).

4.1 Mapeamento Geomorfológico

O objetivo do mapeamento geomorfológico é registrar informações sobre as formas de superfície, materiais (solo e rocha), processos superficiais e, em muitos casos, a idade das formas de relevo (COOKE; DOORNKAMP, 1990). Assim, o mapeamento geomorfológico pode ser aplicado em diversas situações, principalmente quando é necessário informações sobre distribuição das formas de relevo, solos e materiais litológicos, ou características advindas dos processos superficiais.

O mapa geomorfológico tem sido útil na gestão do território, por exemplo, na delimitação e classificação de unidades de paisagem, normalmente sendo utilizado para

identificar os limites das unidades (GUERRA; MARÇAL, 2006). Além disso, o mapa pode ser um instrumento de normatização do uso da terra, principalmente no que se refere ao diagnóstico de áreas de risco geomorfológico, relacionados aos processos como erosões, movimentos de massa e inundações (TOMINAGA, 2011).

Nos estudos da cartografia geomorfológica, a discussão sobre mapeamento envolve problemáticas sobre escala, simbologia cartográfica, propostas metodológicas e fatores que influenciam na formação do relevo e que são relevantes na representação.

4.1.1 Escala, hierarquia e sistemas geomorfológicos

A dinâmica do relevo pode ser entendida através de um viés sistêmico (CHRISTOFOLETTI, 1999). A complexidade da ideia de sistema é admitida nos estudos do relevo e varia, dentre outras maneiras, de acordo com o tamanho de área, intervalo do tempo de gênese das formas e processos e do detalhamento da análise. Isto remete a um conceito muito estudado na ciência geográfica e indispensável para a Geomorfologia, a *escala*, compreendida aqui como um elemento fundamental para a delimitação do espaço físico, grau de detalhamento de uma representação e identificação de feições geográficas (MENEZES; COELHO NETTO, 1999).

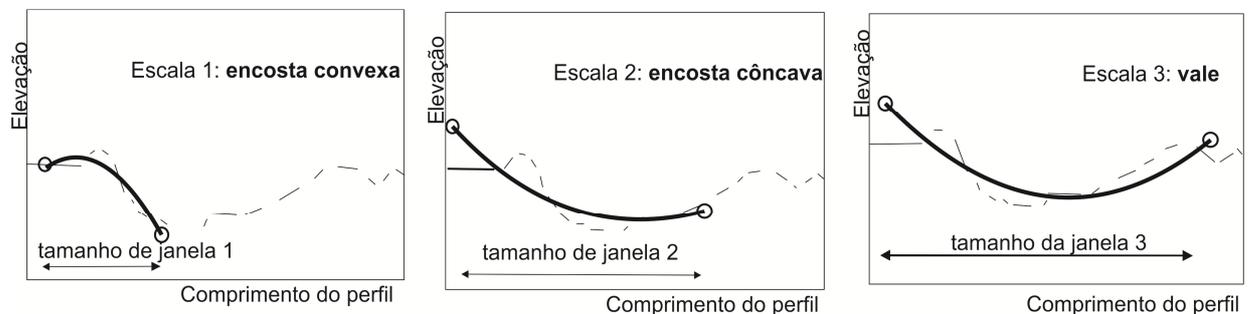
Para os estudos da paisagem e geomorfologia, a escala pode aparecer com a ideia de resolução, extensão de área e intervalo de tempo. O intervalo de escala na geomorfologia muitas vezes pode fugir do alcance da observação real, variando, por exemplo, da estrutura mineral da argila para a escala larga das placas tectônicas (DE BOER, 1992). No entanto, nem todos os níveis de escala são contemplados na investigação, ou seja, enquanto uns alguns níveis serão valorizados, outros podem ser ignorados, de acordo com o nível de detalhamento desejável e o tamanho da área de estudo.

Certos fenômenos só têm sentido sobre determinada condição de análise dos sistemas geomórficos. Assim, cada nível de escala, ou nível de organização do sistema, oferece uma problemática diferente a ser trabalhada, o que remete ao interessante de se compreender o que cada ponto de observação da paisagem representa. A encosta convexa de um morro, por exemplo, pode fazer parte de uma encosta predominantemente côncava num nível de escala

maior o que, por sua vez, pode ser a parte de um vale, em nível ainda maior de escala, como esquematizado na figura 12.

As técnicas atuais da modelagem digital do terreno trouxeram a possibilidade de melhorar a resolução de análise espacial. Assim, têm-se no alcance local e regional do relevo pelos MDE's (Modelos Digitais de Elevação) vantagens num melhor planejamento e entendimento da dinâmica da paisagem.

Figura 12 – Aproximações locais mostrando esquematicamente um ponto de um perfil de superfície em três escalas



Tais aproximações de superfície em vários tamanhos de janela podem fornecer informações sobre as características de formas de multiescala da paisagem.

Fonte: Adaptado de Schmidt e Andrew (2005), tradução nossa.

O domínio de diversas resoluções possibilita uma análise *multiescala*, possibilitando enxergar o comportamento do relevo em diversos intervalos de tempo e espaço. Neste contexto a escala é entendida como a combinação de *resolução do dado* e *extensão espacial da análise* (GORINI; MOTA, 2011). Cada aplicação de uma representação digital do terreno implica em um modelo semântico específico de superfície, ou seja, a aplicação está interessada em uma escala característica do relevo (SCHMIDT; ANDREW, 2005). Neste sentido, há o desafio de encontrar uma escala que possibilite a visualização mais adequada das formas e processos do relevo desejado, ou ainda analisar o relevo em seus vários níveis de escala. No entanto, é necessário entender que estes níveis não estão separados entre si e, sim, mantém uma correlação.

Destarte, não existe uma escala melhor ou pior por si mesma. O que existem são escalas que possibilitem a visualização do fenômeno. Por exemplo, uma escala de 1:500 não necessariamente é melhor, por si mesma somente e sem levar em conta o que ela pode dar visibilidade, que uma escala de 1:25.000. Neste mesmo caso, se no primeiro, consegue-se

visualizar processos erosivos menores, como ravinas e sucos, não necessariamente possibilita a visualização de tipologias de unidades de relevo, como colinas ou serras, o que seria possível numa escala de 1:25.000 ou 1:50:000. A escala neste sentido está ligada ao nível de detalhe a que se pretende alcançar e ao tipo de fenômeno que se deseja cartografar.

Os sistemas geomórficos possuem uma estrutura hierárquica: cada sistema geomórfico consiste de, e inclui fisicamente, uma hierarquia de nível interior de sistemas cada vez menor, mas é ao mesmo tempo parte de, e fisicamente contido por, uma hierarquia cada vez mais ampla, de sistemas de níveis superiores (DE BOER, 1992; KING, 2005). Ou seja, cada nível de hierarquia inclui os efeitos cumulativos de níveis mais baixos (DRAMIS; GUIDA; CESTARI, 2011).

Composta de vários processos formadores de formas de relevo e hierarquizada, a paisagem pode ser *poligenética* (BRUSDEN; THORNES, 1979 apud DE BOER, 1992). Nesta perspectiva a paisagem também é denominada como um *palimpsesto*, como uma mistura, uma sobreposição de diferentes processos, numa escala temporal e espacial, marcados na paisagem (CHORLEY et al, 1984 apud SCHMIDT; ANDREW, 2005).

É importante destacar que a noção de escala e hierarquia, modelada em níveis de tamanho e relações genéticas do fenômeno, parte do observador e seus interesses. A teoria das hierarquias tem uma natureza anti-realista, que tem como pressuposto filosófico que a ciência deve oferecer não modelos verdadeiros, mas modelos empiricamente adequados, avaliados por suas consequências práticas aplicadas (NUNES-NETO; EL-HANI, 2012). Tal teoria está além dos níveis de organização da realidade, mas também de um olhar sobre o papel do observador e do processo de observação.

A escala de tempo é essencial nos estudos de paisagem poligenética, ela remete aos estudos dos sistemas geomórficos por uma análise de magnitude e frequência dos eventos desencadeadores dos processos. Neste sentido os vários níveis hierarquizados da paisagem têm seu destaque pela escala no espaço e no tempo.

De Boer (1992) apresenta uma série de proposições sobre escala e sistemas geomórficos; dentre elas, o autor afirma que os sistemas geomórficos em pequena escala espacial entram em equilíbrio mais rapidamente com o ambiente, o que permite uma análise abordando um curto intervalo de tempo. Isso é diferente para os sistemas de larga escala que apresentam baixas respostas para mudanças. Quanto maior a escala do observador de um

fenômeno espacial contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) (KOHLE, 2002; KING, 2005).

Um evento catastrófico, um colapso do sistema geomórfico num nível de escala inferior, deve ser analisado levando em consideração a escala. Se um evento é ou não catastrófico depende do nível hierárquico de interesse, já que um evento poderá afetar somente um sistema de baixo nível hierárquico, e não aqueles em altos níveis (DE BOER, 1992). Dessa forma, tempo e espaço fazem parte das pesquisas geomorfológicas na busca por entender a dinâmica da paisagem.

Alguns exemplos clássicos (BERTRAND, 2004; LACOSTE, 1988; TRICART, 1965) demonstram uma tentativa de hierarquizar os sistemas da paisagem terrestre em escalas pré-definidas. Na tabela 3, nota-se um exemplo em Tricart (1965) onde os sistemas ambientais podem ser previstos e classificados com intervalos de tamanhos de áreas desde uma escala global até um microambiente. É interessante notar que esta é uma forma didática de demonstrar as mudanças de problemática, incluindo a gênese e o tempo relativo de cada nível. Entre estes níveis existem questões distintas a serem investigadas.

Tabela 3 – Classificação taxonômica dos fatos geomorfológicos

Ordem	Unidade de superfície em km ²	Características das unidades, exemplos	Unidades climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos que comandam o relevo	Ordem de estabilidade temporal
I	10 ⁷	Continentes, bacias oceânicas (configuração do Globo)	Grandes conjuntos zonais, comandados por fatores astronômicos	Diferenciação da crosta terrestre, sial e sima	10 ⁹ anos
II	10 ⁶	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Tétis, Bacia do Congo)	Grandes tipos de climas (interferência da influência geográfica aos fatores astronômicos)	Movimentos da crosta terrestre, como a formação de geosinclinais. Influência climática na dissecação	10 ⁸ anos
III	10 ⁴	Grandes unidades estruturais (Bacia de Paris, Jura, Maciço Central)	Nuanças nos tipos de climas, mas sem grande importância para a dissecação	Unidades tectônicas que tem ligação com a paleogeografia. Velocidade de dissecação influenciada pela litologia	10 ⁷ anos
IV	10 ²	Unidades tectônicas elementares: maciços montanhosos, hosts, fossas	Climas regionais por influência geográfica, especialmente as regiões montanhosas	Influência predominante da tectônica, secundária da litologia	10 ⁷ anos
Limiar de compensação isostática					
V	10	Acidentes tectônicos: anticlinal, calha sinclinal etc. Montes, Vales etc.	Climas locais, influenciados pela disposição do relevo: <i>adret</i> ¹ , <i>ubac</i> ² , zona montana	Predominância da litologia e da tectostática. Influência estruturais clássicas	10 ⁶ a 10 ⁷ anos
VI	10 ⁻²	Forma de relevo: crista, terraço, circo glacial, moraina terminal, cone de dejeção	Mesoclima ligado diretamente à forma (nicho de nivação, por exemplo)	Predominância de fatores morfodinâmicos influenciados pela litologia	10 ⁴ anos
VII	10 ⁻⁶	Microformas: lobos de solifluxão, solos poligonais, <i>nebkha</i> , ravina	Microclima diretamente ligado por autocatálise (exemplo: lapiás)	Idem	10 ² anos
VIII	10 ⁻⁸	Microscópico: detalhes de corrosão, polimento etc.	Microambiente	Interferência da dinâmica e da textura da rocha	

Fonte: Tricart (1965, tradução nossa)

¹ O lado de uma montanha ou vale que recebe mais luz do sol e que pode, portanto, em áreas de alta latitude ter um uso da terra intenso (TOMAS e GOUDIE, 2008)

² O lado mais sombreado de uma montanha (TOMAS; GOUDIE, 2008)

No entanto, apesar destes modelos apresentarem um enquadramento de escala espaço-temporal para os processos naturais da superfície, é necessário destacar que, antes de problematizar a escala, é preciso destacar que aspecto do relevo será trabalhado na análise. E ainda, entender que a escala é um *meio* de visualizar o fenômeno no sistema geomórfico, mas a sua supervalorização em detrimento da problemática, o que pode ocorrer quando se utiliza um enquadramento rígido de escala, pode apagar ou negligenciar fatores ou fenômenos importantes.

4.1.2 Simbologia

Nos mapas geomorfológicos há uma grande diversidade de legendas empregadas e, em parte, isso é resultado da configuração do terreno nas regiões estudadas. Por exemplo, legendas em terras baixas tendem a ser mais simples do que as exigidas em terrenos montanhosos, e a necessidade por símbolos coloridos é assim limitada (VERSTAPPEN, 2011). Alguns mapas imprimem cor ao mapa para representar litologia, gênese ou tempo de formação; apesar da grande discussão, isso ainda não é padronizado.

Cunha, Mendes e Sanches (2003), realizaram uma comparação de duas propostas metodológicas aplicadas numa área de estrutura sedimentar em São Paulo: a proposta do Centro de Geografia Aplicada de Strasbourg – França (TRICART, 1965) e International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences – ITC (VERSTAPPE; ZUIDAM, 1975). Os fatores comparados foram essencialmente legenda e procedimentos, conforme quadro 2.

Quadro 5 – Comparação entre as propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975)

Elementos	Tricart (1965)	Verstappen & Zuidam (1975)
Litologia e formações superficiais	Ênfase da resistência dos materiais.	Ênfase aos tipos de materiais constituintes.
Formas de vertentes	Não apresenta simbologia para a identificação das formas, somente para identificar os tipos de escoamento.	Apresenta simbologia para identificar formas e tipos de escoamento.
Rupturas topográficas	Apresenta simbologia que identifica diversos graus de desníveis.	Apresenta simbologia única, não possibilitando identificar os desníveis.
Colos	Apresenta simbologia específica para identificar a presença de colos topográficos.	Não contempla tal feição topográfica com simbologia específica.
Rupturas topográficas em cursos fluviais	Apresenta simbologia que permite identificar a magnitude de tais rupturas.	Apresenta simbologia única para rupturas de diversas magnitudes.
Agrupamento de feições morfográficas	Apresenta grupo específico para o modelado antrópico.	Não contempla as feições antrópicas em grupo específico.
Morfometria	Contempla curvas de nível e linha de cumeada como aspectos morfométricos.	Apresenta tanto curvas de nível e linhas de cumeada, como outras feições morfológicas no grupo de morfometria.
Uso de cores	Sugere o uso de cores para a cronologia e grau de resistência da litologia.	Usa cores diferenciadas para cada grupo de elementos.

Fonte: Cunha, Mendes e Sanchez (2003)

Os autores afirmam que essas metodologias devem ser aplicadas a depender das condições de trabalho, das características da área e da escala adotada. Afirmam que a metodologia de Tricart (1965) é mais interessante quando se trata de modelados antrópicos, pois abrange simbologias específicas para tal finalidade. Em outros aspectos de simbologia, as duas propostas por vezes apresentam conceitos diferentes para o mesmo processo, como por exemplo, as rampas de colúvio. Segundo este estudo:

...essas formas são indicadas por Tricart, como formas de acumulação, dentro do grupo de formas de vertente e interflúvios. Já Verstappen & Zuidam (1975) incluem estas no subgrupo formas de origem gravitacional, que pertence ao grupo formas de origem denudativa. Sabe-se que tais feições são formas de acumulação normalmente posicionadas nas vertentes, geradas por processos gravitacionais. Desse modo, as duas concepções estão corretas, porém cada uma delas enfatiza um aspecto diferente da mesma feição geomorfológica (CUNHA, MENDES e SANCHEZ, 2003, p. 9).

Estes autores comentam sobre a necessidade do uso flexível das legendas, e que cada ambiente deve utilizar as simbologias que melhor atente à dinâmica geomorfológica da área. Neste sentido, para a elaboração do mapa geomorfológico de uma área localizada no norte da Bahia, semiárido brasileiro, Lima, Cunha e Perez Filho (2013) mesclaram propostas de simbologia de vários autores, tendo como base o enquadramento hierárquico proposto pelo IBGE (2009).

Verstappen (2011) comenta que a padronização completa das legendas no mapa geomorfológico só é necessária no caso da produção de uma série de mapas a nível nacional ou internacional. Caso contrário, é mais adequado aplicar conceitos gerais com alguma flexibilidade quanto à melhor forma de atender a finalidade da pesquisa e as características específicas da área mapeada.

As legendas de mapas geomorfológicos analíticos, resultado de mapeamento de propósitos gerais, sem critérios geomorfológicos específicos, tendem a ser mais complexas, como resultado da diversidade dos dados a serem incluídos sobre as características morfométricas, morfográficas, morfogenéticas e morfocronológicas do terreno e, além disso, para morfoestruturas, litologia e depósitos superficiais (VERSTAPPEN, 2011). Contudo, trazem informações essenciais para o uso da terra e entendimento da dinâmica do relevo.

4.2 Técnicas e metodologias de representação do relevo

Atualmente não existe um único modelo padronizado de mapeamento geomorfológico. Isso parece um problema para as pesquisas na geomorfologia, relacionando a grande quantidade de metodologias existentes e os critérios para a escolha dessas metodologias, como tipo de ambiente, melhor enquadramento taxonômico e regionalização, diversidade de legendas entre outros. Assim, é interessante entender como se construiu as técnicas de representação das formas e processos do relevo, assim como seu deu as discussões sobre a necessidade de padronização ou não de como fazer e analisar a superfície da paisagem.

4.2.1 Da fase artística para aos Modelos Digitais de Elevação

Não é nova a tentativa de desenhar os morros, montanhas e planícies, seja para uma apreensão perceptiva do espaço ou para os planos bélicos e de exploração territorial. No ocidente, as grandes navegações, principalmente a partir do século XV, deram impulso para

uma cartografia mais robusta e de precisão, e, ao mesmo tempo a preocupação com o a cartografia do relevo também cresceu nesta época.

Além dos grandes descobrimentos, dois fatos foram importantes para o fortalecimento da Cartografia: a retomada da herança greco-romana na tradução da *Geografia*, de Ptolomeu para o latim (1405) e a redescoberta da imprensa e da gravação (1470), aumentando a produção e divulgação dos mapas (CASTRO, 2012).

Alguns autores afirmam que a moderna representação do relevo terrestre, teve origem na cartografia náutica (DIAS, 2008). Ao evoluir nas técnicas de representar as formas de relevo submersas, a fim de levar a embarcação ao porto com mais segurança, veio a possibilidade de exprimir com maior exatidão o relevo continental. Neste caso, o nível do mar era o ponto de referência e os níveis batimétricos eram sondados junto às áreas de águas menos profundas (cerca de 200 metros).

Nas primeiras tentativas de dar cotas ao terreno, os engenheiros utilizavam o mesmo método das cartas náuticas para a parte emersa, no entanto, o cume era o “ponto de comparação” e foi somente a partir de 1802 que houve mudança sobre o nível de base, quando a comissão de normatização francesa propôs que todos os serviços públicos passassem a reportar ao nível do mar as cotas determinadas no terreno (DIAS, 2008). Sobre isto, Dias (2008, p. 12) coloca que “os princípios das curvas de nível, em que se supunha uma inundação geral que se elevasse ou baixasse gradualmente e deixasse os seus traços na paisagem, traduzem a adaptação às cartas terrestres do método utilizado nas cartas náuticas”

Nesta época, especialmente no século XVII, o grande uso dos mapas de relevo foi para o desbravamento territorial de novas terras, onde o registro das formas auxiliavam dentre outras maneiras numa navegação segura, registro de caminho dos fluxos de drenagem, entre outros usos.

A navegação holandesa no Brasil, por exemplo, resultou numa cartografia dos atributos naturais. O conhecimento adquirido *in loco* pela tripulação acelerou a produção de mapas e à medida que outros territórios eram conquistados, novos mapas eram confeccionados, o que resultou num considerável *corpus* cartográfico holandês sobre o Brasil (LAGO, 2010), como exemplo ilustrado na figura 13.

Figura 13 - Detalhe do mapa manuscrito “Perfecte Caerte der gelegenthey van OLINDA de Pharnambuco Mavrits stadt ende t' Reciffo”, de Cornelis Goliath, de 1648.



Fonte: Federação Educa Brasil, <<http://feb.ufrgs.br/feb/objetos/994673>>, acesso em 15/02/2014

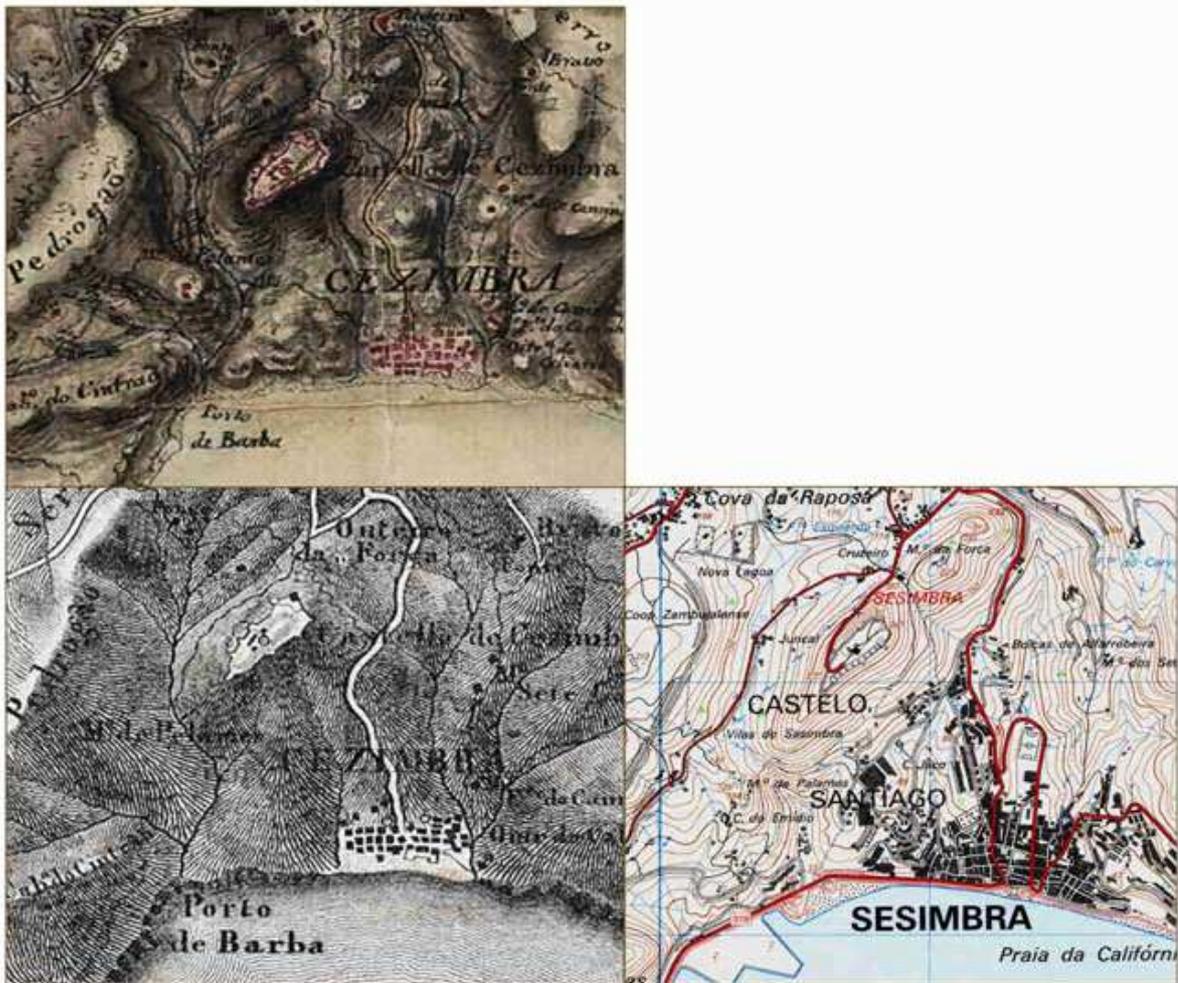
O registro da morfologia dos canais era de grande importância aos navegadores. Para atracar as embarcações e posteriores incursões ao interior, havia a necessidade de conhecer e ter planejamento sobre o terreno explorado, com ênfase para os atributos que interessassem para a entrada e permanência das embarcações. Os registros (escritos e cartografados) relevantes daquela época eram os mais fidedignos possíveis, e geravam produtos cartográficos de feições geomorfológicas que atentavam para o dinamismo (FURRIER e MEDEIROS, 2011).

Várias técnicas gráfico-artísticas surgem, principalmente a partir do século XVII para tentar se aproximar da realidade geomorfológica, principalmente quando o mapa era confeccionado de forma manuscrita. A técnica mais expressiva desenvolvida foram as “hachures”, também chamada de “linhas de queda d’água” ou “linhas de pendio”. Dias (2008, p. 7) afirma que “este processo de representação consistia em imaginar as curvas descritas pelas gotas da chuva no terreno, determinando-se à vista a sua projeção no plano”. Segundo a

autora, já no século XIX, melhora-se a precisão, com a inserção perfeita da técnica de “hachures”. Depois, essa técnica dá lugar às modernas curvas de nível.

Apesar do apelo pictórico e a falta de técnicas mais precisas, o trabalho dos engenheiros militares nesta época já exprimia muita proximidade com a realidade. Alguns trabalhos comparam as diversas representações do mesmo local, em contextos técnicos científicos distintos, a fim de acompanhar a evolução da cartografia do relevo, assim como analisar as mudanças ambientais, como exemplo da figura 14.

Figura 14 - Três mapas da Península de Setúbal, Portugal, confeccionados em momentos técnicos distintos.



No Primeiro momento utilização de sombreamentos em mapa manuscrito, em 1816, com escala de 1:30.000. No segundo, uso de “hachures” em mapa impresso em 1861. No terceiro, mapa com escala de 1:25.000, de 1994, com técnicas de curvas de nível, processo utilizados nas cartas portuguesas desde 1861.

Fonte: Maria Helena Dias, <http://cvc.instituto-camoes.pt/ciencia/e85.html>, acesso em 01-02-14.

Apesar das curvas de nível, usadas já no século XIX, apresentarem um avanço na precisão da representação do relevo, o seu emprego nos estudos e registros das paisagens não

foi imediato e generalizado. Ab'Sáber (1969 b) afirma que mesmo entre 1935 e 1955 havia a confecção ampla de mapas de caráter pictóricos, tendo como grande representante deste contexto o cartógrafo húngaro Erwin Raisz (1893-1968). Raisz, a partir de vôos e levantamento aerofotográfico, representava as formas de montanhas e paisagens nos Estados Unidos da América, oportunizando aos que não conheciam outras paisagens imaginar com mais afinidade e didática as formas exteriores. No entanto, os produtos cartográficos eram carregados de subjetividade que se distanciava da precisão com a realidade nas representações; em suma, a paisagem era mais desenhada do que mesmo cartografada (AB'SABER, 1969b)

A ideia da representação pictórica também foi utilizada no Brasil. O Conselho Nacional de Geógrafos, por exemplo, em seu Atlas do Brasil (1959), utilizando esse procedimento obteve um conjunto de mapas regionais esquemáticos sobre fatos geográficos básicos, como relevo, tipos de clima, tipos de vegetação, distribuição da população, atividades econômicas e vias de comunicação (AB'SABER, 1969b).

O mapeamento geomorfológico feito diretamente das fotografias aéreas distanciou a subjetividade do cientista e possibilitou a correlação de outros atributos naturais na configuração espacial com mais eficiência, como clima, litologia, vegetação entre outros. A compilação dos produtos dessa cartografia foi iniciada, entre outros, por Boesch (1945), Klimaszewski (1950, 1953) e Tricart (1954) (COLTRINARI, 2011).

No Brasil, Francis Ruellan (1894-1975) foi um dos primeiros divulgadores na obtenção de cartas geomorfológicas de detalhe diretamente das fotografias aéreas. Além disso, como comenta Ab'Sáber (1969b, p. 3) “promoveu um dos mais notáveis e extensos trabalhos de cartografia geomorfológica regional, ao iniciar o projeto de mapeação global do Vale do São Francisco, à custa das fotografias aéreas de 1:25.000, providenciadas pela comissão Vale do São Francisco”.

O uso de fotografias aéreas favoreceu um rápido avanço na cartografia do relevo no Brasil. Christofletti (1983, p. 1) conta que “se por volta de 1960 quase a metade do território brasileiro estava coberto por fotografias aéreas, tomadas em diferentes escalas, e sob a responsabilidade de diferentes companhias ou instituições, novos levantamentos ampliaram essa disponibilidade”, o que possibilitou uma análise abrangente do espaço brasileiro, inclusive com análises multi-temporais, baseadas em fotografias de diferentes momentos de uma mesma paisagem.

Além das fotografias aéreas, o avanço do sensoriamento remoto contribuiu para um maior nível de detalhe das imagens, principalmente em regiões onde as condições atmosféricas eram desfavoráveis ao levantamento. O Instituto de Pesquisas Espaciais e o Projeto RADAM, do Departamento Nacional de Produção Mineral, implementaram o sensoriamento remoto no Brasil. A cobertura radargramétrica foi executada em vôos a 11.000 metros, propiciando imagens na escala de 1:400.000, ampliadas para 1:250.000. As faixas de fotos tomadas pelo satélite SKYLAB, foram obtidas de uma altura de 450 km, originando fotos em escalas que variam de 1:500.000 a 1.1.000.000 (CHRISTOFOLETTI, 1983).

Atualmente, a cartografia geomorfológica encontra suporte técnico nas tecnologias digitais. São importantes neste contexto o Sistema de Posicionamento Global (GPS), dados de imagem de satélite, Modelo Digital de Elevação (MDE) e os Sistemas de Informação Geográfica – SIG (DRAMIS; GUIDA; CESTARI, 2011).

4.2.2 Uma busca da normatização metodológica

O desenvolvimento dos modernos conceitos de mapeamento geomorfológico teve início no começo dos anos 1950 (VERSTAPPEN, 2011). A partir daí, a preocupação da cartografia do relevo vai além de qual técnica de desenho utilizar na representação, mas também uma normatização para o “fazer” o mapa, incluindo aí uma teoria metodológica, emergindo as discussões mais fervorosas sobre a cartografia do relevo. Que fator ambiental (litologia, solo, vegetação etc.) deve integrar o mapa, para justificar a configuração geomorfológica daquela situação? E ainda, que fator geomorfológico em si, como gênese, ou tempo da estrutura, entre outros atributos o mapa deve expressar, indispensavelmente? Ou qual simbologia ou escala adequada para diferentes demandas (planejamento regional, exploração de recursos, agricultura etc.)?

Durante o 18º Congresso da União Geográfica Internacional (UGI), no Rio de Janeiro em 1956, foi criada uma subcomissão para mapeamento geomorfológico. A proposta dessa subcomissão foi, como afirma Klimaszewski (1990):

1. Introduzir um método de mapeamento geomorfológico, o qual resultou em um “Mapa Geomorfológico de Detalhe”;
2. Organizar uma metodologia uniforme de compilação de mapeamento geomorfológico de detalhe e estabelecer seus princípios para fins comparativos;

3. Promover a economia nacional com uma imagem fiel do relevo como um importante elemento do ambiente geográfico na forma de mapas geomorfológicos detalhados para a necessidade de utilização racional da superfície terrestre.

Depois de muitos trabalhos escritos e muitos encontros da subcomissão em 1960, os conceitos para um mapa geomorfológico de detalhe foi determinado: tal mapa deve ser o resultado de um mapeamento no campo; a escala deve ser entre 1:10.000 e 1:100.000; o mapa deve ter uma imagem completa da paisagem mostrando morfografia, morfometria, gênese e idade; símbolos devem mostrar as características em relação à escala utilizada; a litologia deve ser marcada com símbolos especiais e legenda deve ser organizada em ordem genético-cronológica (KLIMASZEWSKI, 1982 *apud* GUSTAVSSON, 2005).

O resultado prático dessa comissão foi a publicação do Manual de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe (DEMEK, 1972). Tal trabalho apresenta um sistema unificado internacional de mapeamento geomorfológico. No entanto, a publicação deste trabalho não representou uma solução para as divergências de metodologias de mapeamento geomorfológico. Como exemplo, ao mesmo tempo da compilação do Manual da UGI, o ITC (International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences) também completou e publicou um sistema de mapeamento internacional para várias paisagens e finalidades (GUSTAVSSON, 2005).

Mesmo com o desenvolvimento das técnicas de mapeamento e a crescente produção de mapas geomorfológicos de detalhe, ainda não há na prática um modelo internacional unificado, seja para um sistema de legendas, estrutura taxonômica ou atributos do relevo a serem representados.

No Brasil, a maior referência de sistema unificado no âmbito nacional foi o projeto RADAMBRASIL, empregando simbologia cartográfica para classificar fatos morfoestruturais, morfoclimáticos na elaboração de cartas geomorfológicas na escala de 1:1.000.000 de todo o território brasileiro, acompanhadas de relatórios do relevo da área mapeada, abordando os aspectos mencionados, assim como aspectos evolutivos (CHRISTOFOLETTI, 1983).

Barbosa et al (1983) destacam que o projeto RADAMBRASIL elaborou uma cartografia geomorfológica baseada nos princípios que o mapa deveria conter:

1. A base geológica como elemento essencial;
2. A fixação, delimitação e descrição precisas das formas de relevo em si mesmas;
3. A fixação da altimetria;

4. A representação dos domínios morfoclimáticos e morfoestruturais;
5. A representação da dinâmica da evolução geomorfológica atual;
6. A cartografia das formas superficiais.

O projeto tem na base teórica a influência dos trabalhos sobre domínios morfoclimáticos de Ab'Saber (1967), além do trabalho de Moreira (1969). No enquadramento taxonômico, o projeto RADAMBRASIL apresenta como níveis, os Domínios Morfoestruturais, representados pelos grandes conjuntos estruturais, seguidos em escala menor pelas Regiões Geomorfológicas, representados pelos grupamentos de unidades com semelhança evolutiva, seguido do nível de tipos de modelados (BARBOSA et al., 1983). Outras metodologias atualmente amplamente utilizadas no Brasil apresentam estrutura taxonômica semelhante e tem forte influência do projeto RADAMBRASIL, como IBGE (2009) e Ross (1992).

Sobre o conteúdo dos mapas, nas últimas décadas, as pesquisas e mapeamento geomorfológicos emergem a partir de três abordagens: a *analítica*, quando no mapa há informações de gênese, morfografia, morfometria e cronologia do relevo; a abordagem de *síntese*, quando as informações do relevo são combinadas com outros parâmetros, como solo, vegetação e hidrologia; e uma terceira, a abordagem *pragmática*, quando um número limitado de informações do relevo é coletado (GUSTAVSSON, 2005).

A pesquisa geomorfológica analítica fornece informações completas sobre a geomorfologia da área estudada, incluindo processos e morfogênese (VERSTAPPEN, 2011). O objetivo da geomorfologia analítica moderna tem base em cinco conceitos nos estudos do relevo: Morfografia, morfometria, morfogênese, morfocronologia e morfodinâmica (PAVLOPOULOS; EVELPIDOU; VASSILOPOULOS, 2009). Detalhando estes conceitos temos como:

- Morfografia (ou morfologia): a aparência e forma da paisagem. Ele se refere à descrição qualitativa dos elementos geométricos do relevo. É a principal característica da análise descritiva geomorfológica (FLORENZANO, 2008; PAVLOPOULOS, EVELPIDOU; VASSILOPOULOS, 2009)
- Morfometria: a ciência da quantificação topográfica; seu foco operacional é a extração de parâmetros e objetos da superfície da paisagem dos modelos digitais de elevação – MDE's (PIKE; EVANS; HENGL, 2009)

- **Morfogênese:** A origem de cada forma de relevo. Isto se refere aos processos genéticos, sistemas morfogenéticos e simulações matemática de formas de relevo de uma área ao longo do tempo (PAVLOPOULOS; EVELPIDOU; VASSILOPOULOS, 2009).
- **Morfocronologia:** A idade de cada forma de relevo. Datação relativa e absoluta, correlação de sedimentos, agrupamentos do relevo e correlação baseada na sua idade e posição (PAVLOPOULOS; EVELPIDOU; VASSILOPOULOS, 2009). Para Lowe e Walker (1997) *apud* Dramis, Guida e Cestari (2011) a referência cronológica das formas de relevo é essencialmente com base na idade de depósitos correlativos de acordo com a datação de métodos relativos e absolutos (C^{14} , série do Urânio, Ar^{39}/Ar^{40} , K^{40}/Ar , Pb^{210} , LOE – luminescência opticamente estimulada, TL – Termoluminescência) dos materiais depositados. Dessa maneira, a idade de uma forma é considerado o período geológico de surgimento e desenvolvimento de sua modelação.
- **Morfodinâmica:** Os processos de formação do relevo ativos no momento ou que poderão ser ativos no futuro. Refere-se a todos os processos dinâmicos que formam o relevo da Terra. Eles são geralmente identificados como “traços”, restos dos últimos processos dinâmicos (formas herdadas) (PAVLOPOULOS; EVELPIDOU; VASSILOPOULOS, 2009). Sobre a relação morfodinâmica e morfogênese, Florenzano (2008, p. 23) explica que:

Os tipos de processos que definem as formas de relevo, classificados de acordo com a sua gênese, não são necessariamente os mesmos que ocorrem nos dias atuais. Em muitos casos, a informação sobre os processos atuais pode sobrepor-se em uma carta morfogenética.

Além do problema de que parâmetros agregar no mapa, outra questão é sobre a distribuição dos níveis hierárquicos e taxonômicos. Nesta abordagem a superfícies da terra pode ser vista a partir de um mosaico de objetos geomórficos, que por observação detalhada crescente podem ser decompostos em menores formas e processos e vice e versa (DRAMIS; GUIDA; CESTARI, 2011).

Neste sentido um grande desafio do mapeamento geomorfológico entra na discussão sobre a segmentação da superfície da paisagem, que é um tipo de taxonomia regional ou regionalização (MINÁR; EVANS, 2008). Para os autores, o objetivo geomorfológico básico da segmentação da superfície da paisagem (*land surface*) deveria ser distinguir segmentos (elementos) que são homogêneos geneticamente e, portanto também morfológicamente. Da mesma forma, Gellert (1972) afirma que a regionalização geomorfológica envolve a delimitação, caracterização e representação cartográfica das unidades regionais compostas de estrutura similar ou formas da superfície e unidades de formação regional de várias classificações e tamanhos de ordem.

Diversas questões devem ser levantadas em relação ao mapeamento geomorfológico, como destacado, a escala, simbologia, metodologia, regionalização e taxonomia, assim como as características ambientais da paisagem. Este último aspecto é relevante no sentido de destacar que formas e processos do relevo devem ser registrados no mapa e no relatório. Assim, o ambiente se torna elemento chave do que vem a se tornar a problemática do mapeamento, ou seja, o conteúdo a ser representado no mapa.

Neste sentido, é necessário apresentar uma discussão teórica sobre a análise da paisagem semiárida, objeto de estudo do presente trabalho. Tanto as legendas, quanto a segmentação deve levar em consideração a geomorfologia característica deste ambiente.

4.2.3 A paisagem do Cariri Cearense

A região do Cariri Cearense pode ser classificada, num contexto global e pela ótica das interações clima e relevo dos sistemas ambientais, como um tipo de *Dryland* (terra seca). No contexto geomorfológico geral, as terras secas são caracterizadas por variabilidade de fluxos extremos com longos períodos de pequeno ou nenhum fluxo intercalados por eventos ocasionais de larga inundação, o que resulta em uma dinâmica geomorfológica específica (BRACKEN; WAINWRIGHT, 2008). Estas áreas podem ser ainda, sub-classificadas, visto a sua complexa ocorrência nas paisagens desse tipo do globo. Dentre elas, Graf (1988) destaca, pelo paradigma da geomorfologia climática, a classificação de Tricart e Cailleux (1972), na qual são observadas três regiões atribuídas às “zonas secas”: *sub-úmida*, onde os processos fluviais estão mais evidentes; as *regiões semiáridas*, onde não há drenagem integrada, devido

ao nível de precipitação deficiente, e os processos eólicos são comuns; e as *regiões áridas*, as quais não há escoamento superficial.

Os limites das paisagens áridas, semiáridas e sub-úmidas não são claramente delineados na paisagem, principalmente pelas zonas de transição altamente móveis e de localização incerta (GRAF, 1988). Para o semiárido brasileiro as paisagens nem sempre obedecem aos critérios de classificação de escala geral, mesmo apresentado um alto nível de luminosidade e concentração pluviométrica. Existem sistemas ambientes dentro do polígono semiárido com características singulares e diferenciadas, como a pluviometria mais elevada, afloramento de fontes e formação de fluxos de drenagem constante entre outros.

O Cariri Cearense, que tem como principais marcos na paisagem a Chapada do Araripe e o Vale do Cariri, se insere num contexto dos sistemas sub-úmidos. Dentre as principais características para essa classificação estão o nível de precipitação acima da taxa média para o semiárido (em torno de 800 mm) e a surgência de fontes d'água, que favorece uma paisagem mais úmida.

Souza e Oliveira (2006) apontam e localizam esses espaços como sub-espços de exceção. São superfícies elevadas com dimensões variadas e submetidas a um meso-clima de altitude. Nestes ambientes os processos geomorfológicos de origem hidro-climáticas são mais complexos e diferenciados que nas regiões ao redor, mais secas. O intemperismo químico-biológico é mais consistente e a umidade consegue ser mantida por mais tempo. São exemplificados como estes tipos de espaço, o Enclave de Brejo da Borborema, nos estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas, o Maciço do Baturité, no estado do Ceará entre outros.

Essas áreas também são chamadas de “áreas de exceção” por Lins (1989) ou ainda “brejos de altitude” conceituada por Andrade-Lima (1982 apud TABARELI; SANTOS, 2004), como ilhas de floresta úmida na região semiárida, cercados por vegetação de caatinga.

Melo (1988, p. 35) comenta que:

(...) Em cada mancha desse tipo tem-se uma ilha ecológica. A melhoria das condições e dos recursos naturais a ela correspondente representa um aumento da favorabilidade para a presença do homem e para as atividades humanas. (...) Desse modo, os brejos não são apenas áreas que se distinguem como um tipo de unidade geoecológica. São aspectos, não raro microespaços, que também se distinguem pelo tipo de economia e de sociedade que abrigam.

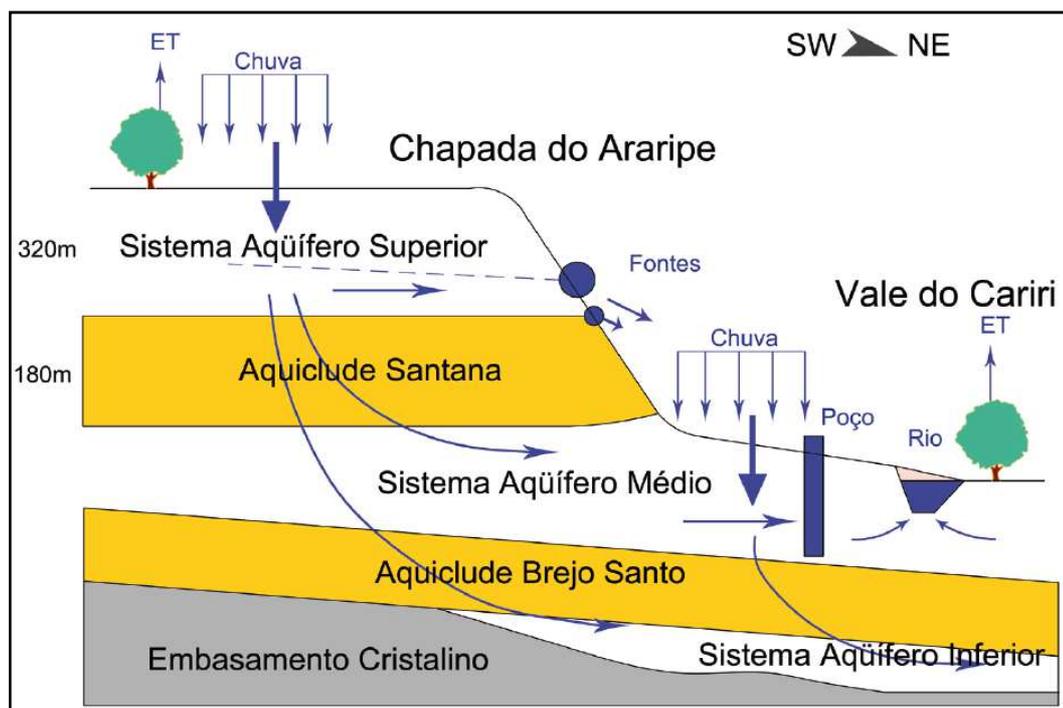
Na região do Cariri Cearense há o fenômeno orográfico, típico de áreas sub-úmidas do Nordeste. A área é caracterizada como barlavento, com índices, em alguns pontos, de 1237 mm/ano ou 1153 mm/ano (SILVA et al., 2010), sendo maior que a média semiárida, 800 mm. No entanto, Corrêa (no prelo) comenta que a região não chega a caracterizar-se como um

mesoclima regional diferenciado pela altitude, como ocorrem, por exemplo, as serras úmidas ou brejos pernambucanos. Embora a área seja mais úmida que as depressões que a envolvem, são os controles litológicos os principais responsáveis pela diferenciação hidrológica sobre as encostas e, portanto, a morfogênese.

A principal fonte de recursos hídricos da região do Cariri Cearense vem de águas subterrâneas, principalmente do aquífero sedimentar da Bacia Sedimentar do Araripe e aquíferos fissurais no Vale do Cariri. A elevada permeabilidade do pacote sedimentar poroso da Fm. Exú favorece e facilita a infiltração das águas pluviais.

Para a região do Cariri, a quantificação e sistemaztização de cadastro de pontos d'água, mostram a existência 252 fontes naturais. Para Barbalha, município que abrange a área de cabeceira da bacia do rio Salamanca, há o registro de 34 fontes naturais, surgindo na encosta, no Sistema Aquífero Superior (contato da Fm. Exu e Fm. Arajara e Fm. Santana) (COGERH, 2009) (figura 15). A alimentação do aquífero é proveniente unicamente por infiltração direta das águas da chuva, já que no topo da Chapada a drenagem é incipiente, predominando um escoamento difuso e desordenado. Raros riacho possuem fluxo mais extenso, como é o caso do riacho Jardim, na porção leste (MONT'ALVERNE, 1996).

Figura 15. Esboço esquemático do funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe



Fonte: Mendonça (2001) in COGERH (2009)

Dessa maneira, as fontes atuam na manutenção de uma drenagem perene no Vale do Cariri e mantendo a umidade, principalmente nas altas encostas. Dentre os principais corpos hídricos do Cariri, destacam-se os rios Batateiras e Grangeiro, no município de Crato, Salgadinho, além do rio Salamanca, cuja bacia hidrográfica é objeto empírico de estudo deste trabalho.

Historicamente a dinâmica econômica da cidade foi favorecida pelo ambiente mais úmida e com recursos naturais importantes. Esse olhar para os recursos naturais chama atenção para diversos estudos que envolvem a geomorfologia. Para o Cariri, são destacados alguns estudos para avaliação principalmente geológica, visto a riqueza de fósseis, mas também do ponto de vista do relevo, já que é a expressão mais evidente na paisagem e que dinamiza as ocupações e diversos usos da terra.

4.3 Segmentações do relevo para o Cariri Cearense

Muitos autores e instituições divergem quanto abrangência exata da região do Cariri Cearense. No entanto, sabe-se que se trata de uma área ao sul do estado do Ceará, divisa com os estados de Pernambuco e, em algumas classificações, com o estado da Paraíba. Menezes (2007) emerge uma discussão sobre a regionalização do Cariri Cearense, expondo várias referências que delimitam o contorno territorial da região. Além das divergentes abrangências, a autora aponta para uma delimitação própria, levando em consideração 18 municípios dentro da porção norte da bacia sedimentar do Araripe, caracterizados por uma área úmida de brejo.

Outras classificações são mais restritas, como a do IBGE, que leva em consideração apenas 6 municípios e se restringindo a porção nordeste da bacia sedimentar do Araripe. Em todas as classificações, no entanto, as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha (o triângulo CRAJUBAR) estão presentes, sendo as cidades de maior desenvolvimento econômico.

Do ponto de vista dos sistemas ambientais alguns atributos são importantes para a caracterização do Cariri Cearense, como a porção leste do planalto sedimentar do Araripe, estruturado na bacia sedimentar do Araripe, o Vale do Cariri e, mais a norte, o planalto cristalino estruturado pelo lineamento Patos.

Assim como a delimitação político-administrativa, também não é única a regionalização das unidades de relevo. O quadro 3 expõe as principais classificações do

relevo realizadas para o Cariri Cearense, onde se observa divergências na segmentação do sistema geomorfológico de acordo com diferentes autores ou instituições.

Na literatura mais clássica sobre esta região, o domínio geomorfológico de maior destaque é o Vale do Cariri. Esse vale, limitado ao sul pelo relevo tabular e suas encostas e a norte pelas elevações do planalto cristalino, é espaço de ocupação antiga e desenvolvimento econômico, associados, além de outras questões, a um ambiente diferenciado do sertão semiárido circundante.

As segmentações do relevo feitas por geógrafos e historiadores, como Barros (1964), Pinheiro (2009), Alves (1946), entre outros, principalmente em meados da metade do século XX, relacionam as formas de relevo e outros atributos naturais, principalmente hidrologia e pedologia, ao desenvolvimento econômico regional. No conhecimento popular atual, o termo “serra do Araripe” é a principal denominação para a feição elevada de destaque, classificação encontrada também em Alves (1946). O autor ainda aponta como principais modalidades de terrenos para o Vale do Cariri, os *brejos*, as *fladas da serra* e o *carrasco*.

Alves (1946) comenta que os primeiros estudos científicos da “Serra do Araripe” foram feitos pelo Dr. Marcos Macêdo, 1858, que pesquisava a existência de xisto betuminoso e carvão de pedra. Além deste, é destaque os estudos de Horácio Small, que, estudando a chapada do Araripe, encontrou quatro camadas principais em sua constituição: uma de arenito vermelho, a superior, compacta e dura; uma de calcário estratificado, contendo peixes fósseis; outra de arenito inferior, avermelhado e branco; e uma quarta, entre o arenito inferior e as rochas cristalinas, constituída por arenito conglomerado de grão grosso, avermelhado, com seixos de quartzo.

Para Alves (1946), o terreno do Vale do Cariri se subdivide em mais vales, originados tanto pelos rios quanto pelas fontes. É interessante notar que para estes autores clássicos, o Vale do Cariri é associado a um “oásis” em meio das terras mais secas dos sertões nordestinos (ALVES, 1946; BARROS, 1959; PINHEIRO, 2009), visto as características de área sub-úmida, já discutida no sub-tópico anterior. Características, como o afloramento de fontes perenes, solos profundos, sistema orográfico e um relevo com patamares de declividades suaves, vegetação de mata úmida, de fato favorecem uma paisagem diferenciada, onde os sistemas geomórficos tem sua dinâmica marcada também pela maior disponibilidade hídrica.

Neste sentido, cada uma das unidades de relevo possui características próprias no âmbito dos sistemas ambientais, o que vai condicionar tipos particulares de ocupação humana (BARROS, 1964). Atualmente esse vale do Cariri tem seu desenvolvimento econômico e

populacional maior que nas regiões vizinhas, cabendo ao planejamento ambiental fazer um elo entre tal crescimento e a preocupação com o meio.

Quadro 6 - Classificações geomorfológicas para o Cariri Cearense

AUTOR	ESCALA	SEGMENTAÇÃO		
Ribeiro (2012)	Sem escala definida	Morfoestrutura		Unidades morfológicas
		Planalto do Araripe		<ul style="list-style-type: none"> • Cimeira estrutural do Araripe • Encosta do Araripe
		Planalto sertanejo		<ul style="list-style-type: none"> • Pediplano dissecado em colinas rebaixadas • Pedimento dissecado em colinas • Maciços e cristas residuais • Planícies e terraços fluviais
FUNCEME (2006) (geoambiental)	1:250.000	Domínios Naturais	Sistemas Ambientais (Geossistemas)	Sub-sistemas ambientais (Geofácies)
		Chapadas e chapadões	Chapada do Araripe e patamares de entorno	<ul style="list-style-type: none"> • Platô Oriental revestido por cerrado/cerradão • Patamares Orientais do Cariri • Patamares de Missão Velha
		Vales	Vales úmidos	Planícies fluviais do Cariri
		Sertões	Sertões da depressão periférica meridional do Ceará	Sertões de Juazeiro do Norte
		Serras	Maciço e cristas residuais	Serra de São Pedro
Peulvast e Claudino Sales (2003) (morfoestrutural)	1:500.000	<ul style="list-style-type: none"> • Superfície estrutural (platô tabular, chapada, mesa) • Depressão modelada em rochas sedimentares • Crista estrutural (<i>hogback</i>...) • Escarpas e vertentes do embasamento 		
Mont'Alverne (1996)	Sem escala definida	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de Chapada • Zona de Talude • Zona de pediplano 		

RADAMBRASIL (1981)	1:1000.000	Unidades geomorfológicas	Formas de relevo associadas
		Chapada do Araripe	7. Superfície tabular estrutural 8. Formas convexas e formas tabulares 9. Escarpa erosiva acima de 400 metros
		Planalto sertanejo	<ul style="list-style-type: none"> • Formas aguçadas • Formas convexas • Formas tabulares • Planícies fluviais
Barros (1964)	Sem escala definida	Unidades topográficas	Sub-unidades
		Alto da chapada	
		Brejos	<ul style="list-style-type: none"> • Brejos • Arisco • Tabuleiro
		Pé-de-serra	
		Serras cristalinas	

Fonte: organizado pelo autor.

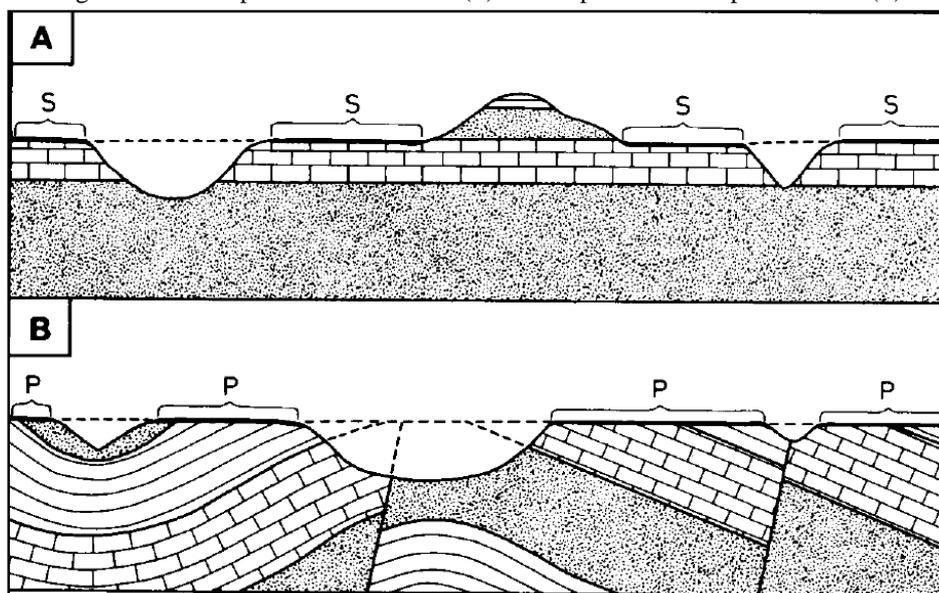
4.4 Morfogênese do nordeste brasileiro

Os trabalhos clássicos para a gênese das formas de relevo do nordeste brasileiro levam em consideração a ideia de ciclo geomorfológico e superfícies de erosão (MABESOONE; CASTRO, 1975). A análise da evolução dessas superfícies tomou como base a ideia de pediplanação de Lester Charles King. Nesta perspectiva, pediplano é considerado como o último estágio do ciclo do relevo e consiste uma ampla coalescência de pedimentos (KING, 1953). A metodologia cíclica pensada para o Nordeste resulta na classificação de várias superfícies, relacionando o tempo de sua formação e os depósitos correlativos.

O estudo das superfícies de erosão leva em consideração principalmente os patamares altimétricos, sendo a hipsometria o principal instrumento geomorfológico para a identificação. Além disso, os depósitos correlativos são importantes para se compreender a evolução e nível de desnudação dessas superfícies. De maneira geral, cada superfície corresponde a um evento evolutivo distinto em com características de dinâmica geomorfológica própria.

As superfícies de erosão ou superfícies aplainadas, na perspectiva de King (1956), se associam a eventos de desnudação em diferentes tipos de estruturas, associados a um longo tempo de ação climática. Silva (2009) traz uma revisão sobre a diferença entre superfícies de aplainamento e superfícies estruturais. Enquanto as superfícies estruturais estão mantidas pela estrutura geológica (camadas mais resistentes à erosão), as superfícies de erosão se associam à desnudação em diferentes tipos de estrutura (figura 16). Ainda assim, o conceito mais abrangente de Superfície Geomorfológica tenta homogeneizar a utilização do termo sobre os níveis altimétricos do relevo (SILVA, 2009)

Figura 16 - A. Superfícies Estruturais (S) e B. Superfícies de Aplainamento (P)



Fonte: Small (1986) in Silva (2009)

Nesta perspectiva, alguns trabalhos sobre superfícies de erosão foram realizados para o Nordeste e, em escala de pouco detalhe, para a região do Cariri Cearense. No trabalho de Mabesoone e Castro (1975), a região do Cariri está mapeada morfogeneticamente em duas unidades principais: a Superfície Sulamericana, para o topo da chapada do Araripe e a Superfície Sertaneja para o Vale do Cariri. A primeira unidade aparece também na classificação de King (1959), caracterizada como a superfície geral do continente, dissecada em chapadas e morros com topos planos, em altitudes entre 400 e 900 m. Na caracterização morfogenética para o Nordeste, Mabesoone e Castro (1975) apontam para tal superfície, além da chapada do Araripe, o Planalto da Borborema, as partes elevadas da bacia do Piauí-Maranhão dentre outros. A Superfície Sertaneja, desenvolvida posteriormente, é caracterizada como uma extensa área pediplanada contínua do sertão dos estados nordestinos.

Na perspectiva de Mabesoone e Castro (1975) a superfície Sulamericana foi abaulada durante o Mioceno, Plioceno e talvez no início do Pleistoceno e dissecada posteriormente. O resultado dessa dissecação foi a Superfície Sertaneja (AB'SABER, 1969a) ou Superfícies Velhas (KING, 1956), que se estende sobre os tabuleiros sedimentares da costa e o embasamento cristalino no interior. Sua formação se dá no Pleistoceno Inferior, posterior da formação da superfície Sulamericana (MABESOONE; CASTRO, 1975). Segundo os autores, a instabilidade mais avançada da Superfície Sulamericana causou a remoção dos seus depósitos correlativos. Posteriormente a

desnudação atingiu a rocha cristalina inalterada ou as superfícies de preenchimento de áreas de deformação tectônica, quando os processos geomórficos destrutivos continuaram muito lentamente. No Vale do Cariri essa superfície exumada representa uma dinâmica de sedimentação da bacia do Araripe.

Peulvast e Claudino Sales (2006) caracterizam esta área, do ponto de vista de superfícies de aplainamento, como uma superfície estrutural de idade cenomaniana de série pós-rifte do Araripe (chapada do Araripe), onde, ao redor, não existe relevo mais expressivo, e a superfície sertaneja, onde indica intensa erosão sin-rifte. Os autores abordam uma evolução morfogenética para a margem continental passiva do Nordeste e sobre as superfícies os autores chamam atenção para as metodologias clássicas de escalonamento das superfícies, expondo a ideia de que as baixas superfícies não são necessariamente as mais recentes. Neste sentido, é necessário que se leve em consideração a estrutura tectônica, que pode modificar a dinâmica de denudação e rebaixamento.

O soerguimento da bacia do Araripe foi intenso, demonstrado pela presença de camadas marinhas albianas até 800 m acima do nível do mar. O soerguimento é considerado tanto de superfície, quanto crustal, visto que não há vestígios de sedimentação adicional além do arenito Exu. Calculando a média dos períodos pós-Albianos, este soerguimento na região do Araripe, em longo prazo, corresponderia a uma taxa média considerada semelhante ou baixa, se comparada a outras áreas de margem passiva. No entanto, pode ter valores mais elevados se a principal elevação se deu em períodos curtos (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2006).

Corrêa (no prelo) afirma que o soerguimento topográfico da chapada, sobretudo no seu setor leste, pode ser resultado da tectônica transpressiva do Cenozóico atuando sobre a Zona Transversal, ao qual se somam os efeitos da flexura continental das margens passivas, provenientes de norte e leste, que foram responsáveis pelo arqueamento do “domo” regional da Borborema. O soerguimento está relacionado ao evento de resfriamento Neocretáceo, iniciado por volta de 100-90 Ma. Atualmente, a capa da chapada do Araripe situa-se em altitudes que ultrapassam 900 m e encontra-se em fase de exumação. Os efeitos dos processos de denudação e erosão diferencial podem estar registrados pelo evento de resfriamento do Cenozóico, entre 40-0 Ma (MORAIS NETO, HEGARTY; KARNER, 2006). Além disso, vários fatos indicam que

a Província Borborema vem sofrendo um suave soerguimento epirogenético, que atua desde o neo-Terciário (PONTE; PONTE-FILHO, 1996).

O soerguimento epirogenético regional expôs as sequências pós-rifte, principalmente o Grupo Santana e a Fm. Exu, neo-Cratáceo, sobre os quais estruturou-se o relevo do planalto sedimentar (CORRÊA, no prelo).

Para o Nordeste, os autores apontam para uma evolução morfotectônica diferenciada, explicada pela natureza composta da escarpa marginal e os padrões de drenagem. Apontam ainda para dois pavimentos principais do relevo regional: um nível alto composto por superfícies antigas soerguidas e dissecadas de várias origens e um baixo erodido devido ao soerguimento diferenciado e à integração interior de depressões, corredores e bajadas de várias origens e idades (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2006).

A morfogênese das superfícies de erosão leva em consideração uma escala de tempo ampla, com eventos de construção e destruição de relevo, não cabendo, nesta perspectiva os processos morfogenéticos atuais. Neste sentido, outras teorias devem estar em evidência, que não necessariamente emergem uma abordagem cíclica dos processos geomorfológicos, mas, segundo Corrêa (1997), podem levar em consideração os inputs energéticos numa abordagem do relevo integrado a um sistema ambiental. O autor destaca a ideia de *equilíbrio dinâmico*, onde a paisagem resulta numa evidência de adaptação, levando em consideração a interação de vários elementos, como a estrutura litológica, clima, relevo local e elevação.

Além disso, outros atributos dos sistemas ambientais podem ser evidenciados para entender a morfogênese. Bétard e Peulvast (2011) identificam o solo como marcador paleoambiental para o Maciço de Baturité, no norte do estado do Ceará. Os autores analisam, além de outros atributos ambientais, as heranças laterizadas e paleosaprolitos ferralíticos, mapeados no nordeste em superfícies antigas acima de 600 m, não encontrados, assim, na superfície sertaneja, para propor modelos de evolução. Neste sentido

(...) tudo se passa, então, como se o conjunto da região Nordeste tenha sido coberto, em algum momento de sua história geológica, por uma cobertura ferralítica herdada de um passado mais úmido e, pelo menos de modo descontínuo, por formações laterizadas em lugares onde a composição da rocha matriz era favorável (BÉTARD; PEULVAST, p. 48)

Para diversas áreas do semiárido e para o Cariri, os autores afirmam que fase úmida representaria uma fase de intemperismo intenso e laterização, que resultaria na cobertura ferruginosa e dos paleosaprolitos caulínicos subjacentes conservados da chapada do Araripe e seus arredores. Isso reforça que, do ponto de vista metodológico, o entendimento da dinâmica morfogenética vai além da visualização dos níveis escalonados de altitude.

5 RESULTADOS

Destaca-se de imediato algumas características gerais dessas metodologias de mapeamento geomorfológico. No entanto, é importante observar que analisar tais metodologias sob uma mesma ótica é enquadrá-las em modelos comuns. Dessa maneira, as duas metodologias se propõem analíticas, ou seja, mapeamentos que buscam cartografar características gerais do relevo, não se propondo a buscar características específicas e isoladas, como ocorrem nas metodologias pragmáticas, assim como não se propõem a representar uma síntese total das informações. Assim, o mapa geomorfológico é, além de um apanhado de características geomorfológicas gerais uma sobreposição de sínteses parciais, enquadrados em modelos com propósitos de representação cartográfica, que podem permitir uma leitura de padrões dos sistemas geomorfológicos.

O manual de mapeamento da UGI é estruturado em uma compilação de textos de vários autores dissertando sobre regionalização, características ambientais, propósitos do mapeamento geomorfológico, técnicas de análise entre outros e, no final, um quadro de legendas. Enquanto a proposta da UGI abrange uma escala global, a proposta do IBGE se propõe alcançar o território nacional.

Foram elaborados dois mapas geomorfológicos para a bacia do rio Salamanca, seguindo as propostas mencionadas. São discutidas a seguir as problemáticas observadas seguindo tais metodologias e suas diferenças no processo de mapeamento. São discutidos no âmbito da cartografia geomorfológica principalmente os temas de taxonomia hierarquia e escala e simbologia.

5.1 A Taxonomia do mapeamento

A perspectiva da taxonomia no mapeamento geomorfológico integra os conceitos de regionalização geomorfológica e sua estrutura hierárquica. A regionalização envolve a delimitação, caracterização e representação cartográfica das unidades regionais compostas de estrutura similar ou formas na superfície e unidades de formação regional de várias classificações e unidades de ordem (GELLERT, 1972).

A discussão neste tópico envolve o enquadramento taxonômico da geomorfologia da bacia do rio Salamanca a partir das duas propostas, IBGE (2009) e DEMEK (1972). Assim como apontam as duas metodologias, optou-se por flexibilizar as normas com a finalidade de explorar as formas e os processos na escala da área em questão, mas com o cuidado de preservar as características conceituais das metodologias.

Além disso, optou-se por subdividir a análise comparativa em dois níveis de organização, um nível de alta ordem hierárquica, compreendendo os compartimentos que abrangem uma escala maior de análise e um nível de unidades básicas de regionalização, compreendendo os compartimentos de menor escala, onde geralmente encontram-se unidades que guardam o máximo de homogeneidade sob a ótica de níveis de organização em relação a forma e os processos geomorfológicos.

Sobre a demarcação das unidades regionais, o manual da UGI, afirma que é realizada sobre mapas geomorfológicos de detalhe nas escalas de 1:50.000 e média escala de 1:200.000. Essas unidades são, se possível, marcados por nomes locais.

5.1.1 Níveis de alta ordem hierárquica

O manual técnico de geomorfologia do IBGE apresenta na sua estrutura taxonômica a seguinte sequência genética e classificatória: parte-se do *domínio morfoestrutural*, seguido da *região geomorfológica* (ou domínio morfoclimático) seguido da *unidade geomorfológica* (compartimento do relevo) e por fim, em escala menor, o *modelado* (ou a forma de relevo). Estes dois últimos níveis abarcam uma escala menor de análise. Enquadrando a geomorfologia da bacia do rio Salamanca, tem-se como segmentação:

Domínio Morfoestrutural: neste nível, a proposta contempla uma escala regional, que representa a maior escala na sua compartimentação, e está relacionado com a natureza das rochas e a tectônica que atua sobre elas. O manual aponta como exemplos para este nível, as bacias sedimentares, crátons, cinturões móveis entre outros. O manual ainda expõe um mapeamento dos Domínios morfoestruturais em âmbito nacional, apresentando polígonos que representam as estruturas gerais.

Neste sentido, a bacia do rio Salamanca está inserida no domínio morfoestrutural de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, especificamente a Bacia Sedimentar Araripe. Compreende-se, então, que neste nível de hierarquia e compartimentação proposto pelo IBGE, não é apresentado um domínio que caracterize uma forma de relevo na paisagem, mas a estrutura tectônica e geológica que se justifica enquanto elemento no mapa geomorfológico como um suporte para o desenvolvimento de tipos especiais de relevo. No caso da área em estudo um planalto sedimentar do tipo chapada.

Para seguir a proposta do IBGE, este trabalho evidencia uma problemática de escala a fim de flexibilizar a classificação de morfoestrutura do manual. Sendo a bacia do Araripe hierarquizada em outras estruturas geológicas (um alto estrutural que separa duas sub-bacias), opta-se por segmentar a morfoestrutura da bacia do rio Salamanca como a sub-bacia Leste ou também chamada de sub-bacia Cariri. É levantado aqui uma preocupação de flexibilizar a escala de análise da proposta, mas não de descaracterizar o conceito deste nível. Assim, a sub-bacia Leste do Araripe ainda “ocorre em nível regional e organiza os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas” (IBGE, 2009).

A sub-bacia leste não é em si uma forma na paisagem, mas um contexto geológico que estrutura as formas de relevo, principalmente e visivelmente os limites dos hollows mais expressivos e a morfologia da drenagem. Trata-se de um sistema tectônico inserido no complexo tectônico da bacia sedimentar do Araripe. É compreendido um conjunto de grábens e horsts, e, para a bacia do rio Salamanca, é possível definir como mais importantes, o gráben de Crato-Juazeiro, que limita a oeste a bacia, o Horst de Barbalha, no centro da bacia e o gráben de Missão Velha, a leste. Por se tratar de uma estrutura com grande cobertura sedimentar, a falhas podem não resultar em formas de escarpas ou diferenças altimétricas. No entanto, é importante observar elementos do sistema que indicam essa tectônica, como a drenagem.

A drenagem do rio Salamanca segue a direção da estrutura de falhas, no sentido SW-NE. Além disso, as principais áreas de cabeceiras estão no domínio dos grábens, o que ressalta a ideia das concavidades terem como importantes elementos genéticos a estrutura. Assim, tanto o acamamento estratigráfico e a surgência de fontes do aquífero sedimentar superior, quanto a formação de hollows limitados por áreas de contato entre

grábens e horsts, atuam na modelagem das concavidades e a regressão da escarpa da Chapada do Araripe.

Região Geomorfológica (Domínio Morfoclimático): neste nível taxonômico o manual indica a delimitação de compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais, sob a ação de fatores climáticos pretéritos e atuais, que resulta em características genéticas comuns. Na identificação, a proposta do IBGE (2009) afirma que é preciso levar em consideração a distribuição espacial das regiões geomorfológicas classicamente conhecidas, como o Planalto da Borborema, a Serra do Espinhaço entre outras. Dessa maneira, visualizando a bacia do rio Salamanca pela ótica deste manual, é destacada a Chapada do Araripe, o relevo de maior expressão da região do Cariri. No entanto, com a finalidade de restringir a dimensão de área no enquadramento, optou-se neste trabalho por definir a porção leste da Chapada do Araripe como o nível da Região Geomorfológica ou Domínio Morfoclimático.

Neste nível de segmentação é favorecido claramente o fator climático da gênese do relevo. No entanto, é necessário mencionar que na morfogênese da Chapada do Araripe e na sua manutenção é preciso considerar tanto processos de soerguimento tectônico quanto à conservação do topo do planalto pela estrutura litológica (Fm. Exu), elementos que não estão diretamente ligados ao clima pretérito ou atual. Assim, a classificação da Chapada do Araripe, típico relevo de estruturas sedimentares, no nível de região geomorfológica ou domínio morfoclimático não abarca o caráter tectônico e litológico de sua gênese, comprometendo, em parte, a elaboração de níveis hierárquicos relacionados à gênese e organização do relevo da região do Cariri.

O manual da UGI não apresenta na sua estrutura hierárquica conceitos ou indicações de temas para cada nível de organização como encontrado na proposta do IBGE. Neste sentido, o primeiro nível, ou o nível de maior escala, não necessariamente é uma estrutura geológica, mas um alto nível de ordem continental, a morforegião. Observa-se que, no manual da UGI, é destacado o caráter os arranjos de áreas. Neste sentido, aponta-se para o maior nível desta proposta, a morforegião, o relevo da Chapada do Araripe. Outros níveis intermediários são abordados neste manual, que separa a morforegião e os morfotopos, que são os níveis de morfocore. Sobre estes níveis, Gellert (1972) afirma que enquanto os grupos de morfotopos consistem de um

mosaico de diversos morfotopos, os morfocores são notados por marcas de várias caracteres, mas ao mesmo nível, assim como:

- tipos de relações de unidades regionais geomorfológicas situadas no sistema um grau abaixo e formação de um grupo de morfotopo;
- características gerais de um ou diversos elementos geomorfológicos específicos por todos as unidades regionais;
- características morfogenética de diversas unidades regionais geomorfológicas de baixa ordem;
- bloqueio de várias unidades regionais de baixa ordem;
- posição comum de varias unidades geomorfológicas regionais de baixa ordem.

Quanto à aplicação na área, no entanto, como o próprio Gellert (1972) afirma, é possível que algumas unidades sejam desprezadas dependendo da necessidade. Na bacia do rio Salamanca, para atender uma clareza e objetividade na regionalização, enquadra-se toda a extensão da Chapada do Araripe como Morforegião, negligencia-se os níveis de morfo-macrocore e morfomeso-core e, para os níveis de morfo-microcore enquadra-se a porção leste da Chapada do Araripe, que se individualiza do ponto de vista estrutural pela atuação da sub-bacia Leste do Araripe.

5.1.2 Unidades básicas de regionalização

Na perspectiva da metodologia do IBGE, as unidades básicas de regionalização são apontadas como Unidades Geomorfológicas. Na sua aplicação, observa-se neste nível uma ambiguidade em relação ao enquadramento do relevo da região do Cariri. O manual cita que é tomado como Unidades Geomorfológicas um “arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados” (IBGE, 2009) e como formas que compõem estas unidades cita planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras. Em apêndice, o manual lista uma série de 403 unidades geomorfológicas mapeadas no Brasil pelo próprio IBGE. Entre estas unidades está a Chapada do Araripe, ao lado de outras unidades conhecidas nacionalmente, como a Planície Amazônica. Neste sentido, para enquadramento

taxonômico na região do Cariri pela metodologia do IBGE (2009) observa-se uma questão sobre em que nível de organização taxonômica apontar a Chapada do Araripe, como Região Geomorfológica (ou Domínio Morfoclimático) ou Unidade Geomorfológica.

Vale ressaltar que, o próprio RADAMBRASIL, em uma escala de 1:1000.000 mapeia a Chapada do Araripe como Unidade Geomorfológica. Neste trabalho, levamos em consideração que a escala aqui trabalhada, visualiza formas de maior detalhe que o projeto RADAM ou outro trabalho que levem em consideração uma escala nacional pela metodologia do IBGE (2009). Assim, formas de relevo importantes e que carregam uma autonomia em termos de processos e gênese devem ser colocadas numa categoria de unidades, como colinas, espigões, tipos diferenciados de encostas entre outros. Flexibiliza-se, assim, também neste nível taxonômico a proposta do IBGE (2009) para enquadrar as formas de relevo da bacia do rio Salamanca, no sentido de apontar a Chapada do Araripe como Região Geomorfológica; e suas formas menores, que carregam uma gênese diferenciada entre eles, como Unidades Geomorfológicas.

A perspectiva de regionalização geomorfológica do manual compilado pela UGI tem como unidade básica o morfotopo ou morfofície, caracterizados por forma uniforme, origem geológica homogênea (morfogênese e morfocronologia) e processos atuais (morfodinâmica) uniformes. Essa unidade pode variar de alguns metros a vários quilômetros e em alguns casos de uniformidade geomorfológica, as unidades podem ter a extensão e ordem de um tipo de grupo geomorfológico (GELLERT, 1972). No entanto, diferentemente da proposta do IBGE, o manual não estabelece as unidades básicas de regionalização.

Este trabalho busca destacar as unidades encontradas tanto pela metodologia do IBGE, quanto a proposta da UGI. Neste sentido, apresentam-se neste nível de segmentação as seguintes unidades, seguindo a proposta do manual do IBGE (2009): *Chapada, patamares, depressões e planícies*. Detalhando o conceito dado pelo manual pra cada unidade e a sua aplicação para a área, temos:

Chapada: “são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaborado em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas (...) em altitudes mais elevadas” (IBGE, 2009). Esta unidade pra a bacia do rio Salamanca é a Chapada do Araripe, um

dos principais marcos topográficos para o interior do Nordeste. Trata-se de um relevo estruturado pela forma tabular sub-horizontal, limitado por escarpas erosivas.

Pela UGI este nível hierárquico corresponde ao morfotopo. Como neste manual não se encontram formas previamente conceituadas, classifica-se esta unidade como Cimeira Estrutural do Araripe, classificação já encontrada em Ribeiro (2012). Esta nomenclatura oferece uma ideia de forma, gênese e dinâmica para a área em questão. Trata-se das terras mais altas da bacia do rio Salamanca e está entre 908 e 967 m. Representa uma pequena porção de terra em relação à área da bacia. Apresenta forma tabular, com formas plana (até 2°) em sua maior parte e suavemente inclinada (até 5°) nas partes mais próximas a escarpa e, a sudeste, próximo à cabeceira de drenagem que começa no topo.

Essa unidade é estruturada pela geologia da Fm. Exu (arenitos grossos e imaturos). A modelagem plana da cimeira é mantida pela estrutura. A alta porosidade da Fm Exu dificulta o acúmulo de água e o aparecimento de escoamento superficial, acarretando na ausência de drenagem horizontal nesta porção. Neste sentido, a cimeira é preservada do trabalho erosivo fluvial, o principal agente externo modelador da superfície. A configuração final é uma forma estrutural tabular, com relevo típico de chapadas.

O ambiente de formação desta unidade é denunciado pela estratigrafia, indicando sedimentação por dinâmica fluvial. Na porção leste da Bacia Sedimentar do Araripe, a estratigrafia indica sistemas fluviais entrelaçados. Regionalmente, essa sedimentação foi resultado de soerguimento epirogenético do Nordeste a partir do Albiano. Do ponto de vista das superfícies de erosão, o modelado final da superfície Sul-americana se formou no início do Paleoceno, associada à intensa laterização presente nos arenitos do topo da Fm. Exu (ASSINE, 2007).

Nas áreas mais próximas a escarpa, há afloramento de blocos de arenito e no contato encosta e escarpa processos de queda de blocos. Esta unidade é limitada por escarpas erosivas que também são estruturadas na Fm Exu. Nessas escarpas de declividade vertical, há ocorrências de deslizamentos de massa associadas a quedas de bloco de alta intensidade, visto a longa distância que os blocos estão depositados ao longo da encosta.

As paisagens entre topo e base da bacia do rio Salamanca são caracterizadas por encostas com diferentes níveis de declividade, desde um nível vertical para as escarpas a suavemente inclinado para os pedimentos em altitudes mais baixas. Neste sentido, além do termo encostas, algumas classificações abordam o termo patamar, para expressar o nível escalonado e por vezes suavizados da topografia. Na classificação do IBGE os Patamares são conceituados como “relevos planos ou ondulados, elaborados em diferentes classes de rochas, constituindo planícies intermediárias ou degraus entre áreas de relevos mais elevados e áreas topograficamente mais baixas” (IBGE, 2009).

Essas áreas de patamares são denominadas de *encostas* na classificação de Ribeiro (2012) e Corrêa (no prelo). Na bacia do rio Salamanca são encontrados dois padrões de encostas ou patamares, diferenciados pela dissecação, marcando uma evolução regressiva do planalto sedimentar, que são caracterizados posteriormente. Pela classificação de Demek (1972), é possível enquadrar esta unidade em *grupos de morfotopos* e, em nível de maior detalhe, cada padrão homogêneo de encosta de *morfotopo*. Esses dois padrões de encostas são descritas a seguir:

Encosta conservada com cobertura de talus: O patamar ou encostas suaves ocorrem numa altitude logo abaixo e em contato com a escarpas verticais, entre 550 e 900 m. É caracterizado pela predominância das cabeceiras de drenagem do rio Salamanca. As formas de cabeceira tem sua gênese complexa pelos vários fatores de sua formação. O principal elemento é a surgência de fontes d’água no contato de formações geológicas Exu e a Formação Arajara. O contato dessas formações, do ponto de vista da forma, é caracterizada por uma diferença abrupta de declividade, sendo a Formação Exu com declividade vertical e as formações Santana e Arajara e a cobertura de talus sobre elas, com declividade mais suavizadas.

A área de cabeceira da bacia do rio Salamanca e a própria bacia são limitadas por dois *noses* que bordejam dois grandes semi-círculos de erosão. O primeiro semi-círculo, a oeste, é mais largo e mais profundo. Sua frente possui largura de 12 km, abrangendo ainda um conjunto de semi-círculos menores. Sua ponta a oeste é o local conhecido como Cruzeiro do Picoto, próximo ao Sítio Santo Antônio. A sua ponta leste se encontra nas proximidades do Sítio Santa Rita, ambos no município de Barbalha. O segundo grande semi-círculo, a leste, tem uma frente de 3,7 km e abrange as localidades do Sítio Flores.

Os hollows que formam a cabeceira do rio Salamanca, principalmente o da porção oeste, são os mais dissecados lateralmente, em relação a toda parte sub-bacia leste do Araripe. Cabe destacar o papel das drenagens que se forma pela concentração de fluxo nas concavidades e, com papel mais evidente para a área, a surgência de fontes nesta região. Neste sentido a evolução dessas cabeceiras tem uma ampla complexidade relacionada a que fatores interferem nesta evolução.

A concavidade das cabeceiras de drenagem é limitada por encostas convexas com cobertura de material de talus. Trata-se de um material grosseiro, com blocos de arenitos de diversos tamanhos, cortados por drenagens obsequentes, o que lhe ocasiona uma lombada com formas alongadas. É comum a ocorrência de erosão linear causados pela drenagem. Nesta unidade há o predomínio de declividade fortemente inclinada (5-15°). No entanto, em algumas áreas há inclinação suave (2-5°), formando uma rampa de caimento suave.

Principalmente nas áreas de transição entre as encostas mais altas e a baixa encosta, a 600 m, há formação de pequenas planícies de inundação descontínua que formam bolsões de sedimentação, com depósitos em cascalheira fluvial, destacado na figura 17.

Figura 17 - Planície de inundação descontínua com bolsão de sedimento na área de transição entre a baixa encosta e a alta encosta



Fonte: Flavia J. Lima (GEQUA)

Encosta dissecada com cobertura coluvial: esta unidade encontra-se a uma altitude entre 650 e 500 m. Trata-se de formas dissecadas pelas drenagens concentradas que já formam os principais canais da bacia do rio Salamanca. São formas dissecadas que retratam a evolução da própria Chapada do Araripe, enquanto trabalho erosivo lateral. Estas formas mais abaixo vão se desmembrar em colinas alongadas e espigões. É possível observar a grande variação de declividade, indo deste suavemente inclinado ($2-5^\circ$), nos vales, a escarpado ($35-55^\circ$), nas encostas das formações iniciais das colinas e espigões. Nestas áreas há o uso da terra principalmente para a agricultura e criação de gado (figura 18).

Figura 18 - Encosta suavemente inclinada a 600 m de altitude, cortadas por drenagem obsequente.



Fonte: o autor

As paisagens de transição entre o topo e o vale na Chapada do Araripe não se mostram homogêneas, apresentando descontinuidades complexas que revelam vestígios de processos evolutivos em curso. Do ponto de vista do aprofundamento das cabeceiras de drenagem e regressão das encostas do planalto é possível mapear, além de formas de

acumulação, unidades residuais que expõem uma dinâmica erosional. Essas formas na área são individualizadas os espigões, colinas alongadas e colinas.

Os *espigões* estão conectados a baixa encosta e se apresentam desde a cota de 650 até partes mais baixas de 490 m. Essas unidades se desfazem em topografias secundárias, as colinas alongadas e colinas rebaixadas. Apresenta topo ondulado e alongado na direção S-N, constituídos tanto com material de tálus e solos rasos quanto material coluvial mais fino. As *colinas alongadas* são diferenciadas pelo porte menor e, principalmente por não se apresentarem parcialmente conectadas a encosta, apresentando um processo inicial de individualização. As *colinas* encontram-se totalmente individualizadas e onde os processos erosivos são bem evidentes, ocorrem em média a 450 m. Essas são unidades de formas intermediárias, constituindo de formas de relevo derivada ou formas de erosão. Apesar de serem importantes para a caracterização, não consta no quadro hierárquico, devido a escala de análise deste trabalho.

Para a proposta de Gellert (1972) essas formas se enquadram como morfotopos. Já a proposta do IBGE (2009) não aponta essas formas menores como características das formas de modelados. No entanto, assim como já apontado neste trabalho, pela escala de trabalho, julga-se necessário apontar essas formas como unidades geomorfológicas pela sua visibilidade e importância do ponto de vista morfodinâmico e genético do relevo.

A maior parte dessas colinas se encontra na cidade de Barbalha, possuindo características geomorfológicas numa conjuntura urbana. Historicamente essas colinas eram impedimentos para o alargamento da malha urbana, no entanto, recentemente, as ocupações avançaram para essas formas, acarretando, muitas vezes em uma situação de riscos. Isso é demonstrado pela figura 19, onde nota-se ocupações no topo da colina, com processos de voçorocamento.

Figura 19 - Colinas com ocupação no topo e erosão concentrada.



Fonte: o autor.

O manual do IBGE aponta como outra unidade geomorfológica as depressões, conceituadas como “conjuntos de relevo planos ou ondulados, situados abaixo do nível de regiões vizinhas, elaboradas em rochas de classes variadas”. Para a bacia do rio Salamanca optou-se por flexibilizar as formas de relevo apontados pelo IBGE para cada nível hierárquico. Visto que a unidade de depressão corresponde a uma classificação para um mapeamento de grande escala, foi apontado para este nível o conceito de pedimento dissecado. A classificação de pedimento, no manual do IBGE corresponde a uma indicação do último nível hierárquico, os modelados do relevo. A elevação desta classificação para unidades de relevo é justificado aqui pela valorização desta unidade, visto a escala de estudo. Esse procedimento de mudança de nível hierárquico para a classificação de pedimento também foi feita por Lima, Cunha e Perez Filho (2013) em um mapeamento geomorfológico para uma área no semiárido baiano.

O *pedimento dissecado* na bacia do rio Salamanca ocorre nas partes baixas, entre 490 e 350 m de altitude. Possui declividade na maior parte de suavemente inclinado e algumas áreas fortemente inclinado. Assim, o pedimento não possui uma forma plana, caracterizando-se também pela presença de colinas rebaixadas com cobertura coluviais (figura 20). Numa escala geral esse pedimento tem caimento no sentido S-N, compondo

parte de uma depressão maior, que bordeja a Chapada do Araripe, ou ainda, pela classificação de Ribeiro (2012) e Mont'Alverne (1996) de um pediplano dissecado pela drenagem que compõe a bacia do rio Salgado. Pelo enquadramento taxonômico de Gellert (1972), a unidade de pedimento corresponde a um morfotopo.

Figura 20 - Pedimento dissecado a 360 m.



Fonte: o autor

A unidade de *planície aluvial* é caracterizada pela declividade plana a levemente inclinada, com altitude que varia de 465 já no limite com os patamares mais baixos até 345, no baixo curso da bacia. Sua morfogênese ocorre basicamente pelo acumulo de sedimentos vindos das encostas e pedimentos da Chapada do Araripe. Em alguns trechos, é imperceptível a diferença de forma entre unidades de planície fluvial e pedimentos de baixa declividade. Neste sentido, para algumas áreas, cabe o termo *plaino aluvial*, adotado em Corrêa (1997) para designar áreas de pedimento, terraço e planície aluvial, com declividade entre 0 e 2° (morfologia plana).

O uso dessa terra ocorre principalmente para o plantio e criação, com alta variação de produtos. No entanto, o plantio de cana-de-açúcar foi marcante na área desde a metade do século XVIII até a crise de sua produção na segunda metade do século XX. Assim, os sedimentos aluviais foram bastante movimentados pela ação humana por pelo menos dois séculos, modificando um importante registro de dinâmica sedimentar quaternária (figura 21).

Nesta unidade há ocorrência de leques aluviais, onde há exposição do espraiamento de material em área ainda plana.

Figura 21 - Planície fluvial da bacia do rio Salamanca. Em primeiro plano a forma plana da planície ocupada para criação de gado. Em segundo plano colinas de cobertura areno-agilosas com cicatrizes erosivas. Em último plano a Chapada do Araripe com borda festonada e formação de hollows.



Fonte: o autor

O último nível taxonômico proposto pelo IBGE (2009) se refere aos tipos de modelados, que são conceituados como “padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais”. São identificados quatro tipos de modelados segundo o manual: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação.

Na área de estudo foram mapeadas os seguintes modelados pela classificação do IBGE: planície fluvial, rampas de colúvio e forma com dissecção homogênea.

Não foi possível desenhar e identificar as rampas de colúvio somente pela imagem de satélite. Dessa maneira, foram identificadas áreas onde, pelo trabalho de campo, é observado um padrão de ocorrência de depósitos coluviais. De maneira geral, foram encontrados colúvios em altitudes variadas, tanto nas porções de encosta, quanto nos baixos pedimentos, no entanto há concentração nas porções entre 400 e 650 m.

Pela classificação de modelados do IBGE é possível apontar a superfície de cimeira, o topo da Chapada do Araripe, como uma superfície de aplanamento parcialmente conservada, apresentando-se pouco dissecada e separado por escarpas. Ela é inumada por arenitos da Fm Exu e Latossolos. Observa-se que tal classificação se ampara na ideia

O quadro 2 expressa um resumo do enquadramento taxonômico hierárquico da bacia do rio Salamanca pelas duas propostas metodológicas discutidas.

5.1.3 Diferenças entre as classificações

Num panorama geral da aplicação das metodologias na área em questão, é possível observar algumas diferenças estruturais. Tratando de sistemas hierárquicos para discutir a paisagem, Cavalcanti (2010) afirma que é possível seguir dois tipos de abordagem para a regionalização geomorfológica: uma abordagem topo-base (*top-down* ou ainda *downscaling*) e a abordagem base-topo (*bottom-up* ou *upscaling*). Na primeira abordagem é definido inicialmente as unidades maiores para depois, com base nos limites destas, definir os limites menores. Na segunda abordagem, ao contrário, defini-se inicialmente as unidades menores e depois, com base nestas, as unidades maiores.

Transpondo essa ideia para as metodologias aqui discutidas, observa-se que enquanto a proposta do IBGE (2009) se enquadra numa abordagem *downscaling* de abordagem hierárquica, a proposta de Gellert (1972) está para a abordagem *upscaling*, tendo como níveis taxonômicos que mais se destacam os grupos de morfotopos e os morfotopos.

Cavalcanti (2010) aponta para as vantagens e desvantagens desses tipos de abordagens para o enquadramento hierárquico da paisagem. Na abordagem *downscaling* os limites das unidades menores terminam sendo prejudicados em função de serem estabelecidos conforme as unidades antecedentes. No entanto, como vantagem, é possível executá-la com uso de dados pouco precisos e poucos trabalhos de campo. Enquanto isso, a abordagem *upscaling* requer de um longo trabalho de campo e uso de mais recursos, tendo, em contrapartida limites com maiores precisões e resultados com qualidade maior.

Quadro 7 - Enquadramento taxonômico da bacia do rio Salamanca pelas propostas de IBGE (2009) e DEMEK (1972)

Metodologias	Segmentação					
	Maior escala					Menor escala
IBGE (2009)	Domínio Morfoestrutural		Região Geomorfológica (Domínio Morfoclimático)		Unidades Geomorfológicas	Modelados
	Sub-bacia leste do Araripe		Porção Leste da Chapada do Araripe		<ul style="list-style-type: none"> • Chapada (topo) • Patamares • Pedimento • Planícies 	<ul style="list-style-type: none"> • Pediplano degradado inumado • Planície fluvial • Rampa de colúvio • Modelado de dissecação homogênea
			Depressão Periférica			
DEMEK (1972)	Morfo-região	Morfo-macrocore	Morfo-mesocore	Morfo-microcore	Grupos de morfotopo	Morfotopo
	Chapada do Araripe	—	—	Porção Leste da Chapada do Araripe	<p style="text-align: center;">—</p> <p>Encosta da Chapada do Araripe</p>	<p>Cimeira Estrutural do Araripe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encosta conservada com cobertura de talus ou cabeceira • Encosta dissecada com cobertura coluvial • Planície Aluvial • Pedimentos dissecados

Fonte: organizado pelo auto

Outra diferença marcante entre as duas propostas está relacionada ao conteúdo de cada nível de escala. A proposta do IBGE traz uma taxonomia temática, onde em cada nível tem um significado relacionado a algum atributo do relevo, como a estrutura para o primeiro nível e a influência climática para o segundo. Além disso, apesar de não apresentar rigidez do intervalo de área em cada unidade, os níveis tem ordem decrescente de tamanho, ou seja, por uma ordem de conjuntos contidos. A proposta da UGI apresenta em sua estrutura hierárquica uma ordem de tamanho e arranjo, onde, por exemplo, os morfotopos (a unidade básica de regionalização) podem ser agrupados em grupos de morfotopos, que, por sua vez, podem estar inseridos em um arranjo maior, de ordem continental, no nível da morforegião. No entanto, a proposta indicada no manual da UGI não apresenta critério temático pra cada nível hierárquico, expondo muito mais a expressão de tamanho de área do que uma função para cada unidade.

Na aplicação dessas taxonomias para a bacia do rio Salamanca, observou-se algumas vantagens e limitações das características de ambos os manuais. Como avaliado anteriormente, unidades que aparecem enquadrados no Domínio Morfoclimático têm características mais estruturais do que resultados da ação do clima pretérito e atual, como ocorre com a Chapada do Araripe. Além disso, o tema da morfoestrutura contemplando a bacia sedimentar do Araripe ou uma parte dela, não atende neste nível a uma entidade geomorfológica. Dessa maneira, para a área de estudo, observa-se que a prática de enquadramento de temas e conceitos específicos para cada nível hierárquico pode tornar rígida a metodologia, o que pode dificultar a hierarquização de fenômenos geomorfológicos dos diversos ambientes e em diferentes escalas.

Quanto à proposta de Gellert (1972), observa-se uma maior liberdade para enquadrar a área de estudo em seus níveis hierárquicos. Tal metodologia, com foco para agrupamentos de áreas, no entanto, deixa o caráter metodológico mais carregado de subjetividade. Isso acarreta em uma metodologia mais voltada para a flexibilização do que mesmo para uma padronização.

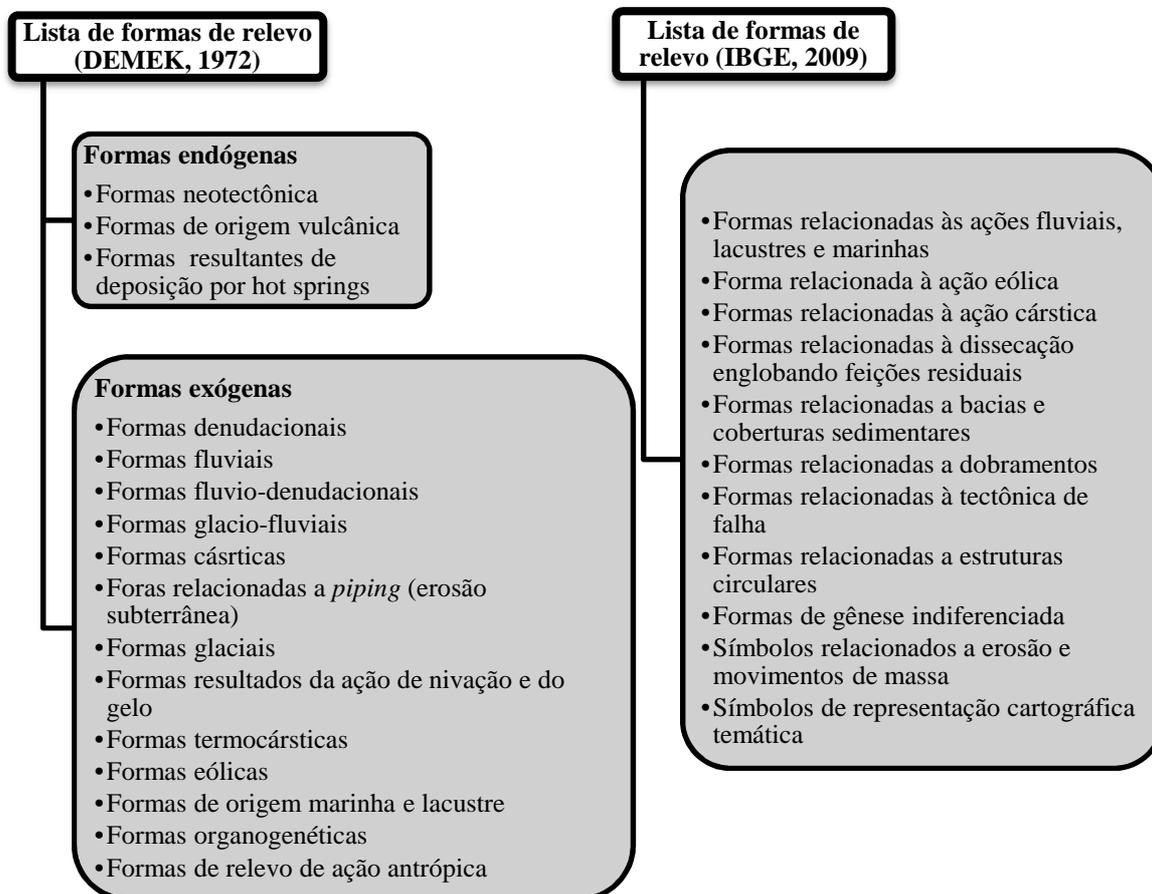
Nas pesquisas bibliográficas nota-se que são raros os trabalhos que seguem a proposta hierárquica de mapeamento geomorfológico UGI. No Brasil, não foi encontrado nenhuma aplicação. O desuso dessa proposta hierárquica ocorre mesmo quando se usa como referência metodológica o manual de mapeamento geomorfológico de detalhe da UGI. Dessa maneira, pode-se destacar algumas questões, entre elas um desmembramento sobre as diretrizes do

manual. A obra é resultado de um conjunto de artigos, cada um abordando questões distintas sobre a cartografia geomorfológica e que, muitas vezes parecem não se comunicarem enquanto uma única obra. Assim, algumas questões, como a própria proposta hierárquica se apresenta como etapa única e individualizada.

5.2 Simbologia

A simbologia para mapeamento geomorfológico envolve representações de processos antigos e atuais, material, estrutura, descontinuidades entre outros atributos do relevo. É interessante destacar que nem todas as metodologias de mapeamento geomorfológico abrangem quadros de legendas, podendo se concentrar em apenas alguns parâmetros geomorfológicos, como exemplo de Ross (1992). As duas metodologias discutidas neste trabalho apresentam quadro diversificado de sinais, abrangendo vários aspectos geomorfológicos. A figura 22 expõe as formas de relevo abrangentes na simbologia das duas propostas metodológicas em questão. O manual da UGI apresenta um leque maior de formas a serem representadas, trazendo uma divisão entre formas endógenas e exógenas. Essa abrangência maior que o manual do IBGE é esperado, já que a proposta da UGI é de escala global. Neste sentido, algumas legendas provavelmente não serão levadas em consideração para as paisagens tropicais brasileiras, como as formas relacionadas à ação do gelo.

Figura 22 - Formas de relevo abrangente pela simbologia na metodologia de Demek (1972) e IBGE (2009)



Fonte: organizado pelo autor

A simbologia das duas propostas contemplam formas gerais encontradas na bacia do rio Salamanca, com destaque para formas de origem fluvial, denudacional e antrópica. Além da diversidade de paisagens contempladas pelas propostas, é interessante destacar a organização dos símbolos. O manual da UGI apresenta um jogo de cores para tipo de forma relacionado com o tipo de gênese. Áreas de acumulação fluvial, por exemplo, são coloridas com verde, enquanto áreas de formas de acumulação por processos glaciais, com rosa. Tanto os processos quanto as áreas são representadas por cores distintas. No aspecto da visualização, essa distinção facilita a compreensão dos padrões genéticos da paisagem representada.

A proposta do IBGE opta por dar tons de cores a unidades com mesmo domínio morfostrutural, que, pela proposta, corresponde principalmente à geologia. Assim, por

exemplo, os depósitos sedimentares do Quaternário são representados pelo amarelo, enquanto as bacias e coberturas sedimentares fanerozóicas são representadas por verde. Em suma, enquanto a primeira proposta relaciona as cores para o tipo de gênese das formas, a segunda relaciona com a estrutura. O IBGE indica ainda uma variação de cores para a altitude das unidades, apontando tons mais escuros para unidades de maior altitude.

Aplicado para a área em questão, não se observa alta diversidade de cores. Isso ocorre porque a bacia do rio Salamanca contempla uma paisagem relativamente homogênea do ponto de vista da gênese e estrutura. Dessa maneira, pelo IBGE, são destacadas as variações de verde para representar a estrutura da bacia sedimentar do Araripe e a altitude das unidades, e amarelo para representar a cobertura quaternária da planície fluvial. Pelo manual da UGI, são expressas as cores marrom, para designar formas de destruição por processos fluvio-denudacionais e verde para formas modeladas por processos de acumulação.

A abrangência maior da legenda da UGI não ocorre somente pelos temas genéticos e seus elementos formadores. O manual oferece uma valorização para o material superficial nos símbolos empregados, contemplando símbolos diferentes de acordo com o material para um mesmo processo ou elemento. Assim, por exemplo, para a representação de fragmentos de superfícies estruturais, há diferentes símbolos para estas formas de acordo com o material que o constitui, como arenito, quartzito, calcário, dolomita, marga e rochas extrusivas. Para a aplicação no mapeamento da região do Cariri, essa distinção é interessante, pois destaca a estrutura rígida do topo da Chapada do Araripe, formado pelo arenito da Fm. Exu.

A simbologia para a área estudada precisa levar em consideração não só aspectos naturais do relevo, mas também a interferência antrópica. A proposta da UGI contempla uma subdivisão de legendas especialmente para formas de ação antrópica. Essas representações são interessantes para a bacia do rio Salamanca, que tem uso variado da terra, como mineração, ocupação urbana, agricultura, pecuária e área de preservação ambiental. Assim, esse quadro abrange tipos de formas como depósitos de aterro, poços, corte de talude, áreas de mineração entre outros. No processo de mapeamento, essa diversificação favoreceu a representação de áreas de mineração, assim como taludes artificiais. No entanto, neste manual não são contemplados processos de erosões induzidos pelo homem.

A proposta do IBGE, apesar de não apresentar legenda específica para a ação antrópica, abrange símbolo para representar erosões, processos comuns na relação ambiental

sociedade-relevo. As erosões ocasionadas e intensificada pela ação antrópica ocorrem em vários lugares na bacia, mas são mais evidentes nas áreas urbanas (figura 16).

Além das erosões, os processos de encosta como movimentos de massa têm abordagens diferentes nas metodologias. O manual do IBGE apresenta um símbolo para englobar os fenômenos de movimentos de massa. Na área em questão, há uma complexidade de tipos de movimentos, ocorrendo, por exemplo, movimentos do tipo queda de bloco na borda da Chapada do Araripe, pelo desprendimento do arenito da Fm. Exu. Além disso, ainda na porção de escarpa, é comum o movimento do tipo deslizamento, ocasionado pela declividade vertical. Na paisagem é possível mapear cicatrizes que marcam esses movimentos de massa (figura 23). O quadro de legendas do manual da UGI apresenta um maior potencial para abranger a diversidade dos tipos de movimentos de massa (cinco temas que envolvem os processos) e, além disso, apresenta uma subdivisão para processos recentes ou antigos. Neste sentido, são contemplados símbolos para, por exemplo, cicatrizes de queda de bloco, deslizamentos, escorregamentos, sendo estes representados ainda como recentes ou antigos.

Além das cicatrizes na escarpa, as evidências para entender a magnitude dos eventos de movimentos de massa são os depósitos de encosta. Na Chapada do Araripe, é possível encontrar um centro padrão para os tipos de depósitos. Enquanto nas porções mais altas da encosta é encontrado principalmente um material mais grosseiro de talus, nas porções mais baixas é comum a ocorrência de material de colúvio mais fino. A representação desse material, assim como as cicatrizes de movimentos de massa, encontra maior diversidade na proposta do manual da UGI. São contemplados nessa proposta além de leques coluviais, depósito de talus, áreas de solifluxão entre outros.

Figura 23 - Cicatrizes de deslizamento na escarpa da Chapada do Araripe



Fonte: RIBEIRO, Simone C.

Além disso, a proposta do IBGE não contempla simbologia para depósito de talus, apresentando um sinal para simbolizar o caimento em rampa de colúvio ou pedimento. No mapeamento para a bacia do rio Salamanca, esse símbolo do IBGE (2009) representou tanto áreas de pedimento, quanto depósitos colúvies.

A diferenciação desses materiais na representação cartográfica se torna essencial no mapeamento, pois retrata a dinâmica das encostas da chapada do Araripe, assim como nos padrões de tipos solo, na dissecação do relevo, material do leito dos canais, além do próprio caimento topográfico.

De maneira geral, a proposta de simbologia para mapeamento geomorfológico da UGI é mais abrangente em relação à do IBGE em dois aspectos principais: para os tipos de formas contempladas e pela indicação do material superficial, seguindo a contento a ideia geral de mapeamento geomorfológico de incluir informações do material.

As diferenças gerais entre as metodologias aplicadas na bacia do rio Salamanca demonstra níveis diferentes de detalhe. Enquanto a UGI possibilita uma representação em escala de maior detalhe, apoiado principalmente num corpo maior de legenda. Pelo material

cartográfico que este trabalho se utilizou, assim como pelas pesquisas de campo, é possível apontar a escala de 1:100.000 para este trabalho, se enquadrando no limite máximo da proposta da UGI para mapeamento geomorfológico de detalhe. As figuras 24 e 25 apontam os mapas elaborados pelas metodologias discutidas.

Figura 24 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Salamanca, seguindo a metodologia de IBGE (2009)

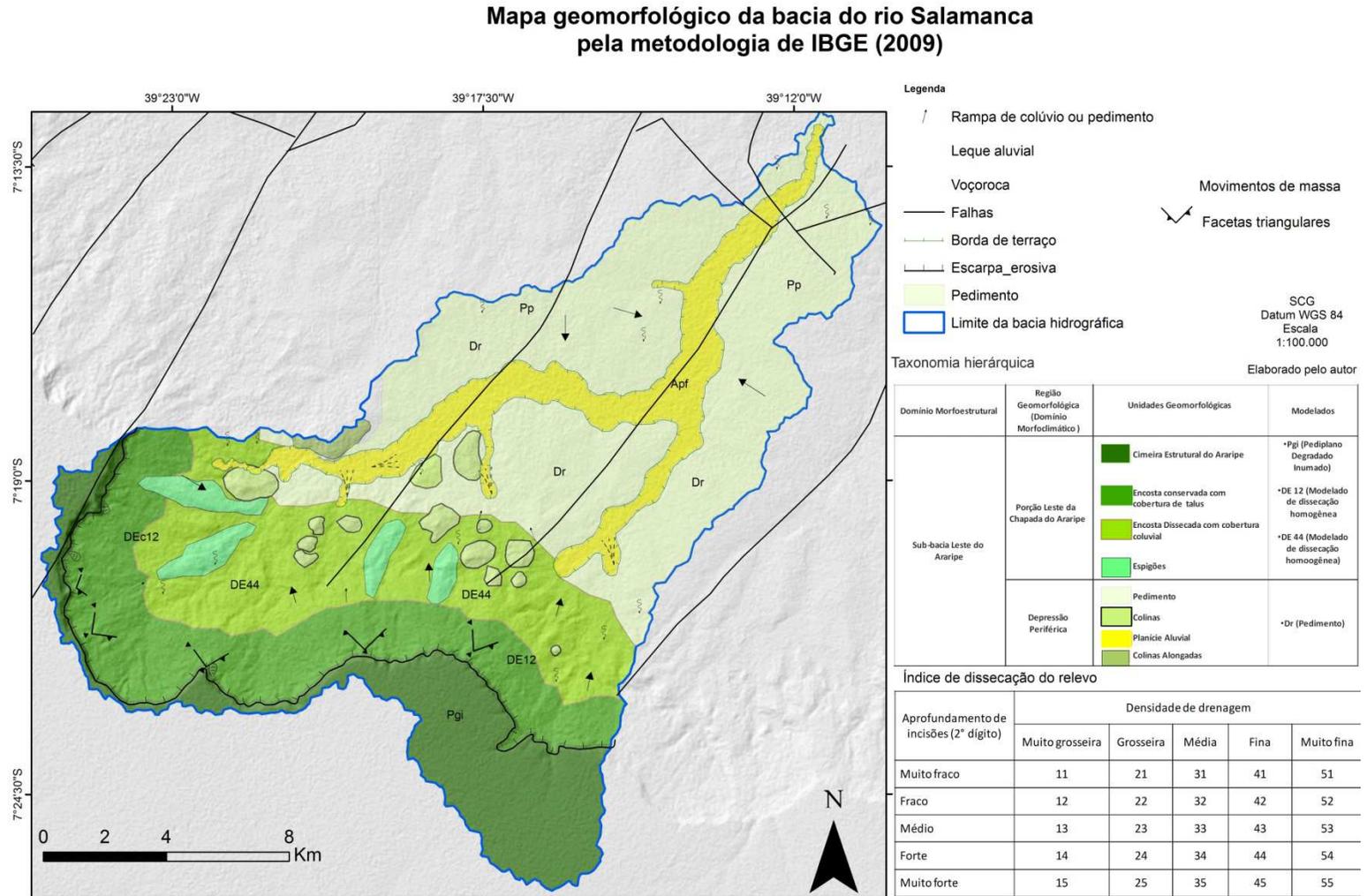
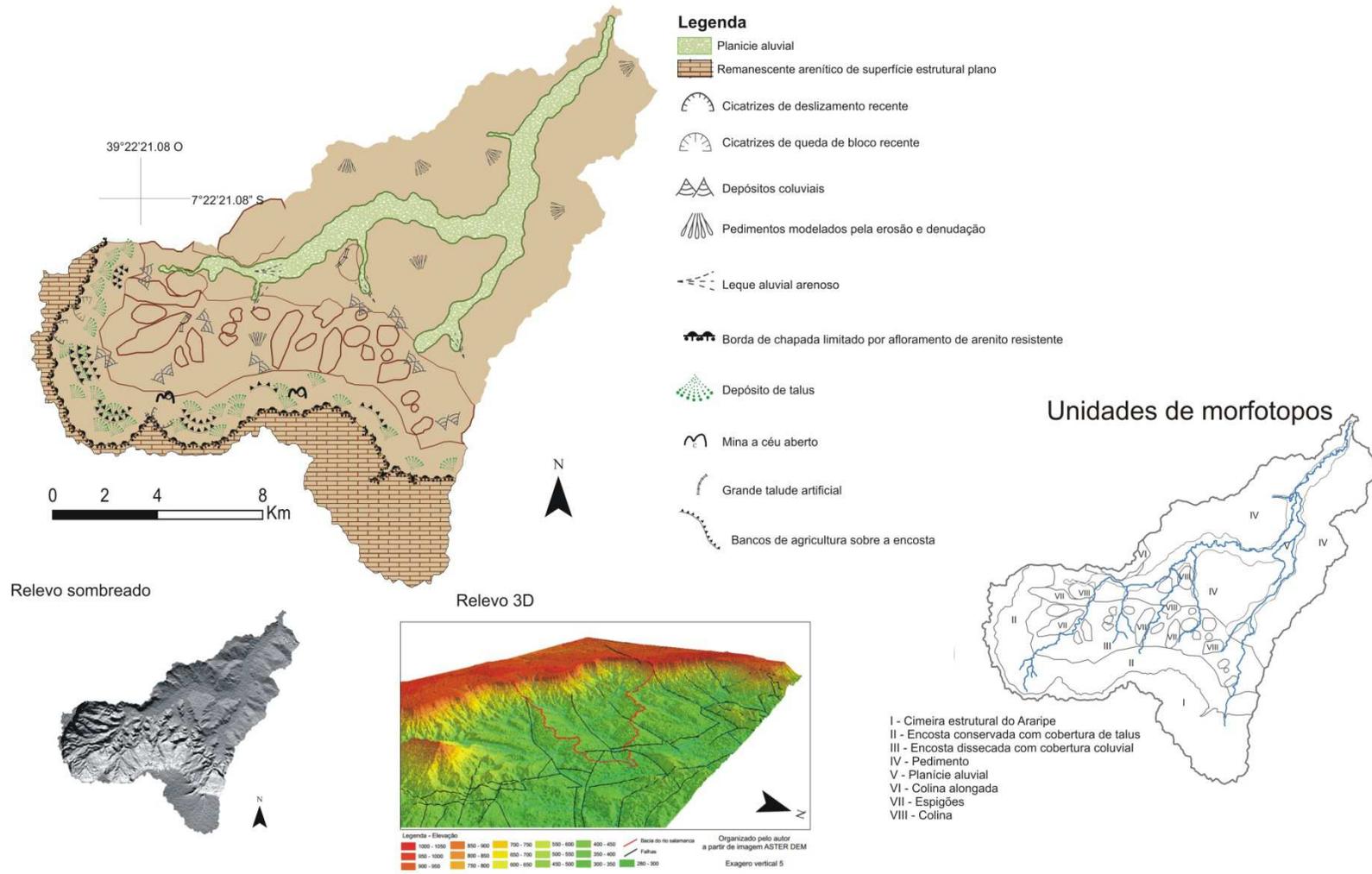


Figura 25 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Salamanca, seguindo a metodologia de Demek (1972)
**Mapeamento geomorfológico da bacia do rio Salamanca
 pela metodologia de Demek (1972)**



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa foi possível apontar a problemática em torno das metodologias de mapeamento geomorfológico, que envolvem aspectos de regionalização e representação cartográficas. A geomorfologia se apoia nessas metodologias para organizar e estruturar uma forma de representar as formas de relevo e seus processos, com a finalidade de uma leitura universal. Apesar disso, vários fatores enfatizam as divergências entre as propostas. Neste trabalho foi possível observar que essas diferenças ocorrem por algumas questões, como:

- Diferentes níveis de detalhe, sendo a proposta de Demek (1972) para maiores escalas;
- Diferentes abrangências de tipos de paisagem para representar, sendo a do IBGE (2009) para âmbito nacional e DEMEK (1972) global;
- As diferentes estruturas metodológicas ligadas ao país de origem da sua elaboração. Enquanto o IBGE (2009) expõe uma base bibliográfica brasileira, apoiado principalmente no projeto RADAMBRASIL, o manual da UGI, mesmo pretendendo ser universal expõe paradigmas europeus;

Dessa maneira, este trabalho resultou em uma discussão que teve como ponto chave uma visão de não naturalizar uma metodologia no processo de mapeamento geomorfológico. Foi observado pela revisão teórica que durante a evolução das técnicas de representação do relevo, optou-se pelo distanciamento da subjetividade com a finalidade de representar fidedignamente o fenômeno geomorfológico. No entanto, principalmente a partir de 1950, houve a emergência de questões teóricas da cartografia geomorfológica de difícil padronização universal por vários motivos, mas principalmente pelas contradições das diferentes correntes de pensamento e diferenças do ambiente. Neste sentido, este trabalho se apoia na ideia de que as questões ideológicas e subjetivas persistem nas metodologias e que elas carecem sempre de uma discussão afim de uma melhor exploração e aplicação. Isso ficou claro, pelas diferenças entre os conceitos e organização na prática do mapeamento geomorfológico da bacia do rio Salamanca.

Observou-se, por exemplo, na proposta de taxonomia hierárquica que, enquanto a metodologia do IBGE (2009) é mais clara e pragmática, a proposta de Gellert (1972) se torna mais subjetiva. Também é importante destacar que o enquadramento taxonômico da bacia do rio Salamanca a partir das duas metodologias propostas precisou ser flexibilizado com a finalidade de atender as necessidades de escala e representação da gênese, mostrando as propostas de mapeamento geomorfológico precisam se adequar à região de estudo e escala de trabalho.

Acerca dos sistemas hierárquicos, é válido destacar a ideia de análise multi-escala do relevo e seus processos. A área em questão pode ser vista em varias escalas associadas a níveis diferentes de detalhe, sendo, pela hierarquia do IBGE, representados por temas distintos. Nesta pesquisa, observou-se que cada metodologia destaca fenômenos diferentes. Neste sentido, é importante pensar o que é próprio do ambiente sub-úmido e semiárido da região do Cariri Cearense e como ela pode ser vista na análise multi-escala. Dessa discussão emergem outras questões como a possibilidade de representar o relevo através de uma análise multi-escala e encontrar nos diferentes níveis formas e processos específicos.

Além das diferenças, esse estudo observa que existem elementos comuns entre as metodologias e que devem constar em qualquer mapeamento geomorfológico, como o tempo de elaboração das formas e estruturas, a morfografia do relevo e a gênese das formas. Destaca-se aqui que, apesar das divergências, esses atributos compõem os mapeamentos geomorfológicos gerais.

Nota-se ainda que, para seguir uma metodologia de mapeamento geomorfológico, não é necessário seguir todas as diretrizes propostas. Isso é avaliado tanto pelos trabalhos destacados que utilizaram as propostas discutidas, quanto pela flexibilização necessária para mapear a área em questão. É importante ainda comentar que essas metodologias não precisam ser opostas na aplicação, podendo-se mesclar algumas práticas, como o quadro hierárquico e a aplicação de legendas a fim de representar com mais clareza e fidedignidade as formas e processos analisados.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do nordeste brasileiro. **Geomorfologia**. USP/IG, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969a.

_____. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. **Revista Orientação**, v. 3, p. 45-58, 1967.

_____. Problemas de mapeamento geomorfológico no Brasil. **Geomorfologia**, v. 6, p. 1-16, 1969b.

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.

ALVES, J. O Vale do Cariri. **Revista do Instituto do Ceará**. Fortaleza, p. 94-13, julho de 1946.

ARAÚJO, R. S. **Análise histórica do processo de expansão urbana das cidades de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte**. (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, UFC – *campus* Cariri, 2013.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov 2007.

BARBOSA, G. V.; SILVA, T. C.; NATALI FILHO, T.; DEL' ARCO, D. M.; COSTA, R. C. R. Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do projeto RADAMBRASIL. **Geociências**, v. 2, p. 7-20, 1983.

BARROS, H. S. O Cariri Cearense: o quadro agrário e a vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 4, p. 549-592, 1964.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **REA'E GA**, v. 8, p. 141-152, 2004.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural e morfopedológica do maciço de Baturité e de seu piemont: do Cretáceo ao presente. In: BASTOS, F. H. (org.) **Serra do Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011, p. 35-59.

BRACKEN, L. J.; WAINWRIGHT, J. Equilibrium in the balance? Implications for landscape evolution from dryland environments. **Geological Society**, London (Special Publications), v. 296, n. 1, p. 29-46, 2008.

CASTRO, J. L. M. **História da cartografia**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2012. p. 104.

CASTRO, D. L.; CASTELO BRANCO, R. M. G. Caracterização da arquitetura interna das bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 17, 1999, p. 129-144.

CAVALCANTI, L. C. S. **Geossistemas no estado de Alagoas**: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia. Dissertação (Mestrado em Geografia), Recife, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPE, 2010, 132 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Mapeamentos geomorfológicos no Brasil. **Geociências**, v. 2, p. 1–6, 1983.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. p. 236

COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos). **Plano de monitoramento e gestão dos aquíferos da Bacia do Araripe, estado do Ceará**. Fortaleza-CE, outubro de 2009, 272 p.

COLTRINARI, L. Cartografia geomorfológica detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950 e 1970. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, número especial, p. 121–129, 2011.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**: a new introduction. 2. ed. New York: Claredon Press, 1990. p. 434

CORRÊA, A. C. B. **Compartimentação geomorfológica da sub-bacia leste do Araripe**. No prelo.

_____. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do Maciço da Serra Verde**: estudo da relação entre a distribuição dos sistemas geoambientais e a compartimentação geomorfológica. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPE. 1997, 182 p.

CUNHA, M. C. **A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas**. (tese de livre docência). Universidade Estadual Paulista – UNESP *campus* Rio Claro. 105 p. 2011.

CUNHA, M. C.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo : uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, p. 1-9, 2003.

DE BOER, D. H. Hierarchies and spatial scale in process geomorphology: a review. **Geomorphology**, v. 4, n. 5, p. 303–318, 1992.

DELGADO, I. M. et al. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos mineirais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. p. 227–258.

DEMEK, J. (Ed). **Manual of detailed geomorphological mapping**. Praga: Academia. 1972, 344 p.

DIAS, M. H. Representações das formas do terreno nas cartas portuguesas. **Boletim do Instituto geográfico do Exército**, v. 70, p. 4–12, 2008.

DRAMIS, F.; GUIDA, D.; CESTARI, A. Nature and aims of geomorphological mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Ed.). **Geomorphological mapping: methods and applications**. Oxford: Elsevier, 2011. p. 13–35.

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: what is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94–106, 2012.

FERREIRA, N. J. F.; RAMÍREZ, M. V.; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança no nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. F.; DIAS, M. A. F. S. (Ed.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 43–60.

FIGUEIREDO, A. Cerrados do Ceará: situação atual, ameaças e perspectivas. **Cadernos de cultura e ciência**, v. 2, n 2, p. 27, 2007.

FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Ed.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 11–30.

FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos: mesorregião do sul cearense**. Fortaleza, 2012. 280 p.

_____. **Zoneamento geoambiental do Estado do Ceará: Parte II – mesorregião do sul cearense**. Fortaleza, 2006. 132p.

FURRIER, M.; MEDEIROS, G. Registros coloniais da morfologia do litoral da Paraíba e suas configurações atuais: uma proposta interdisciplinar de pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 22, p. 45–56, 2011.

GELLERT, J. F. The nature and aims of detailed geomorphological mapping. In DEMEK, J. **Manual of detailed geomorphological mapping**. Praga: Academia. 1972, p. 15-17.

GORINI, M. A. V.; MOTA, G. L. A. Análise geomorfométrica multiescala de modelos numéricos de terreno. **Anais...** Curitiba – PR: XV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

GRAF, W. L. **Fluvial process in dryland rivers**. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden**. (tese de doutorado) Uppsala University, Sweden, 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Base cartográfica digital do estado do Ceará**. Secretaria de Governo e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Disponível em <<http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/base-2/base-1>>, acesso em 11 de novembro de 2013.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. DE A. et al. (Ed.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213–233.

KING, A. W. Hierarchy theory and the landscape...level? or, Words do matter. In: WIENS, J.; MOSS, M. (Ed.) **Issues and perspectives in landscape ecology**. New York, Cambridge University Press, 2005, p.29-35.

KING, L. C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the geological society of America**, v. 64, p. 721-752, julho de 1953.

KING, L. C. Geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 2, ano 23, abril-junho de 1956.

KLIMASZEWSKI, M. Thirty years of detailed geomorphological mapping. **Geographia Polonica**, v. 58, p. 11-18, 1990.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 3, p. 21–31, 2002.

LACOSTE, Y. Os objetos geográficos. **Seleção de Textos AGB**, v. 18, p. 1–16, 1988.

LAGO, B. C. **Frans Post e o Brasil holandês na coleção do Instituto Ricardo Brennand**. Recife: Instituto Ricardo Brennand, 2010, 37 p.

LIMA, K. C.; CUNHA, M. C. L.; PEREZ FILHO, A. Dificuldades e possibilidades da cartografia geomorfológica no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65, v. 6, 2013, p. 1063-1073.

LINS, R. C. **Áreas de exceção do agreste de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1989. 327 p.

MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do nordeste brasileiro. **Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia**. Instituto de Geociências/UFPE, Recife/PE, p. 5-36, 1975.

WHITE, N.; MCKENZIE, D. Formation of the “steer’s head” geometry of sedimentary basins by differential stretching of the crust and mantle. **Geology**, v. 16, março de 1988, p. 250-253.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, IRACEMA FONSECA ALBUQUERQUE et al. (Ed.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 25–39.

MELO, M. L. (Coord.). **Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco**. Recife: SUDENE-PSU-SRE, 1998, 321 p.

MENEZES, E. O. O Cariri Cearense. In: BORZACCHIELLO DA SILVA, J.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, p. 339-363.

MENEZES, P. M. L.; COELHO NETTO, A. L. Escala: estudos de conceitos e aplicações. In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia. **Anais...** Olinda - PE, 1999.

MINÁR, J.; EVANS, I. S. Elementary forms for land surface segmentation : the theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. **Geomorphology**. v. 95, p. 236–259, 2008.

MMA/FUNDETEC/URCA. **Projeto Araripe**. Crato, 1999.

MONT'ALVERNE, A. A. F. **Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Araripe**. Recife: MME/ DNPM, 1996. 101 p.

MORAIS NETO, J. M.; HEGARTY, K.; KARNER, G. D. Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 14, n. 1. Nov. 2005/maio 2006, p. 113-119.

NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. A. Teoria das hierarquias e seus fundamentos epistemológicos. **Revista da Biologia**, v. 9, n. 2, p. 20–27, 2012.

PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping geomorphological environments**. Springer, 2009, 236 p.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. C. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (Ed.). **Panorama da Geografia Brasileira**. São Paulo: Annablume 2006. p. 277–317.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. **Carta morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. In: CPRM, Fortaleza, Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapas na escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil, 2003.

PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Geomorphometry: a brief guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Ed.). **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Elsevier, 2009, p. 3–30.

PINHEIRO, I. **O Cariri: seu descobrimento, povoamento, costumes**. Fortaleza, CE: Fundação Waldemar Alcântara, 2009. 296 p.

PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. **Estrutura geológica e evolução tectônica da bacia do Araripe**. Recife: MME/ DNPM, 1996. 68 p.

- RADAMBRASIL. **Mapa geomorfológico, Jaguaribe/Natal, Folhas SB. 24/25.** Ministério de Minas e Energia. Mapa em escala de 1:1.000.000. 1981.
- REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R. Mapeamento de unidades de relevo na média serra do Espinhaço meridional – MG. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n 30, p. 45-60, 2011.
- RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja**: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/ CE. (Tese de doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRJ, 2012, p. 281.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 6, p. 17–30, 1992.
- SÁ, M. Y. C. F. **Os homens que faziam o tupinambá moer**: experiência e trabalho em engenhos de rapadura no Cariri (1945-1980). (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em História Social/ UFC, 2007.
- SCHMIDT, J.; ANDREW, R. Multi-scale landform characterization. **Area**, v. 37, n. 3, p. 341–350, 2005.
- SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M. BAHIA, R. B. C. Bacias sedimentares Paleozóicas e meso-Cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos mineirais do Brasil**. Brasília (DF): CPRM, 2003. p. 55–85.
- SILVA, F. M. et al. Análise das precipitações pluviométricas na sub-bacia do rio Salgado, sul cearense (1979-2008). **Anais...** Fortaleza, CE: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010.
- SILVA, M. A.; BARROS, L. M.; SANTOS, A. C. B.; MORAIS, A. C. A. **Levantamento da fauna e flora nativas**. Estudos Técnicos científicos: geotopes do Geopark Araripe. S/D.
- SILVA, T. M. Superfícies geomorfológicas do planalto sudeste brasileiro: revisão teórico-conceitual. **Geo UERJ**, v. 3, n. 20, p. 1-22, segundo semestre de 2009.
- SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 9, p. 85–102, 2006.
- SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Mata**. (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia Física/ USP, 2001, 159 p.
- TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, 324 p.

TOMAS, D. S. G.; GOUDIE, A. (Ed). **The dictionary of physical geography**. 3 ed. Blackwell Publishing, 2008, 610 p.

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Ed.). **Desastres naturais**. São Paulo: Instituto Geológico, 2011, p. 147-160.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965, 496 p.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>, acesso em 11 de novembro de 2013.

VERSTAPPEN, H. T. Old and new trends in geomorphological and landform mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Ed.). **Geomorphological mapping: methods and applications**. Oxford, 2011. p. 13–38.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. S.; DIAS, M. A. F. S. A zona de convergência intertropical – ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 27–43, 2000.

