



## MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO NORDESTE BAIANO COMO SUBSÍDIO À IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Simony Lopes da Silva Reis - Graduanda em bacharelado em Geografia Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS; bolsista FAPESB. [Simony.geo@gmail.com](mailto:Simony.geo@gmail.com);  
Raquel de Matos Cardoso do Vale – Professora Msc. do Departamento de Geografia na Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. [valeraquel@gmail.com](mailto:valeraquel@gmail.com).

**RESUMO:** Este trabalho objetiva elaborar o mapa geomorfológico do nordeste da Bahia e avaliar o seu uso para o diagnóstico de áreas ambientalmente degradadas. Esta região é caracterizada por clima com expressiva sazonalidade, irregularidade pluviométrica, má distribuição das chuvas, e vegetação predominante formada por eco-tipos do bioma caatinga. Em grande parte se pratica a pecuária extensiva de caprinos e bovinos de forma desordenada, o que promove a instabilidade do sistema natural. Este mapeamento, feito em escala de maior detalhamento do que os mapas produzidos até então, figura também como contribuição ao conhecimento acerca das restrições e potencialidades dos ambientes semi-áridos para exploração dos seus recursos ambientais. As geotecnologias foram utilizadas na elaboração do mapa geomorfológico e foi aplicada para a construção de produtos derivados do Modelo Digital do Terreno, especialmente declividade, topografia e altimetria do relevo. Os resultados alcançados demonstram que existem relações entre as unidades de relevo e áreas degradadas. Estas ocorrem nas depressões, nos pediplanos Sertanejo e do Baixo São Francisco, cujos sistemas erosivos exibem ravinas, voçorocas e erosão laminar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo Digital do Terreno, semi-árido, geotecnologias.

**ABSTRACT:** This paper aims at to elaborate the geomorphological map of the northeast of Bahia and to evaluate your use for the diagnosis of areas degraded environmentally. This area is characterized by climate with expressive seasonality, irregularity rainfall, bad distribution of the rains, and predominant vegetation formed by echo-types of the biome savanna. Is largely practiced the extensive livestock of bovid and bovine in a disordered way, what promotes the instability of the natural system. This mapping, done in scale of larger details than the maps produced until then, it also represents as contribution to the knowledge concerning the restrictions and potentialities of the semi-arid atmospheres for exploration of your environmental resources. The geotecnologies were used in the elaboration of the geomorphological map and it was applied for the construction of derived products of the Digital Model of the Land - DTM, especially steepness, topography and altimetry of the relief. The reached results demonstrate that relationships exist between the units of relief and degraded areas. These happen in the depressions, especially in the Country pediplains and of Low San Francisco, whose erosive systems exhibit gully, gullies and erosion to laminate.

**KEY-WORDS:** Digital Model of the Land, semi-arid, geotecnologies.



## 1 INTRODUÇÃO

Mapeamento geomorfológico ou cartografia geomorfológica consiste em caracterizar, subdividir e categorizar os compartimentos do relevo para gerar mapas que venham a subsidiar pesquisas e projetos relacionados ao planejamento territorial e à gestão ambiental. Desta forma, o mapa geomorfológico deixa de ser apenas um produto cartográfico que expressa os aspectos físicos do relevo, para tornar-se um instrumento que pode representar a dinâmica das morfologias mapeadas, bem como possibilitar o reconhecimento e a compreensão da realidade concreta. Isto é especialmente significativo nos estudos relacionados com a degradação ambiental, posto que os impactos dos fenômenos e ações humanas interferem e transformam a dinâmica da paisagem e se refletem na tipologia das feições geomorfológicas.

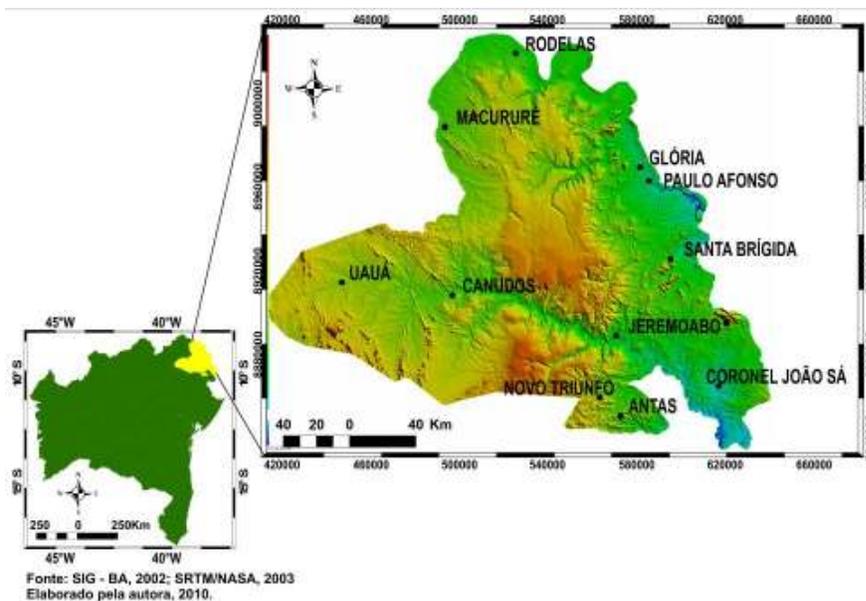
O processo de degradação ambiental está intimamente relacionado ao uso e ocupação do solo, sobretudo em decorrência das atividades agropecuárias em locais potencialmente frágeis. O mapeamento geomorfológico destas áreas associado à análise das formas de exploração dos recursos ambientais é elemento para identificação, espacialização e compreensão integrada do processo de degradação das terras.

Segundo Felgueiras (1999, p. 1) um Modelo Digital de Terreno (MDT) pode ser caracterizado como um instrumento que:

[...] possibilita o estudo de um determinado fenômeno sem a necessidade de se trabalhar diretamente na região geográfica escolhida. As análises podem ser qualitativas ou quantitativas e são importantes para fins de simulações e tomadas de decisão no contexto de desenvolvimento de aplicações, ou modelagens, de geoprocessamento que utilizam SIG's.

Nesta perspectiva, o MDT se caracteriza por ser uma representação que se refere à aquisição, processamento e utilização de dados digitais para a elaboração de modelos que representem, graficamente, o relevo da superfície terrestre. A partir dele podem ser gerados modelos digitais que podem ser utilizados para o estudo da morfologia dos relevos, bem como para a análise da potencialidade e restrições ao uso do solo.

A região em estudo está localizada no Nordeste do Estado da Bahia (Fig. 01). Apresenta condições climáticas típicas do semi-árido baiano como escassez de chuvas; longos períodos de seca; e insuficientes recursos hídricos, que é uma das condições naturais que a colocam na lista das Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD (IBGE, 2006).



**Figura 01 – Mapa de Localização**

Esta é a principal ASD do estado (AOUAD, 1995), especialmente a região polarizada por Jeremoabo, o que motivou sua escolha para o estudo em questão, cujo objetivo é elaborar o mapa geomorfológico da referida região caracterizando áreas com degradação ambiental. Este objetivo geral está sub-dividido em outros que buscam analisar o relevo a partir de mapas obtidos com o Modelo Digital do Terreno (MDT-SRTM/NASA, 2003) bem como identificar, caracterizar e classificar os compartimentos geomorfológicos, tendo como base a metodologia de taxonomia do relevo proposta por Ross (1992).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia realizada no mapeamento teve como fundamento os estudos de Ross (op. cit), que subdivide e classifica as feições geomorfológicas em seis táxons de diferentes escalas espaciais, baseados na sua morfologia e gênese (Tab. 01).

**Tabela 01 – Taxonomia do relevo segundo Ross (1992). Fonte: Ross, 1992.**

<b>1º Táxon</b>	<b>Unidades Morfoestruturais</b> - correspondem às macroestruturas, ou seja, de maior extensão em área.
<b>2º Táxon</b>	<b>Unidades Morfoesculturais</b> - compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura e posicionados em diferentes níveis topográficos;
<b>3º Táxon</b>	<b>Unidades Morfológicas</b> – grupamentos de formas de agradação (acumulação) e formas de denudação (erosão) contidos nas Unidades Morfoesculturais;



4.º Táxon	<b>Tipos de Formas de Relevo</b> - subdivisões das unidades morfológicas que apresentam aspectos fisionômicos e genéticos ligeiramente diferenciados. Exemplos: colina, morro;
5.º Táxon	<b>Tipos de Vertentes</b> - representa os tipos de vertentes: convexa, retilínea ou côncava.
6.º Táxon	<b>Formas de Processos Atuais</b> - pequenas formas de relevo de origem natural ou antrópica, a exemplo de sulcos, ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamento.

Na realização de mapas geomorfológicos, diversos recursos podem ser utilizados, tais como cartas topográficas, imagens de satélite e radar e modelos numéricos como os MDT's. O mais utilizado tem sido o desenvolvido pelo Shuttle Radar Topographic Mission/ National Aeronautics and Space Administration (SRTM/NASA) a partir do qual se obtém uma gama de dados e informações acerca da morfologia e morfometria do terreno.

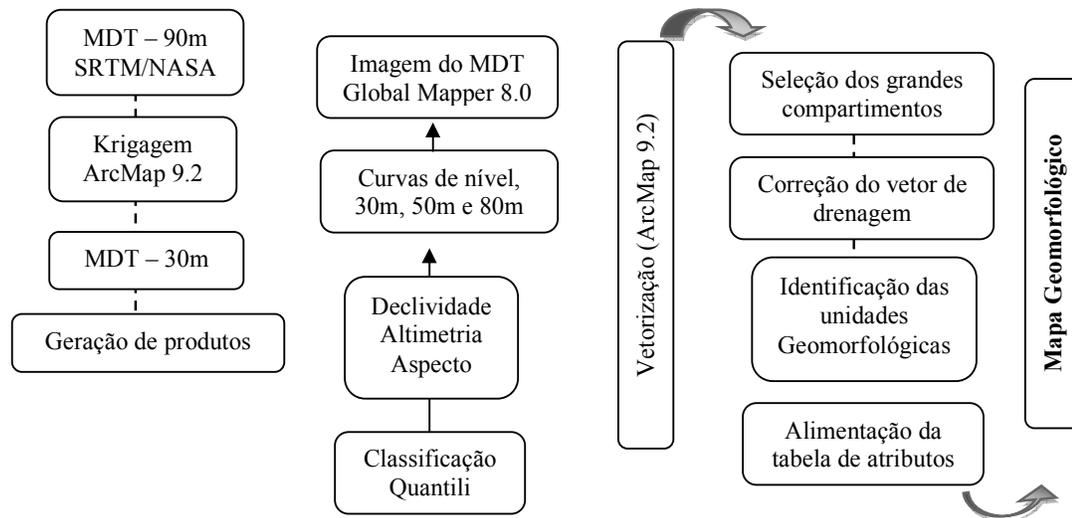
O MDT original, ou seja, obtido diretamente na rede de informações da NASA permite visualização apenas das grandes feições de relevo. Para conseguir maior detalhamento espacial e ampliar as possibilidades de identificação das morfologias de menor extensão, foi necessário melhorar sua resolução espacial de 90m/pixel (valor original para regiões como a América do Sul) para 30m/pixel, o que realçou as feições e permitiu melhor acuidade visual. Este procedimento foi feito a partir da técnica de krigagem linear, a qual tende a suavizar a amplitude do relevo, revelando as feições com maior nível de detalhe cartográfico. Neste sentido Florenzano (2008, p.77) chama a atenção que a “krigagem apresenta vantagens para derivações do MDE, em detrimento da amplitude do relevo, ligeiramente reduzida”.

Nesta versão reamostrada, foram gerados outros produtos, como declividade, altimetria e aspecto, tendo por classificação o método Quantili, o qual realça o contraste entre as classes que são divididas levando em conta somente os valores atribuídos à área amostrada. Desta forma, os mapas elaborados nestes produtos forneceram um grau de detalhamento muito mais apropriado para a finalidade do estudo proposto. Também foram geradas curvas de nível de 30, 50 e 80 m, para avaliar a topografia e rupturas de declive, bem como, a amplitude altimétrica e morfologia das encostas. Outro produto utilizado nesta análise foi o MDT tratado a partir do software *Global Mapper 8.0*, cuja imagem fornece uma visão bastante real das principais feições do relevo.

Os demais processamentos e técnicas de vetorização dos polígonos e linhas foram realizados por meio de base de dados pré-existentes, tais como, RADAM - Brasil (1983), Sistema de Informação Geográfica - SIG – BA (2002) e banco de dados do Grupo de



Pesquisa/CNPQ Natureza, Sociedade e Ordenamento Territorial – UEFS. As etapas de elaboração do mapa geomorfológico podem ser visualizadas na Fig. 02.



**Figura 02 – Fluxograma metodológico**

### 3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

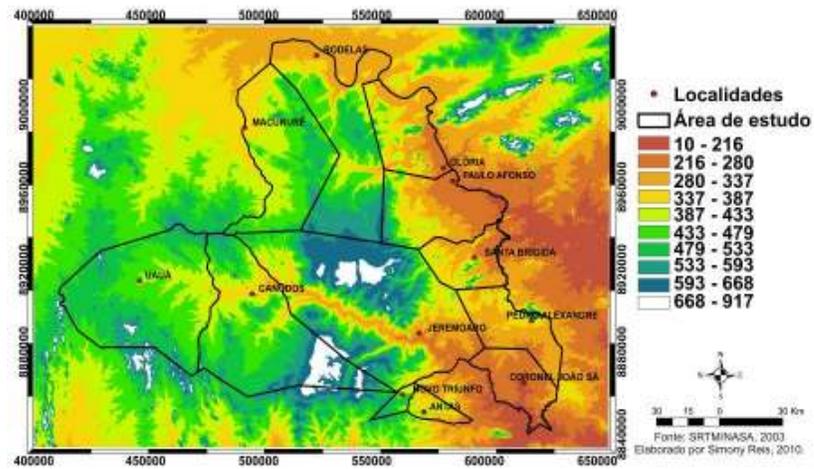
Considerando os mapeamentos e trabalhos realizados anteriormente, bem como os levantamentos de dados em campo, foi possível mapear e analisar a morfologia das formas de relevo desenvolvidas na região e interpretar a natureza das paisagens. No tocante à sua caracterização foram descritos os principais aspectos de sua composição, que apontou predomínio de rocha sedimentar na porção central da área (Raso da Catarina) e metamórficas na periferia, com morfologia regional constituída em sua maioria por Pedimentos Funcionais Retocados por Drenagem Incipiente e formas de dissecação e aplanamentos embutidos. Nessas condições desenvolveram-se predominantemente neossolos quartizarênicos, caracterizados por pouca, ou nenhuma presença de matéria orgânica. A vegetação dominante é formada por caatinga arbórea arbustiva, principalmente no Raso da Catarina. Também pode ser encontrada caatinga parque e pequenas áreas de cerrado e de floresta estacional.

A base produtiva da economia das populações que ocupam a região é a agropecuária, que só não é exercida com maior expressão devido às condições de insuficiência hídrica e relevo que dificultam a ocupação, tais como a existência encostas íngremes seguidas por topos elevados de difícil acesso. Outro fator que restringe o uso das terras é a unidade de conservação Raso da Catarina e a expressiva dominância dos neossolos quartizarênicos, muito



friáveis e vulneráveis aos agentes erosivos. Sua elevada permeabilidade dificulta a retenção de água e favorece aos processos de carreamento.

O mapa geomorfológico foi elaborado por meio do MDT, cujo dado original, com resolução de 90 m/pixel e sem a máscara de recorte, apresentou altitudes que variaram entre 10 e 917 m (Fig. 03).



**Figura 03 – Modelo Digital do Terreno – 90 m/pixel.**

Este resultado foi relevante, posto que proporcionou o primeiro reconhecimento geral das variações altimétricas do relevo, revelando suas principais feições e compartimentos, porém para a finalidade da pesquisa, a resolução espacial deste produto não foi satisfatória. Foi preciso reamostrar o MDT para aperfeiçoar sua resolução espacial e também fazer a máscara com o recorte da área de estudo. No MDT reamostrado (Fig. 04) foram geradas 20 classes de altitude para melhor observação dos parâmetros morfológicos do relevo. Este apontou variação altimétrica entre 135 e 917 m.

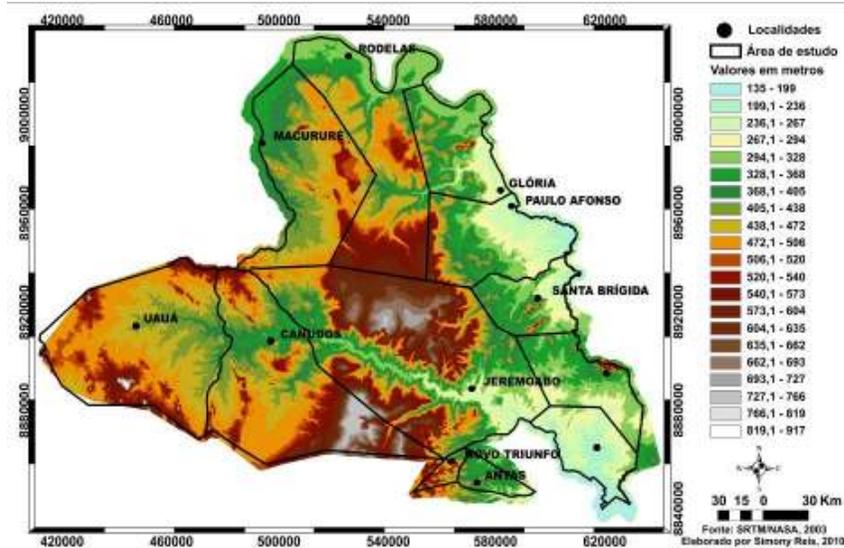
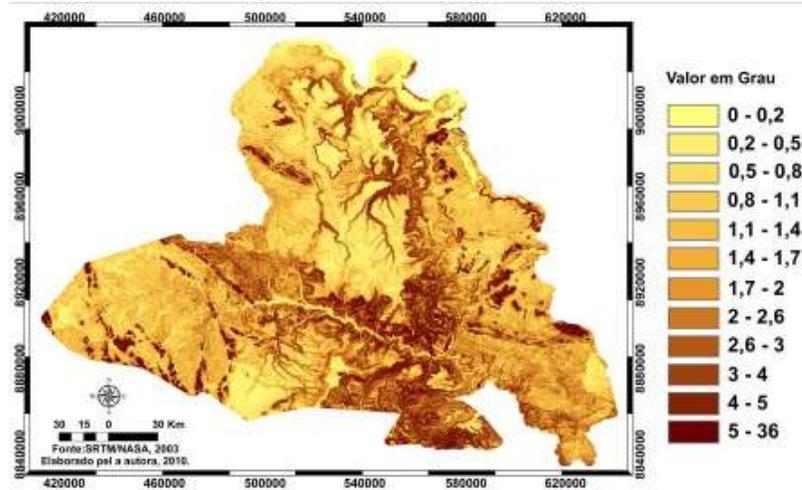


Figura 04 – Modelo Digital do Terreno – 30 m/pixel.

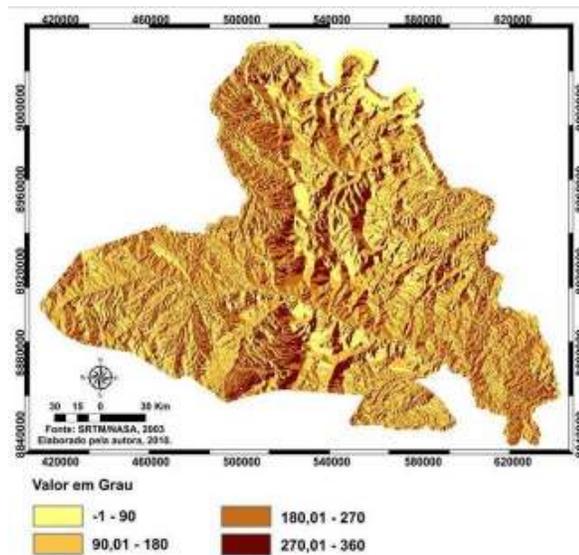
O produto alcançado a partir deste tratamento proporcionou maior detalhamento dos compartimentos do relevo, possibilitando a visualização das menores formas do relevo, como sistemas hidrográficos e ravinas. Este avanço no mapeamento foi imprescindível para tornar o mapa geomorfológico capaz de revelar áreas mais susceptíveis à degradação ambiental. As unidades mapeadas proporcionarão uma análise da paisagem significativamente mais coerente com as realidades descritas nos levantamentos de campo.

Neste recorte foram gerados mapas temáticos de declividade, topografia e aspecto, os quais subsidiaram a vetorização das unidades geomorfológicas. O mapa de declividade indicou áreas de instabilidade natural, posto que as vertentes mais íngremes possuem maior vulnerabilidade à ação erosiva e perda da cobertura superficial do solo devido, sobretudo, à ação pluvial e eólica. A região apresentou declividades entre 0° e 36°, com vertentes abruptas em setores restritos (Fig. 05).



**Figura 05 – Declividade**

Os solos bastante friáveis e pouco protegidos pela vegetação tornam-se ainda mais instáveis e facilitam a instalação de processos geomórficos do tipo laminar, em sulcos, ravinas e voçorocas. Os conjuntos topográficos e rupturas de declive foram observados nos mapas topográficos, com curvas de nível equidistantes de 30, 50 e 80 m. As amplitudes altimétricas, bem como a forma das vertentes, foram passíveis de identificação. O mapa de aspecto (Fig. 06) permitiu a identificação da orientação das vertentes e direção do escoamento superficial, importante no que se refere aos processos erosivos decorrentes da ação pluvial.



**Figura 06 – Aspecto - Orientação das vertentes**

Estes mapas somados aos demais dados possibilitaram a geração de um quadro diagnóstico da área em estudo e permitiu discutir a degradação ambiental existente na mesma.



Em campo foram observadas e descritas diferentes variáveis da paisagem e feitos registros fotográficos; a Tab. 02 resume os pontos mais críticos observados nos levantamentos realizados. Desta forma, e em conjunto com as demais características do ambiente, os mesmos foram categorizados como ambientalmente transformados e degradados.

**Tabela 02 – Planilha resumo dos pontos mais críticos levantados em campo.**

Pts*	Coordenadas		Altitude (m)	Solo	Pecuária, agricultura e uso dos solos	Vegetação	Geomorfologia
12	518970	9021449	323	Argilo arenoso	Pecuária extensiva/sem queimadas/bovinos e caprinos	Caatinga arbustiva/aberta/sem primitividade	Depressão/pedimento
13	496137	8997661	363	Areia cascalhenta		Caatinga arbustiva arbórea/fechada	
14	504591	8982076	397	Areia cascalhenta com pedregulhos		Caatinga arbustiva arbórea/aberta/sem primitividade	Borda de tabuleiro
15	521634	8974806	498	Areno argiloso			Depressão/pedimento
16	510155	8952574	445		Pecuária/sem queimadas		Pediplano
19	576139	8972150	277	Areia cascalhenta			
20	544346	9005602	400				
21	537382	9002895	357	Arenoso	Sem uso		
22	530199	9018063	353				
23	532570	9017534	320				

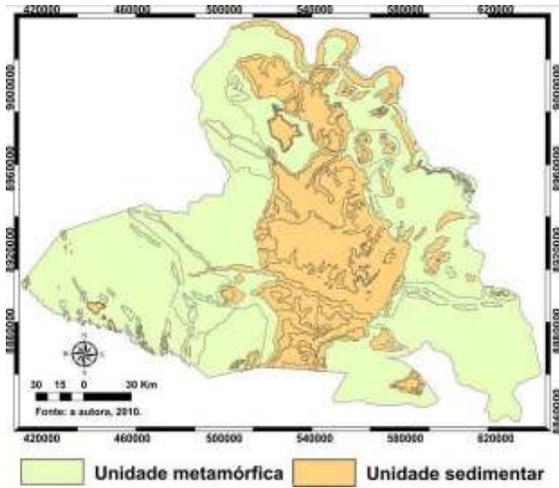
\*Pontos levantados em campo

\*\*Nomeação dos pontos

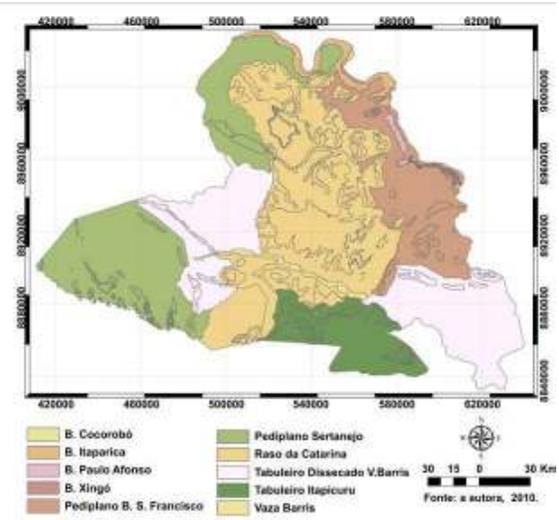
A partir do reconhecimento geral da área e das bases metodológicas apresentadas por Ross (1992), Florenzano (2008) e Valeriano (2004) foi realizado o mapeamento geomorfológico. Foram necessárias adaptações devido à natureza morfoclimática do ambiente trabalhado e à capacidade escalar do resultado pretendido, 1:250.000, bem como à meta pretendida de subsidiar as políticas públicas relacionadas à degradação ambiental no estado da Bahia. As unidades geomorfológicas foram vetorizadas e se chegou à três classes de relevo: Morfoestrutural, Morfoescultural, Morfológica.

A unidade Morfoestrutural compreende macroestruturas de gênese geológica (Fig.07), que correspondem às maiores extensões espaciais de relevo; compõe duas subunidades: sedimentar – localizada, sobretudo, no Raso da Catarina (7.690 km<sup>2</sup>); e metamórfica no restante da área (15.797 km<sup>2</sup>). O substrato metamórfico ocorre nos pediplanos Sertanejo e do Baixo São Francisco e no Tabuleiro Dissecado do Vaza Barris e do Itapicuru (Fig.08). Os lagos de Paulo Afonso, Itaparica, Xingó e o Açude de Cocorobó também foram mapeados. Ressalta-se que a figura 08 representa as unidades geomorfológicas mapeadas pelo projeto

RADAM (1983), as quais serviram de base, juntamente com a metodologia de Ross e as adaptações utilizadas pela pesquisa, para o detalhamento das demais unidades.

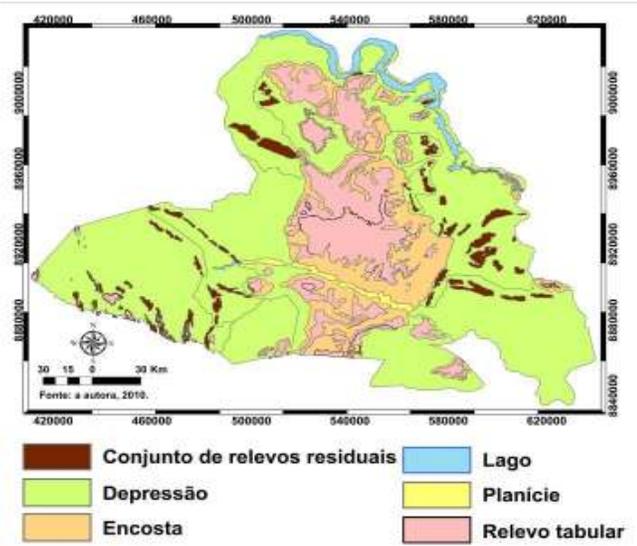


**Figura 07 – Unidade Morfoestrutural**



**Figura 08 – Mapa geomorfológico – RADAMBRASIL - 1983**

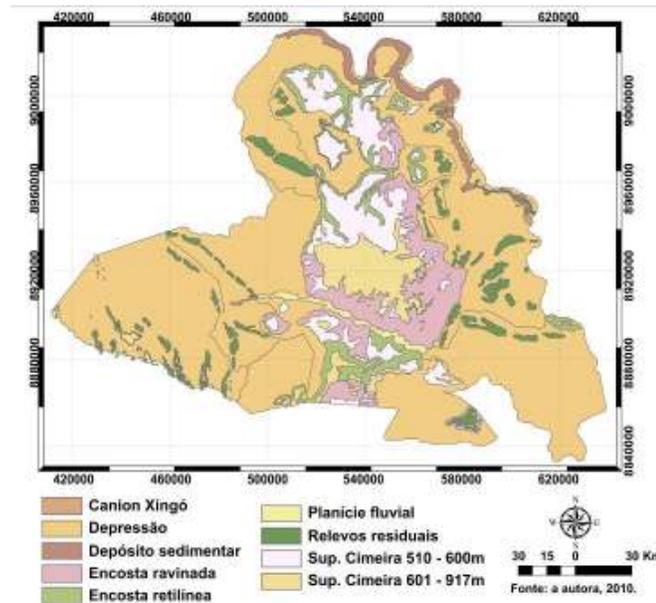
As feições morfoesculturais, em nível escalar de maior detalhamento, apresentam compartimentos e subcompartimentos do relevo desenvolvidos em uma determinada morfoestrutura e localizados em diferentes níveis topográficos (Fig.09). Este mapa aponta que grande parte da área é composta por depressões residuais, que se estendem no entorno dos relevos tabulares do Raso da Catarina. As planícies são bastante restritas e estão localizadas ao longo do rio Vaza Barris.



**Figura 09 – Unidade Morfoescultural**



As encostas (Fig.09) foram mapeadas e incluídas nas unidades morfoesculturais devido à sua importância em relação à processos que indicam degradação ambiental, como por exemplo, a erosão acelerada. As mesmas foram classificadas em retilíneas ou ravinadas. Os topos tabulares foram separados, de acordo a altimetria, em duas superfícies de Cimeira (510 – 660m e 601 – 917m; Fig.10).



**Figura 10 – Unidade Morfológica**

A identificação das áreas degradadas foi feita com base, sobretudo nas unidades geomorfológicas mapeadas e, preliminarmente, o estudo demonstrou que as áreas deprimidas periféricas ao Raso da Catarina, pediplanos Sertanejo e do Baixo São Francisco, são aquelas onde predominam alterações mais significativas na dinâmica do sistema natural. Os pontos levantados em campo e classificados como áreas com forte degradação ambiental, correspondem à estas unidades e também às encostas dissecadas com declividades entre 5° e 36°.

Estas unidades possuem maior degradação ambiental também pelo uso e ocupação dos solos realizados localmente por produtores de subsistência. O manejo das terras agricultáveis ocorre sem técnicas adequadas à fragilidade deste sistema morfoclimático e a pecuária, predominantemente extensiva, provoca forte pisoteio e destruição das margens dos riachos e nascentes. Este tipo de trato com ambientes potencialmente vulneráveis, altera o sistema natural, compacta o solo e expõe os mesmos à radiação solar e aos processos geomórficos.



## 4 CONCLUSÃO

Os resultados preliminares demonstram que:

1. A região detém diversidade em feições geomorfológicas associadas ao complexo sistema morfoclimático e social.
2. O uso e a ocupação destes espaços semi-áridos são ainda bastante precários, o que aponta para a degradação destas terras em níveis preocupantes.
3. Os indicadores de degradação ambiental identificados demonstram que as áreas menos comprometidas encontram-se nos relevos tabulares, sobretudo na unidade de conservação do Raso da Catarina, onde a ocupação é controlada e, portanto, os solos menos explorados, auxiliando na preservação da caatinga e da diversidade biológica local.
4. Nas áreas de entorno, onde há maior ocupação e manejos inadequados dos usos tradicionais, ocorre degradação por vezes profunda do sistema ambiental.

## 5 AGRADECIMENTOS

Deixo expressos meus sinceros agradecimentos às seguintes instituições e pessoas, sem as quais o presente trabalho teria sido impossível:

- a FAPESB pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho;
- a Universidade Estadual de Feira de Santana, pelo apoio técnico e administrativo;
- ao Instituto de Gestão das Águas e do Clima, pelo apoio técnico e financiamento da pesquisa;
- aos colegas, que sempre se colocaram a disposição em ajudar no que fosse necessário; e
- às professoras Raquel Vale e Jucimara Lobão, pelas valiosas discussões e sugestões no decorrer do trabalho.



## 6 REFERÊNCIAS

- AOUAD, Marilene dos Santos. **Desertificação**. Salvador, CAR - Projeto Áridas Bahia. 1995.
- BAHIA. **Sistemas de Informações Geográficas**. 2002.
- BRASIL. Departamento de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. 1983. Levantamento de Recursos Naturais. Folha Aracaju/Recife (SC. 24/25). Rio de Janeiro.
- FELGUEIRAS, Carlos Alberto, *et al* **Análises sobre modelos digitais de terreno em ambiente de sistemas de informações geográficas**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1999, 12p. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab\\_cientific/selper8f.pdf](http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab_cientific/selper8f.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2009.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti.(org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 318p.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 12/01/2010.
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches. 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.
- SRTM. **Shuttle Radar Topography Mission**. 2003. Disponível em: <http://seamless.usgs.gov>. Acesso em: 13 jan. 2010.
- VALERIANO, Márcio de Morisson. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004.