



## DESERTIFICAÇÃO E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DA BAHIA

Gabriel Matos Lima - Graduando em Geografia, Universidade Estadual de Feira de Santana – BA, Bolsista FAPESB. [gmatos.geografo@gmail.com](mailto:gmatos.geografo@gmail.com)

Raquel de Matos Cardoso do Vale - Mestre em Geomorfologia, Universidade Estadual de Feira de Santana – BA. [valeraquel@gmail.com](mailto:valeraquel@gmail.com)

**RESUMO:** O objetivo proposto neste estudo é elaborar o mapa geomorfológico da região norte da Bahia e subsidiar a análise entre a morfologia do relevo e a desertificação. Adotou-se como base para a identificação das unidades geomorfológicas a taxonomia de relevos proposta por Ross (1992), mapas temáticos gerados por meio do MDT-SRTM/NASA, levantamentos de campo e dados publicados anteriormente. Os processos referidos elaboram feições erosivas amplamente distribuídas e imputam significativa instabilidade no sistema ambiental, o que torna a representação das formas do relevo, excelente contribuição para a identificação de áreas suscetíveis à desertificação - ASD. Os processos geomórficos têm importante papel na elevação das taxas de erosão e mobilização dos sedimentos em áreas caracterizadas por fragilidade natural do ambiente e pelo uso e ocupação inadequados. As ASDs exibem sistema erosivo produzido por processos geomórficos do tipo laminar, sulcos, ravinas e voçorocas, em superfícies baixas, notadamente depressões pedimentadas, planas a suave-onduladas, com declividades entre 0° e 7°. Estas são áreas onde a pecuária extensiva exerce intenso pisoteio dos solos com redução das caatingas.

**Palavras-chave:** Geomorfologia, Modelo digital de Terreno, Degradação ambiental

**ABSTRACT:** The goal proposed in this study is to draw up the geomorphologic map of the region North of Bahia and promote analysis between bump morphology and desertification. Adopted as a basis for the identification of geomorphologic units the relief taxonomy proposed by Ross (1992), thematic maps generated by DTM-SRTM/NASA, field surveys and previously published data. The referred processes produce features erosive widely distributed and impute significant instability in environmental system, which makes the representation of the forms of relief, excellent contribution to the identification of prone areas to desertification - ASD. Geomorphic processes have important function in raising rates of erosion and



mobilizing sediments in characterized areas by natural fragile environment and by inappropriate use and possession. The ASDs show erosive system produced by geomorphic processes of laminar, grooves, rills and gullies type in low areas, notably pedimented, flat to soft-corrugated depressions, with declivities between  $0^\circ$  and  $7^\circ$ . These are areas where extensive animal husbandry practice intensive trampling soil with reduction of caatingas.

**Keywords:** Geomorphology, digital terrain Model, environmental degradation

## 1 INTRODUÇÃO

O termo desertificação, entendido conforme o conceito estabelecido na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1977) significa “*degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles variações climáticas e atividades humanas*”. A desertificação caracteriza-se como processo essencialmente dinâmico, resultante da interação de fatores naturais e antrópicos, que reduz a biodiversidade, provoca perdas na produtividade das terras agrícolas e instabilidade econômica e política (OLIVEIRA-GALVÃO e SAITO, 2003). Por degradação da terra compreende-se a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas. Considerando que a desertificação está associada à fragilidade natural do ambiente, e deriva do uso e ocupação inadequados do solo, o mapeamento geomorfológico pode contribuir para a identificação de áreas susceptíveis, pois certos compartimentos do modelado e suas feições apresentam maior potencial para geração deste processo.

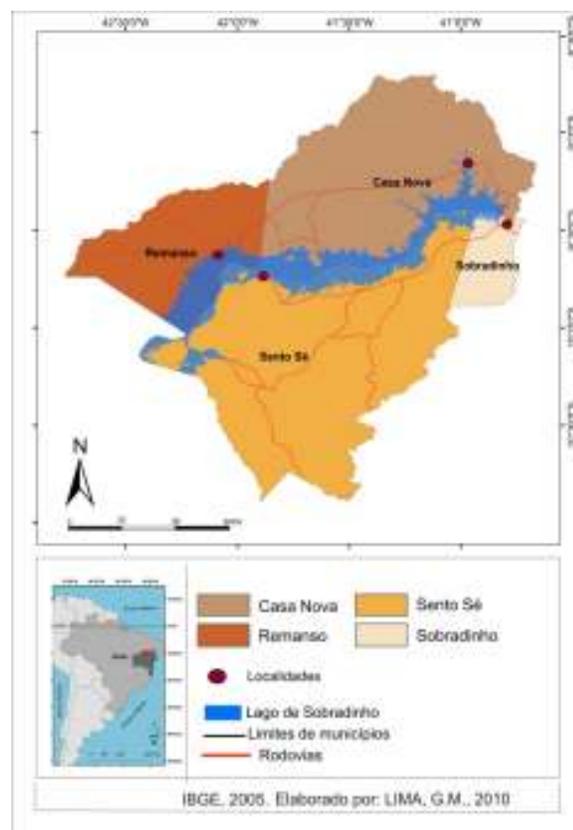
Este trabalho propõe-se a elaborar o mapa geomorfológico da região para subsidiar a identificação de áreas susceptíveis a desertificação a partir do uso do geoprocessamento, por meio do sensoriamento remoto e do Modelo Digital de Terreno (MDT) visando caracterizar e compreender este fenômeno. Foi realizada a vetorização das unidades e tipos de modelados adotando como base a taxonomia proposta por Ross (1992) com base nos mapas gerados com o Modelo Digital do Terreno (SRTM/NASA, 2003), levantamentos de campo e dados publicados anteriormente.

O Estado da Bahia possui mais de 60% do seu território sob ação do domínio morfoclimático semi-árido, com baixo índice pluviométrico (até 800mm anuais), irregularidade temporal e espacial na distribuição das precipitações, economia baseada na



agropecuária, e manejo dos solos tipicamente tradicional. Nessas condições os processos de degradação e de desertificação têm levado a perdas significativas dos recursos ambientais. A avaliação integrada de dados obtidos em campo com os dados processados por meio do geoprocessamento permitiu identificar padrões de paisagens de áreas degradadas e susceptíveis a desertificação (ASD).

A área em estudo está compreendida entre as coordenadas  $8^{\circ}38'50.00''$  e  $10^{\circ}56'19.74''$ S e  $42^{\circ}51'00.46''$  e  $40^{\circ}26'25.77''$ W, no extremo norte do Estado da Bahia (limites com os estados do Piauí e Pernambuco), e inserida no Território de Identidade do Vale do Rio São Francisco, às margens do Lago de Sobradinho. Envolve quatro municípios: Remanso, Casa Nova, Sento Sé e Sobradinho (Fig. 1), os dois primeiros já identificados como suscetíveis à desertificação (AOUAD, 1995). Trata-se de uma região inserida no domínio morfoclimático semi-árido, fator preponderante para que um conjunto de variáveis físicas, biológicas e sociais desencadeie o processo de desertificação.



**Figura 1 - Área de Estudo**



A região faz parte do Polígono das Secas e apresenta tipologia climática de árido a semi-árido e pluviosidade média anual entre 400 mm e 600 mm (SEI, 1999), distribuídas entre os meses de Março e Abril (INMET, 2009). O elemento da paisagem que está em foco neste trabalho, o relevo, apresenta formas resultantes da ação de processos geomórficos controlados pela semi-aridez e pela agressividade do período chuvoso.

Predominam rochas sedimentares e metamórficas, formações detrítico-lateríticas, sedimentos eólicos (páleo-dunas), com litologias representadas pelo arenito, argilito, quartzitos, ortognaisses e xistos. A presença de rochas ígneas, como granitos ocorrem em menor escala. As unidades geomorfológicas caracterizam grandes compartimentos topográficos, como planícies de inundação no entorno do Lago de Sobradinho, depressões, um conjunto de serras pertencentes ao complexo da Chapada Diamantina com elevações máximas entre 1000 e 1200 m. Nestas ocorrem sinclinais suspensos e anticlinais aplainados, os quais desenvolvem grande área pedimentada e recortada por drenagens. Ocorrem superfícies mais rugosas com vários afloramentos rochosos ao lado de plainos suaves e colmatados por sedimentos arenosos.

Os solos são bastante diversos, com seis classes, sendo em sua maior parte os neossolos, (litólicos, flúvicos e quatizarênicos), latossolos vermelho-amarelo, planossolos, cambissolos, argissolos e pequenas manchas de vertissolos. Com relação à vegetação, predomina a caatinga arbustiva, com maior abrangência nos municípios de Sento Sé e Casa Nova. A presença de manchas de cerrado e caatinga parque pode ser observada principalmente em Sobradinho, além de vegetação de campo rupestre encontrada nos relevos de cimeira da Chapada Diamantina.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

A análise da paisagem deve ser realizada de forma integrada e respaldada no método sistêmico, que leva em consideração sua composição e as interações existentes entre suas variáveis. Os fluxos produzidos interferem diretamente na dinâmica da paisagem, nas escalas de tempo e espaço, resultando em arranjos geográficos passíveis de identificação. As paisagens são derivadas, portanto, de uma série de conectividades ambientais e sociais, que exibem feições, dentre elas as geomorfológicas, correlatas às dinâmicas temporais e espaciais do seu sistema. Neste trabalho, que objetiva mapear estas feições e interpretar os níveis de



degradação e de susceptibilidade à desertificação da região norte da Bahia, estes foram os princípios adotados, cujos procedimentos metodológicos se organizaram nas etapas:

1. Revisão bibliográfica e cartográfica: foram consultadas publicações sobre o tema em livros e artigos, bem como no banco de dados georreferenciados produzidos em 2002 pela Secretaria de Recursos Hídricos - Bahia, atual INGÁ (Instituto de Gestão das Águas e Clima).

2. Aquisição do Modelo Digital de Terreno (MDT-SRTM/NASA, 2003).

3. Modificação do MDT original (90m/pixel) para a obtenção de um novo MDT (30m/pixel) pelo método de interpolação – *Krigagem linear*

4. Elaboração um Banco de Dados vetorial e raster específico para a área de estudo. O vetorial refere-se à *shapes* com estrutura de polígonos, linhas e pontos que armazenam dados e informações sobre geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação, rede de drenagem e isoietas, fatores importantes para o diagnóstico de processos que podem desencadear a desertificação. Os *shapes* contêm os limites municipais, cidades, unidades de conservação, dentre outros, importantes para as análises complementares. Os dados em formato raster, gerados a partir do MDT referem-se à declividade, hipsometri, aspecto e relevo sombreado.

5. Recorte da área de estudo no MDT.

6. Levantamentos de campo: dados georreferenciados em campo relativos à fisionomia da paisagem e ocupação do espaço, para serem somados ao Banco de Dados do projeto. Em paralelo foi feita validação dos dados obtidos no pré-campo.

7. Vetorização das unidades de paisagem a partir dos mapas elaborados com o MDT. A identificação das unidades e compartimentos geomorfológicos foi feita a partir da classificação taxonômica de Ross (1992), que leva em consideração a morfologia e gênese do modelado.

8. Elaboração do mapa geomorfológico (escala 1:250.000) e correlação entre as unidades geomorfológicas e as ASDs.

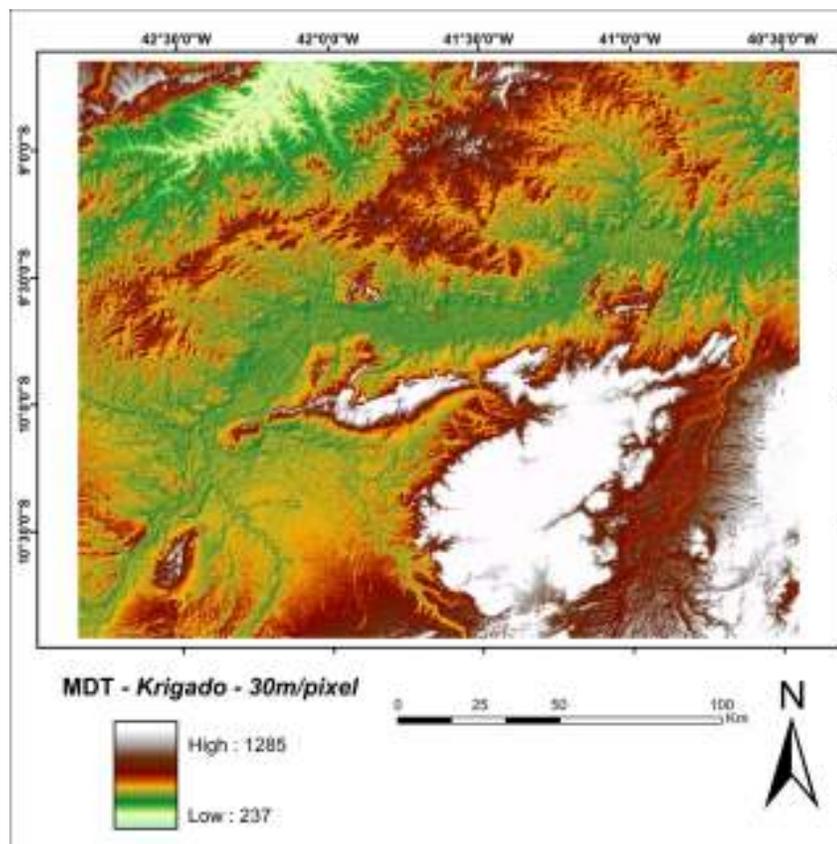
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A modelagem de terreno para a análise geográfica é uma técnica de quantificação da superfície terrestre onde o MDT é um dos mais importantes dados utilizados. Segundo



Crepani (2005) grande parte do território do Brasil é provida de mapeamento para várias utilizações da informação topográfica, porém em escalas demasiadamente generalizadas. Por este aspecto, os dados SRTM foram considerados a melhor informação topográfica já disponibilizada para grande parte do território nacional.

O tratamento dos dados consistiu na modificação do MDT SRTM/2003 original para um novo MDT, com características desejáveis. Entre as modificações feitas, listam-se: a resolução melhorada, de 90m para 30m; a remoção das falhas; e redução de ruídos. Através do método de interpolação *krigagem linear* a resolução do MDT foi melhorada para 30m, para possibilitar maior detalhamento das feições de relevo (Fig. 2).



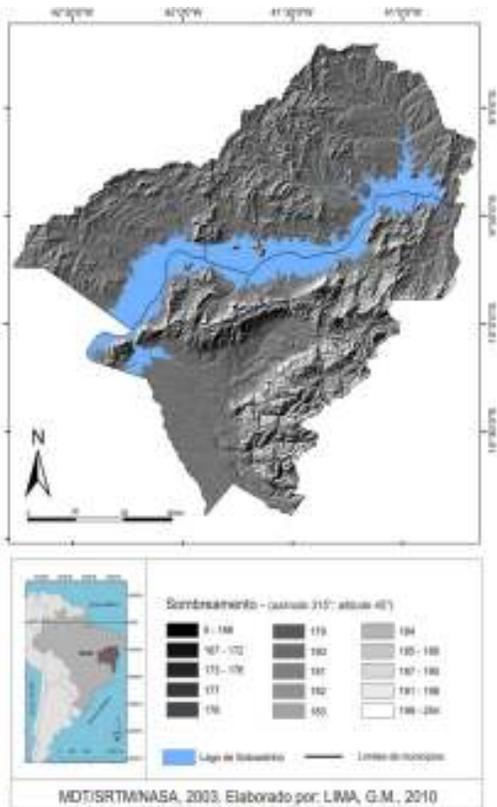
**Figuras 2 – MDT Krigado**

Em seguida foram gerados mapas temáticos de relevo sombreado, hipsometria, declividade e aspecto, utilizados para elaborar o mapa das unidades geomorfológicas e tipos de modelados da região, levando em consideração a morfologia e a gênese do relevo, baseando-se nos níveis taxonômicos propostos por ROSS (1992). Estes mapas mostraram uma diversidade de informações sobre o relevo em estudo, que analisadas de forma integrada

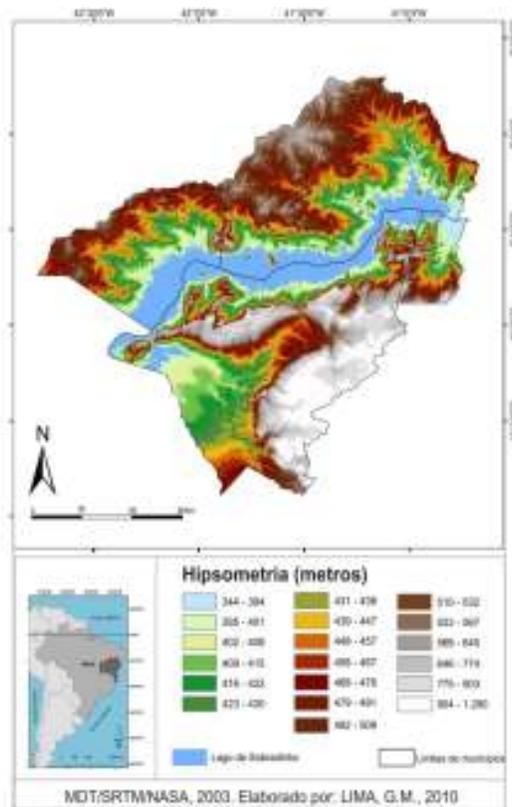


permitiram a visualização, interpretação e análise de cada compartimento geomorfológico. O sombreamento é uma técnica usada para gerar uma visão próxima da realidade criando uma superfície tridimensional a partir de uma exibição bidimensional do mesmo. Neste mapa (Fig. 3) foi possível identificar setores com maior suavidade ou maior rugosidade da superfície e bacias hidrográficas. Na elaboração do mapa de relevo sombreado o sol foi posicionado na configuração *default* de azimuth  $315^{\circ}$  (noroeste), e altitude de  $45^{\circ}$  (metade do percurso até máximo). Valeriano (2004) sugere que sombreamentos criados para fins cartográficos devem sempre ter o sol posicionado a noroeste. Ao criar o relevo sombreado cartográfico, foi colocada uma fonte de luz no quadrante noroeste (superior esquerdo) do mapa para lançar uma sombra em baixo do objeto (serras e morros). Visualmente os objetos foram melhor percebidos quando a sombra foi lançada embaixo deles. Ao posicionar a fonte de luz em qualquer outro lugar criou-se um efeito visual que fez morros parecerem buracos. Percebeu-se assim que ao sul da área a estrutura geológica imprime visível controle no padrão estrutural do relevo, por meio de forte rugosidade e formas lineares no conjunto das serras da Chapada Diamantina Setentrional.

O mapa hipsométrico (Fig. 4) indicou altitudes entre 500 e 600 m em grandes extensões planas pontilhadas por relevos residuais. No município de Sento Sé há grande variação na altitude devida à maior movimentação do relevo relacionada aos dobramentos referidos. As altitudes, entre 400 e 1.300 m, tipificam a paisagem local e influencia tanto no uso como na ocupação dos solos, totalmente diversa do restante da área estudada.



**Figura 3 – Relevo Sombreado**



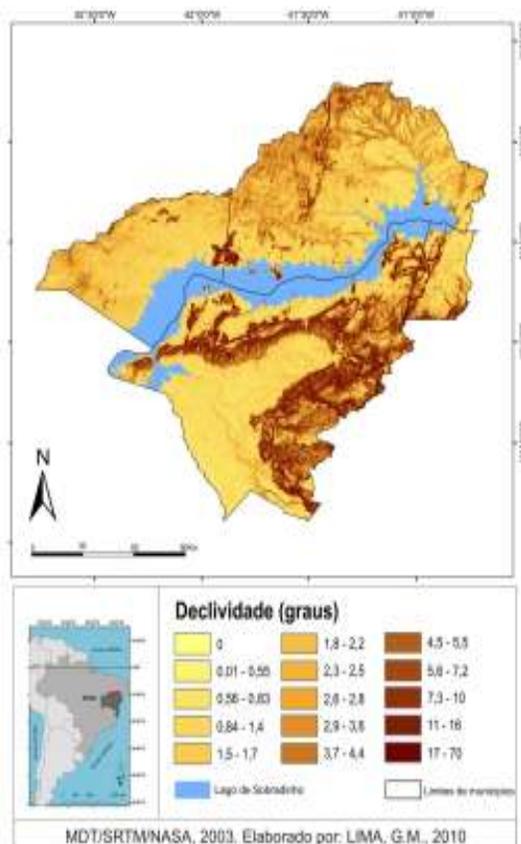
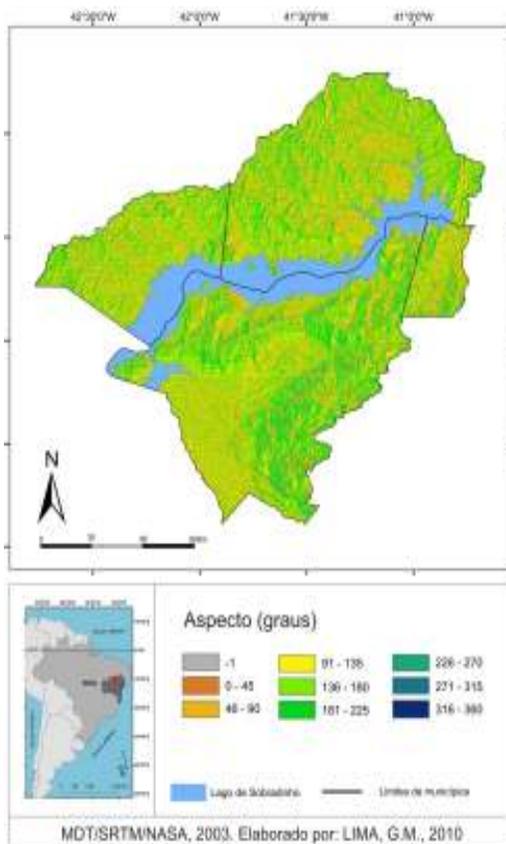
**Figura 4 – Mapa Hipsométrico**

As declividades (Fig. 5) se constituem em um importante instrumento de apoio se correlacionado a fenômenos geográficos inerentes a topografia como, por exemplo, a velocidade de escoamento superficial e sub-superficial e a susceptibilidade dos solos à erosão. Com a intencionalidade de mostrar as áreas mais planas para relacioná-las com a erosão e tipos de uso da terra, foram mapeadas as seguintes classes:  $<1^\circ$  (relevo plano),  $1^\circ$  a  $3,6^\circ$  (relevo suave ondulado),  $3,7^\circ$  a  $7,2^\circ$  (relevo médio ondulado),  $7,3^\circ$  a  $10^\circ$  (relevo ondulado) e maior/igual a  $11^\circ$  (relevo forte ondulado).

O mapa de aspecto (Fig. 6) identifica a orientação do relevo dada pela direção de declive de uma célula em relação aos seus vizinhos. Os valores da grade de aspecto são direções angulares que variam de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ; às células de entrada que têm declividade zero foram atribuídos valores de -1. Norte é  $0^\circ$  em uma direção horária,  $90^\circ$  é leste,  $180^\circ$  é sul, e  $270^\circ$  é oeste. Os pontos colaterais Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste, são respectivamente, também num sentido horário  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  e  $315^\circ$ . O mapa de aspecto foi



utilizado para a análise e compreensão na diferenciação da cobertura vegetal, e conseqüentemente da paisagem, analisando a exposição das vertentes ao sol.



**Figura 5 – Mapa de Aspecto**

**Figura 6 – Mapa de Declividade**

A análise e caracterização da área em estudo, como de todos os produtos gerados aliados aos levantamentos de campo, permitiu a identificação e vetorização das unidades geomorfológicas, baseado na proposta taxonômica de Ross (1992). Este trabalho usa uma escala de semi-detalhe – 1:250.000 –, por isso a classificação do relevo destacou as características e formas que englobam no máximo o 3º nível taxonômico. Foram identificadas as seguintes unidades: no 1º táxon – unidades morfoestruturais – foram identificados dois grandes compartimentos: A Chapada Diamantina Setentrional e a Depressão Sertaneja; no 2º táxon – unidades morfoesculturais – identificaram-se Superfícies de Cimeira e Depressões Interplanálticas Periféricas – no 3º táxon – unidades morfológicas - foram identificados a Planície de inundação (Lago de Sobradinho), Região de Acumulação (Paleodunas do Rio São Francisco); Superfície pedimentada rugosa (afloramento rochoso) e pedimentada suave



(arenosa. A tabela 1 (Tab. 1) sintetiza a identificação das unidades englobadas nos seus respectivos táxons.

**Tabela 1 – Níveis Taxonômicos**

<b>1° Táxon</b>	Unidade Morfoestrutural	Chapada Diamantina Setentrional; Depressão Sertaneja
<b>2° Táxon</b>	Unidade Morfoescultural	Superfície de Cimeira; Depressões Periféricas Interplanálticas; Encostas
<b>3° Táxon</b>	Unidade Morfológica	Planície de inundação - Apl; Região de acumulação - Apf; Superfícies pedimentadas rugosas e/ou suave/onduladas

As áreas degradadas e, dentre elas as mais suscetíveis à desertificação, apresentam semelhanças no que se refere ao padrão de paisagens (Tab. 2): estrutura litológica do tipo metassedimentar, caatinga aberta de porte baixo/médio, solo exposto com forte pedregosidade. Exibem sistemas erosivos produzidos por processos geomórficos do tipo laminar, sulcos, ravinas e voçorocas, em superfícies com altitudes entre 378 a 457 metros, notadamente depressões pedimentadas, planas a suave-onduladas, com declividades entre 0° e 7°. Estas são áreas onde a pecuária extensiva de caprinos e bovinos exerce intenso pisoteio dos solos com redução das caatingas e abertura de clareiras, que acentuam a vulnerabilidade dos mesmos à erosão. Ocorre também a proliferação de espécies ruderais como velame (*cróton campestris*), faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*) jurema (*mimosa hostilis*). Esta fisionomia de paisagem foi descrita em campo e permitiu que as ASD's fossem localizadas no mapa geomorfológico, evidenciando a relação entre as unidades geomorfológicas e o processo de desertificação.

**Tabela 2 – Configuração da Paisagem em áreas de ASD's.**

Geologia	Estrutura litológica metassedimentar
Geomorfologia	região de acumulação; suavemente ondulada; encostas suave; declividade suave
Altitude	378 m – 457 m
Solos	pedregosidade; concreções ferruginosas; cascalhos e calhaus; afloramento



	rochoso; areno-argiloso; inconsolidado;
Vegetação	caatinga arbórea arbustiva, pouca primitividade, aberta, predominando espécies de facheiro, favela, pinhão, algaroba, velame, umburana
Uso do solo	Pecuária extensiva - área aberta para os animais; Agropecuária; com plantações de palmas; irrigação; área queimada e extração de lenha
Processos	sistema de erosão acelerada; ravinamentos; sulcos; erosão laminar; voçorocamento

O resultado dessas análises foi a elaboração do mapa de unidades geomorfológicas da região norte do Estado da Bahia (Fig. 7) que subsidiou discussões e as conclusões acerca da relação entre os compartimentos morfológicos e as variáveis do processo de desertificação na Bahia.

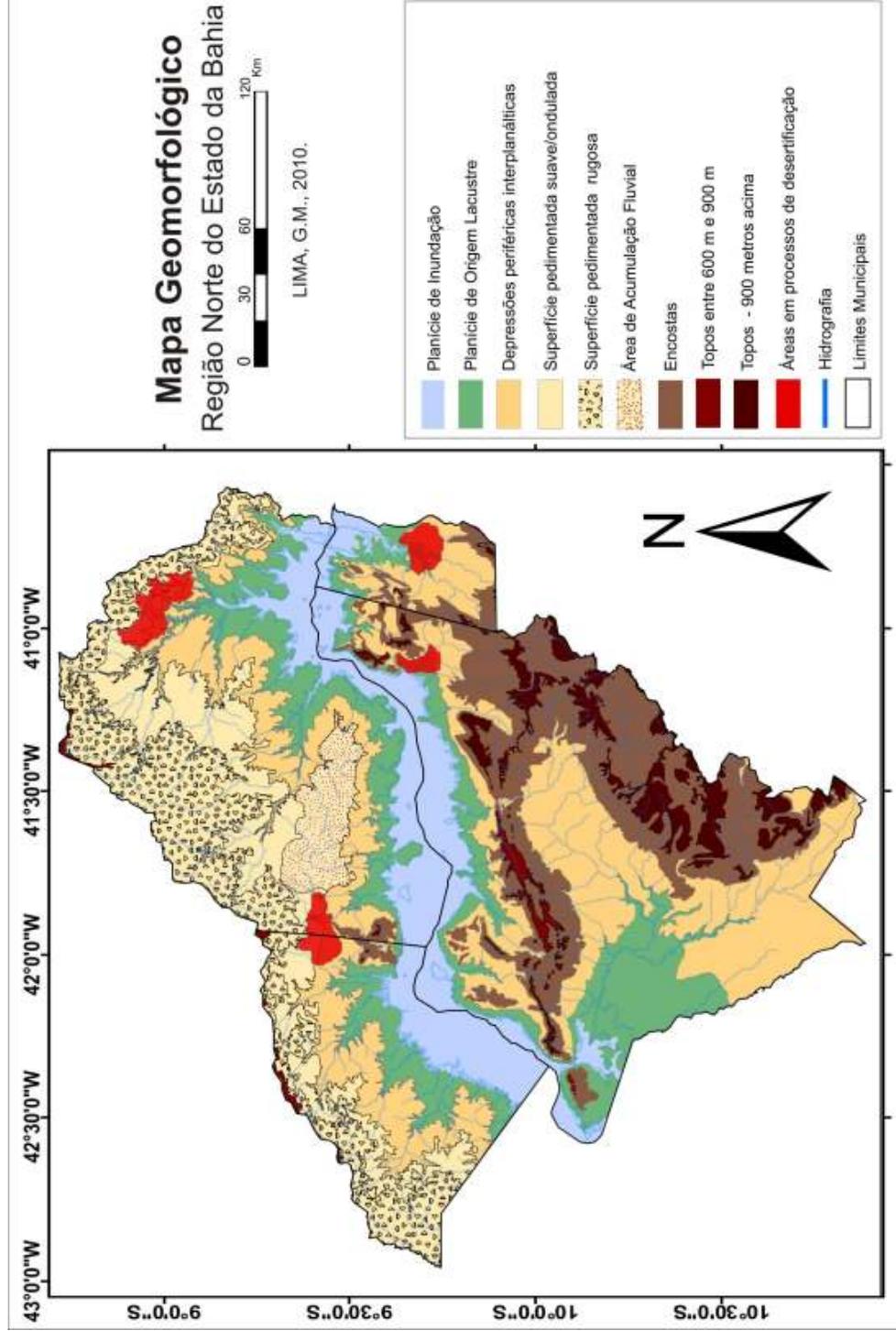


Figura 7 – Mapa Geomorfológico da Região Norte do Estado da Bahia



## 4 CONCLUSÕES

Os estudos de análise da paisagem são adaptáveis a cada realidade pesquisada e as variáveis adotadas irão depender do enfoque proposto. A depender deste, dá-se maior peso para as variáveis físicas ou para as sociais. Nesta pesquisa optou-se por realizar análise embasada em aspectos notadamente físicos, em especial o relevo. A interpretação dos dados adquiridos nas etapas descritas possibilitou caracterizar a área de estudo e concluir que:

1. As áreas em processo de desertificação estão localizadas nas unidades geomorfológicas de depressão, nas áreas pedimentadas rugosas ou suave/onduladas.

2. As áreas susceptíveis ao processo de desertificação possuem um padrão no que se refere aos elementos que caracterizam a paisagem: estrutura litológica do tipo metassedimentar; altitude entre 378 m e 457 m; solo exposto com forte pedregosidade; caatinga arbórea/arbustiva com pouca primitividade; pecuária extensiva; sistemas erosivos; áreas pedimentadas suavemente onduladas, com declividade entre 0° e 7°.

3. O desenvolvimento do processo de desertificação nessas áreas é favorecido pelo relevo aplainado, que propicia atividades de agropecuária de forma intensiva, exaurindo e compactando o solo. As condições climáticas semi-áridas, onde a temperatura média anual é elevada (27°C) e a pluviosidade é mal distribuída no tempo e no espaço, favorecem para a fragilidade natural do meio.

4. As áreas menos degradadas são localizam-se na partes mais elevadas e íngremes do relevo local. Encostas escarpadas, com declividades acentuadas entre 16° e 70°, que dificultam o uso e a ocupação, preservando assim, a vegetação nativa e mantendo o equilíbrio no ecossistema.

5. Os sistemas erosivos encontrados são produzidos por processos geomórficos do tipo laminar, sulcos, ravinas e voçorocas, em superfícies de depressões pedimentadas, planas a suave-onduladas.

6. As formas de uso e ocupação do solo acentuam a vulnerabilidade dos mesmos à erosão, provocando também a proliferação de espécies ruderais.

7. O uso do MDT/SRTM-NASA (2003) *krigado* (90 m/pixel → 30 m) e dos subprodutos dele gerados (declividade, aspecto, sobreamento, hipsometria), contribuíram para o detalhamento e identificação das unidades geomorfológicas.



## 5 REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa. Gestão ambiental de áreas degradadas/ Gustavo Henrique de Sousa Araújo. Josimar Ribeiro de Almeida, Antonio José Teixeira Guerra. – 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- AUOAD, M. S. Desertificação. Salvador, Projeto ÁRIDAS – Bahia, 1995.
- BAHIA. 1997, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. SEI. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2008
- BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. 2005, Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca: PAN – Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- CASSETI, V. Geomorfologia. Livro digital. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/index.php>. Acesso em: 15 de setembro de 2009
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. *Imagens fotográficas derivadas de MNT do Projeto SRTM para fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia*. São José dos Campos: INPE, 2005.
- FLORENZANO, T. G., Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos, São Paulo. 2008.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – Gráficos Climatológicos. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>, 2009.
- LOBÃO, J. S. B., VALE, R. DE M. C. Aplicação do MDT/SRTM/NASA Para Detalhamento Geomorfológico No Semi-Árido. Anais – III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 25 a 27 de outubro de 2006.
- MATALLO JUNIOR, H. Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas. Brasília : UNESCO, 2001.
- MDT-SRTM/NASA - <http://seamless.usgs.gov>. 2003.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. de.; SAITO, C. H. Mapeamentos sobre desertificação no Brasil: uma análise comparativa. Brasília: Brasil florestal, 2003.
- ROSS, J. L. S Relevo Brasileiro: planaltos, planície e depressões, 41 – 61p *in* Novos Caminhos da Geografia, Ed. Contexto, 1992, SP



ROSS, J. L. S. O Registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, FFLCH – USP, n. 6, p. 17 – 29, 1992.

VALERIANO, Márcio de Morisson. Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: INPE, 2004.