

ESTUDO MORFODINÂMICO EM ÁREA DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO: UM MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO EM MICRO-ESCALA

Talitha Lucena de VASCONCELOS¹

Sara Fernandes de SOUZA¹

Cristiana Coutinho DUARTE¹

Paulo Fernando MELIANI²

Maria do Socorro Bezerra de ARAÚJO³

Antonio Carlos de Barros CORRÊA³

RESUMO

O semi-árido do Nordeste do Brasil é uma área peculiar onde as altas temperaturas, os solos rasos, a vegetação hiperxerófila e a chuva mal distribuída são características marcantes. Os estudos geomorfológicos em micro-escala procuram analisar estas e outras características a partir do caráter sistêmico o que leva a um estudo de detalhe onde os processos atuantes se sobressaem no contexto. Tal estudo procurou avaliar uma área selecionada do semi-árido do Nordeste do Brasil a partir desta perspectiva e, elaborar um mapa geomorfológico de detalhe e um mapa de risco da seção onde estão sintetizados os processos superficiais predominantes na área de estudo. O recorte escolhido tem uma área de 1 hectare e está situado no município de Tacaratu-PE. Esta área foi subdividida em 100 células de 100m² com o auxílio de GPS 3D, trena e clinômetro digital, sendo os dados plotados em papel milimetrado para posterior confecção do mapa geomorfológico de detalhe. A análise do grau de estabilidade processual foi realizada em cada célula e observou quatro parâmetros estruturadores da paisagem. Para cada parâmetro analisado determinou-se macroscopicamente seu grau de equilíbrio morfodinâmico, mediante a utilização de uma escala numérica variando 0 (estabilidade máxima) a 3 (máxima instabilidade). Depois de pontuadas as células, os dados foram inseridos em planilha do Excel e posteriormente importados para o software SUFER 8 para a confecção de um mapa de isovalores. O hectare estudado se encontra em uma baixa encosta de uma colina de natureza cristalina. De acordo com o mapa de detalhe dois tipos de unidades distintas foram encontradas na área de acordo com as características geomorfológicas. Em uma unidade há a exposição da alteração do embasamento cristalino, a alterita granítica e, em outra ocorre um recobrimento coluvionar associado à erosão laminar que expõe a alteração do granito. A erosão linear e laminar ocorre nesta encosta ocasionando o aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas. O mapa de risco síntese demonstrou que a parte central e sul da área apresentam grau 3 na escala de equilíbrio morfodinâmico, indicando que este setor está mais sujeito à ação dos processos superficiais intensificados. O estudo em micro escala foi eficiente no que se refere ao detalhamento dos processos ocorrentes na área

¹ Estudante de Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.
E-mail: talithalucena@gmail.com.

² Estudante de Doutorado em Geografia da UFPE.

³ Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

estudada. Os mapas elaborados representaram nitidamente os tipos e graus de impacto dos processos vigentes sobre a parcela. Estudos mais aprofundados das áreas circunvizinhas poderão dar subsídios aos planos de recuperação de partes degradadas, como também favorecer o seu uso sustentável.

Palavras-chave: morfodinâmica, mapeamento geomorfológico de detalhe, Nordeste semi-árido.

ABSTRACT

The semi-arid Northeastern Brazil is a peculiar region where high temperatures, thin soils, xerophytic vegetation and unevenly distributed rainfall are the most remarkable natural characteristics. Micro scale geomorphological studies applied to this area seek to analyze such characteristics based on a systemic approach, focused on surface functional processes. Thus, this research aimed at evaluating a study plot within the semi-arid Northeast of Brazil by means of the systemic approach, as well as elaborating a detailed geomorphological map and an environmental risk map, which synthesizes the prevailing superficial processes occurring in the study area. The chosen study plot has an area of 1 ha and is situated in the Municipality of Tacaratu, State of Pernambuco, Northeastern Brazil. The area was subdivided in 100 individual cells of 100m² each, with the help of 3D GPS receiver, digital clinometers and measure tape. Data was plotted on grid paper for the drawing of the detailed geomorphological map. The analysis of the process stability level was carried out for each 100 m² cell, where four distinct landscape parameters were observed. For each parameter, its level of morphodynamic equilibrium was macroscopically determined, by means of application of a numeric scale ranging from 0 (maximum geomorphic stability) to 3 (maximum instability). After grading the cells, numeric data were transferred to an Excel spread sheet and later exported to Surfer 8 software in order to construct an isoline contour map. The studied area is located on a lower hillslope section of crystalline rock hill. According to the detailed geomorphological map two distinct units were found in the area. In one of such units the outcropping of the weathered crystalline basement rock was observed, whereas in the other unit there is a colluvium mantle associated with the prevailing sheet-flow erosion of the weathered underlying granite. Linear and sheet-flow erosion occurs in this sector of the hillslope favoring the appearance of rills and gullies. The synthesis risk map has showed that the southern and central sections of the study plot reach up to level 3 on the morphodynamic equilibrium scale, which indicates that this sector is prone to the action of intensified superficial processes. This micro scale analysis has satisfactorily high-lighted the surface processes occurring in the study area. The maps have clearly shown the types and levels of impact of functional processes operating within the study plot. Further studies of neighboring areas may subsidize reclamation strategies for the area as well as favor its sustainable use.

Key words: morphodynamics, detailed geomorphological mapping, semi-arid Northeastern Brazil.

1. INTRODUÇÃO

A paisagem semi-árida brasileira tem sido observada, nas abordagens geomorfológicas regionais, sob um ponto de vista fisiográfico e estático, ou seja, a compartimentação em bases físico-naturais (CORRÊA, 2006). A partir de então, estudos que privilegiem o aspecto processual, como sugerido por Cardoso da Silva (1986), têm

sido retomados e, em meados do século XX geógrafos físicos europeus, principalmente o geomorfólogo Jean Tricart, contribuíram substancialmente para os estudos de dinâmica dos sistemas físicos da superfície terrestre.

O conceito de “morfodinâmica” introduzido por Jean Tricart (1977) constitui o conjunto de processos interconectados responsáveis pela gênese do modelado. Para Corrêa (2006) estes processos comandam a divisão da paisagem em unidades homogêneas obedecendo uma perspectiva sistêmica.

O termo “sensitividade” da paisagem proposto por Brunsden (1996, 2001) forneceu subsídios para a compreensão da estabilidade da paisagem. Portanto se há alteração nos comandos de um sistema ou forças exercidas nele, esta acarretará respostas sensíveis, distinguíveis, auto-sustentáveis, mas complexas (CORRÊA, 2005).

Então para se determinar o grau de resiliência da estrutura superficial da paisagem, tendo em vista a entrada e saída de energia processual, é necessário o conhecimento das propriedades físicas dos elementos que constituem o capeamento mais externo das unidades de relevo (CORRÊA, 2006), como também dos aspectos climáticos, hidrológicos e atividades humanas.

Baseado nesses parâmetros este trabalho procurou avaliar uma área selecionada do semi-árido no Nordeste do Brasil a partir de uma perspectiva em micro-escala. Esta abordagem proporciona uma caracterização mais detalhada, portanto sistêmica dos processos ocorrentes bem como a correlação deles entre si levando a uma compreensão do grau de estabilidade da paisagem. Além disso, os fenômenos que em menor escala não eram observados poderão ser detectados e um diagnóstico mais preciso poderá auxiliar na ação efetiva sobre a área.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Clima

As classificações convencionais consideram o clima do município como semi-árido quente (Figura 1), com os maiores índices de precipitação entorno de 70 mm e 100 mm nos meses de fevereiro a julho e temperaturas anuais em torno de 24° C. Entretanto a sede do município de Tacaratu ocorre como um brejo de exposição devido à sua posição na encosta face aos ventos que vêm canalizados pelo rio São Francisco. Essa canalização da umidade, chamada “drenagem do ar frio” que vem pela calha do rio, possibilita, mesmo que numa altitude modesta exista nesse município condições mesológicas mais próximas a de um brejo que propriamente do semi-árido. O sítio urbano encontra-se estruturado sobre um

capeamento remanescente da Fm. Tacaratu (Siluro-devoniano), o que também favorece a formação de nascentes e olhos d'água nas encostas, incrementando as condições mesológicas de umidade.

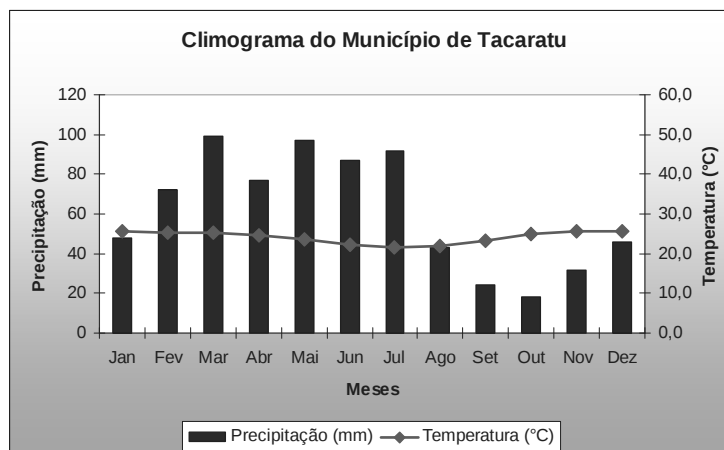


Figura 1: Climograma baseado nas normais de precipitação e temperatura do município de Tacaratu - PE. Fonte: LAMEPE (Laboratório de Meteorologia de Pernambuco).

2.2. Relevo

O município de Tacaratu apresenta uma compartimentação geomorfológica representada pela Depressão Sertaneja (Pediaplano do Baixo São Francisco), com suas superfícies de pediplanação e inselbergues, e pela bacia do Jatobá. Nas áreas pediplanadas dominam extensas superfícies um pouco inclinadas no sentido norte – sul, com relevo, em sua maior parte, suave ondulado e algumas partes planas, podendo ocorrer formas mais conservadas que respondem pelos trechos com relevo ondulado. Destaca-se, ainda, nessas áreas pediplanadas, a presença de trechos com inselbergues, perfis íngremes e rochosos, testemunhos de níveis originários mais resistentes, que permanecem na área isoladamente ou compondo grupos elevados, conseqüentes de erosão circundante ou da própria tectônica.

As altitudes destas áreas, de relevo ondulado e forte ondulado, variam de 360 a 710 metros (Figura 2A). Dentro dessa unidade de paisagem destacam-se cinco unidades geoambientais: Pediplanos Arenosos, Pediplanos Areno-argilosos, Pediplanos Argilosos e Serras e Serrotes.

A bacia do Jatobá, no município, divide-se em duas unidades geoambientais: Pediplanos Argilosos e Serras e Serrotes. A área de estudo encontra-se na unidade geoambiental dos Pediplanos Argilosos (Figura 2B), onde ocorrem áreas de rochas

gnáissicas e xistosas apresentando relevo suave ondulado, com capeamento residual do arenito da Fm. Tacaratu.

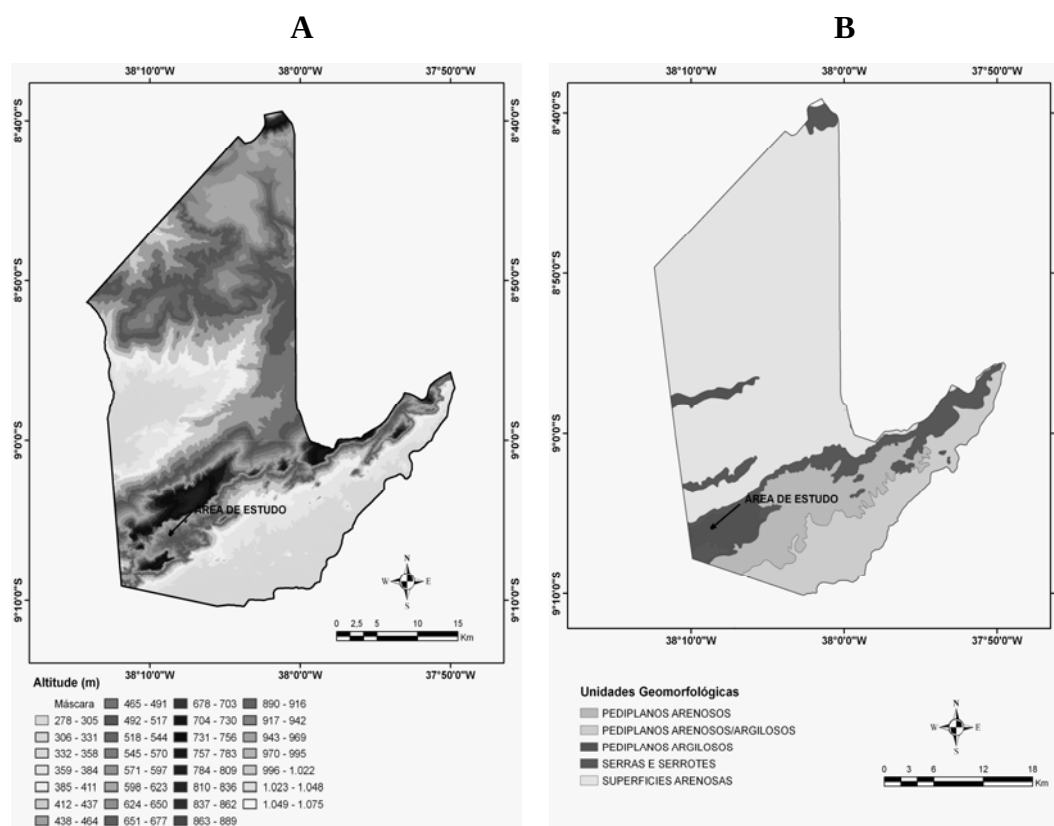


Figura 2: A - Mapa Hipsométrico do município de Tacaratu, Fonte: Imagens SRTM (EMBRAPA); B - Mapa de Unidades Geomorfológicas do município de Tacaratu – PE. Fonte: ZAPE (Zoneamento Agroecológico Pernambuco – EMBRAPA).

2.3. Solos

A área de estudo encontra-se sobre um Argissolo Vermelho Amarelo. Os Argissolos caracterizam-se por serem solos minerais não hidromórficos, com acúmulo de argila, predominantemente, de atividade baixa, em subsuperfície no horizonte B textural. São desenvolvidos a partir dos mais diversos materiais de origem e abrangem características físicas, morfológicas e químicas muito distintas. Variam desde solos rasos a muito profundos. Apresentam alta suscetibilidade à erosão e em algumas partes pedregosidade na superfície.

2.4. Geologia

A área de mapeamento de detalhe está sobre Rochas Metaplutônicas de idade mesoproterozóica, que correspondem ao plutonismo sintectônico do evento Cariris Velhos. Caracteriza-se por possuir Biotita augengnaisses e ortognaisses (por vezes com anfibólio) grosseiros, de composição granítica a tonalítica e quartzo monzonítica a monzodiorítica, contendo enclaves máficos anfibolitizados e porções migmatíticas.

A Formação Tacaratu (SDt) (Figura 3) pertencente ao Grupo Jatobá e definida por Barbosa (1964), possui idade siluro-devoniana e apresenta um relevo bastante escarpado, com encostas abruptas, em função da sua composição psamito-psefítica, com forte diagênese e, localmente, extremamente silicificada, principalmente em zonas de falha.

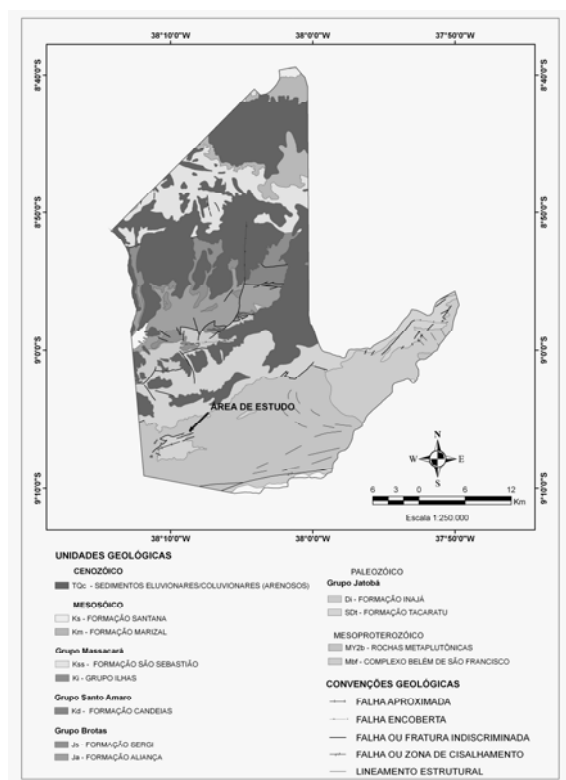


Figura 3: Mapa geológico do Município de Tacaratu - PE. Fonte: CPRM.

Litologicamente, a Fm. Tacaratu está caracterizada por uma seqüência predominantemente arenosa, onde se destacam arenitos grosseiros, arenitos conglomeráticos e níveis de conglomerados, com intercalações pelíticas, muitas vezes caulínicas. Os arenitos geralmente possuem cor variando de esbranquiçado a róseo avermelhado, granulometria grosseira a média, localmente fina, e são constituídos essencialmente por grãos de quartzo, angulosos a subarredondados.

Os níveis conglomeráticos e os pavimentos de seixos, tão comuns nessa Formação, são formados por seixos imaturos, sustentados pela matriz arenosa a areno-argilosa. Localmente, ocorrem porções de arenitos finos bem arredondados, bem selecionados, de diagênese média.

Na maioria das vezes, as relações de contato da Formação Tacaratu são marcadas por falhas extensionais ou discordâncias angulares e erosionais, tanto com o embasamento cristalino subjacente, quanto com a Formação Inajá sobreposta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Tacaratu localiza-se na microrregião de Itaparica (coordenadas 9° 6' 20" latitude sul e 38° 09' 00" longitude oeste), Sertão do Estado de Pernambuco. A área selecionada para este estudo está situada em Tacaratu sob as coordenadas UTM 594012 / 594112E 89944330 / 89944430S (Figura 4).

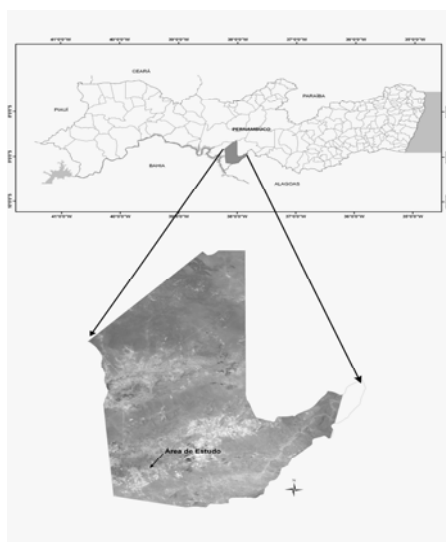


Figura 4: Mapa de localização do Município de Tacaratu - PE.

Nesta área foi realizado o mapeamento em micro-escala segundo os fundamentos da Ecodinâmica elaborados por Tricart (1977). Para a realização deste procedimento foram analisados os sistemas funcionais ocorrentes na área selecionada a fim de se detectar os processos recorrentes neste ambiente.

A delimitação da área foi feita com o uso de GPS 3-D de mapeamento de alta resolução, trena e clinômetro digital, onde coordenadas e elevação dos pontos foram tomados. A área de 1 hectare foi subdividida em 100 células de 100m² cada. Em campo os

dados eram descritos em um papel milimetrado para posterior digitalização a partir do software Corel Draw 13 e geração do mapa morfodinâmico.

Para se fazer uma análise do grau de estabilidade processual quatro parâmetros superficiais diferentes de avaliação propostos por Tricart (1977) foram observados na área: 1º processos superficiais dominantes (erosão linear, fluxo laminar, deposição de leques de detritos e colúvios), 2º estrutura superficial (classificação macroscópica dos perfis de solo e identificação dos modelados superficiais – encostas coluviais), 3º cobertura vegetal, 4º padrões de uso do solo.

A avaliação das células a partir desses parâmetros foi feita com base na atribuição de valores que variam de 0 (impacto mínimo) a 3 (impacto máximo). Cada uma delas recebeu valores de acordo com o seu grau de equilíbrio morfodinâmico, desta maneira o grau de estabilidade pôde ser determinado.

Depois de determinados os valores para cada célula, estes foram repassados a uma tabela Excel onde também se inseriu as coordenadas UTM e os valores de 0 a 3 para cada parâmetro analisado, ou seja, dados x, y, z. Por fim estes dados foram importados para o software SUFER 8 visando a confecção de um mapa de isovalores para cada nível categórico. Por fim, os quatro níveis categóricos foram sobrepostos para gerar um mapa de isovalores de vulnerabilidade morfodinâmica para a área escolhida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O hectare da propriedade estudada em Tacaratu-PE, representado no mapa morfodinâmico (Figura 5), situa-se na baixa encosta de uma colina de litologia cristalina a uma altitude que varia entre 519 e 539 m, proporcionando um relevo de ondulado a suave ondulado. A contagem de pontos de altitude, por meio de GPS, indicou uma leve inclinação da encosta no sentido NE-SO, confirmada pela ocorrência de canais de drenagem efêmeros que cortam a encosta no mesmo sentido de sua inclinação.

Na paisagem foi possível identificar dois tipos de unidades distintas (Figura 6) de acordo com as características geomorfológicas. Em uma ocorre a exposição da alteração do embasamento cristalino, a alterita granítica e, em outra ocorre um recobrimento coluvionar associado à erosão laminar que expõe a alteração do granito. Localmente, a alterita subdivide-se em isoalterita e aloalterita onde a primeira tem características morfológicas herdadas da rocha e características químicas e mineralógicas parcialmente oriundas de controle de alteração; e a segunda tem características morfológicas derivadas da pedoturbação. O termo colúvio se refere a qualquer depósito originado pelos fluxos

superficiais que transportam sedimentos acumulando-os ao longo de uma encosta (CORRÊA e MENDES, 2002).

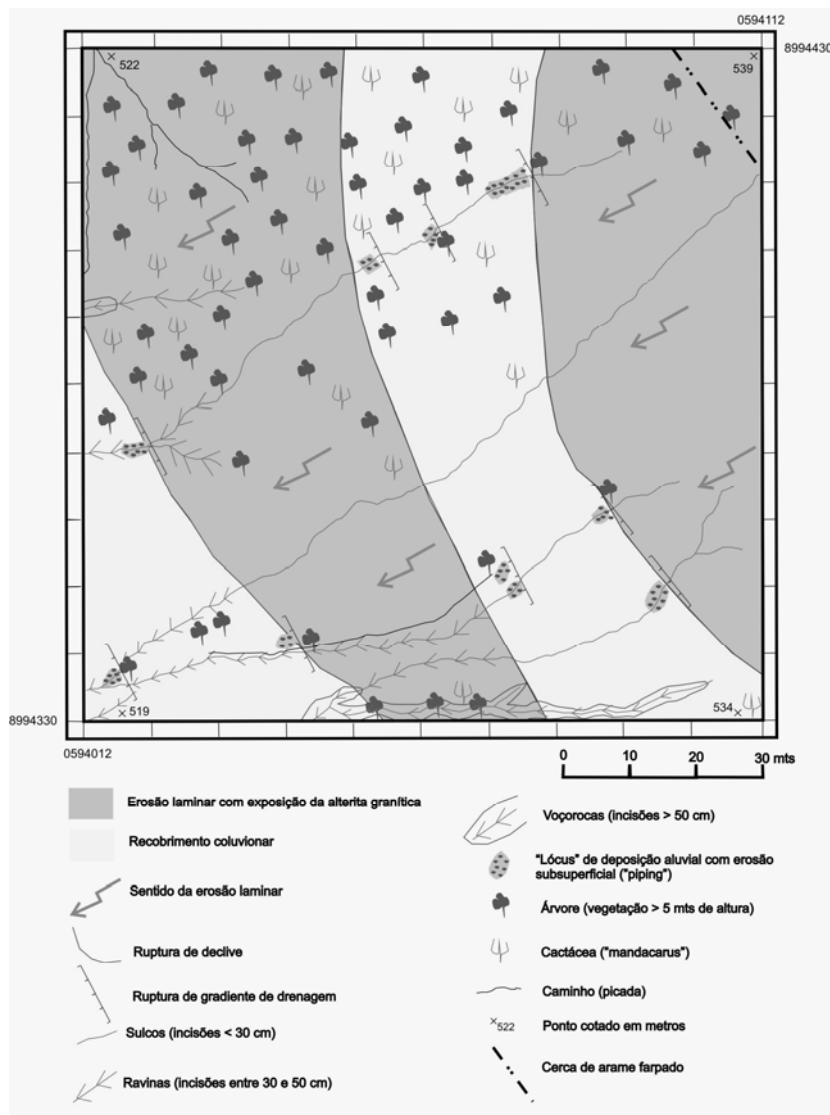


Figura 5: Mapa morfodinâmico da área de estudo no município de Tacaratu – PE.



Figura 6: Perfil topográfico de uma secção de encosta onde se visualiza a alterita na base, o colúvio depositado acima e entre eles uma linha de rochas (*stone line*).

As unidades se sucedem por meio de leves rupturas da encosta “knick points”, ora rupturas côncavas que estabelecem áreas de estocagem para os colúvios, ora convexas quando a erosão laminar se estabelece mais fortemente expondo o embasamento.

As características do clima atual da região (semi-árido quente com chuvas concentradas em curtos períodos) estabelecem a dinâmica dos processos de erosão laminar, bem como de erosão concentrada em canais de drenagem efêmeros, notadamente sulcos, ravinas e voçorocas (Figura 7) que cortam o sítio no sentido NE-SO. Estes canais diferenciam-se pela sua profundidade e pelos processos superficiais (sulcos e ravinas) e subsuperficiais (voçorocas).

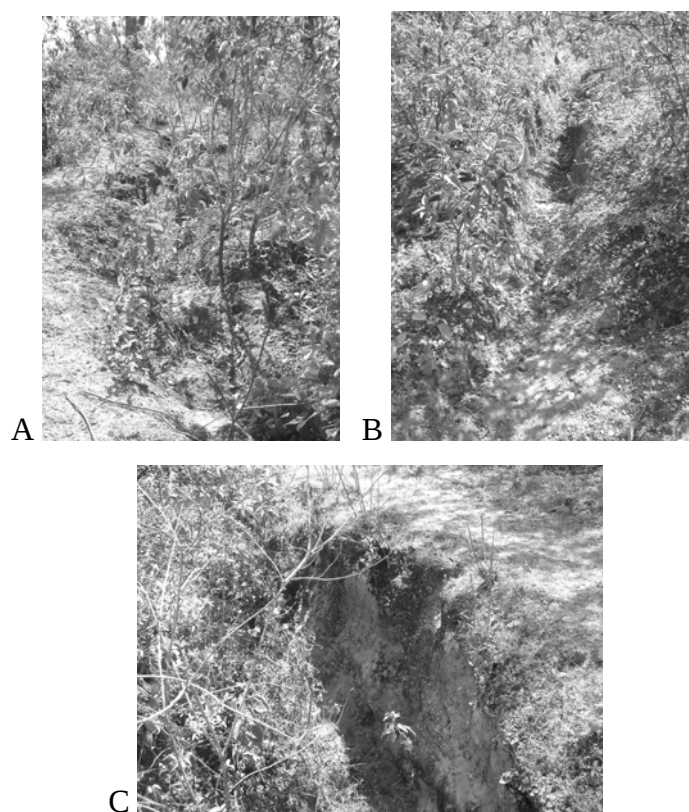


Figura 7: Formas de erosão em canais observadas na encosta. A. Sulco; B. Ravina; C. Voçoroca.

Quando ocorre ruptura côncava de declive na encosta, o aprofundamento da incisão dos canais drenagem efêmeros diminui e, de modo associado, ocorre uma deposição mais pronunciada de sedimentos, numa espécie de “lôcus” de acumulação de natureza fluvial. Esta deposição também é nítida em algumas partes que possuem grandes árvores, servindo estas como um barramento onde os sedimentos são acumulados.

Por vezes, a drenagem nestes “loci” de sedimentação acontece subsuperficialmente formando pequenos “pipings” (Figura 8), feições típicas do escoamento subsuperficial, principalmente em recobrimentos coesivos com alta presença de silte e argila.



Figura 8: *Pipings* formados a partir da drenagem subsuperficial.

A cobertura vegetal dominante da encosta é composta fundamentalmente por um extrato arbustivo-arbóreo (Figura 9), apresentando-se mais densa na porção norte do hectare estudado. Predominam espécies como o mandacaru e a algaroba.

A inexistência de uma cobertura vegetal mais densa por sobre a encosta parece permitir a ocorrência mais pronunciada dos processos erosivos, inclusive na forma de voçorocas, incisões mais aprofundadas da drenagem. Junto à extremidade sul do hectare estudado há uma voçoroca que compromete a conservação dos solos delgados da colina.



Figura 9: Vegetação arbustiva e arbórea ocorrente na encosta.

A encosta é utilizada apenas como pastagem de bovinos, sendo perceptível na paisagem a inexistência de um extrato herbáceo de cobertura vegetal, provavelmente

utilizada como alimento por esses animais. Além disso, o pisoteio do gado provoca a compactação dos solos, que são delgados, e colabora para o processo erosivo.

Os fatores que influenciam no menor ou maior susceptibilidade à retomada da morfodinâmica, no hectare estudado, foram analisados e estão sintetizados no Mapa de Risco (Figura 10). Ao observar os níveis de cores e compará-los às características do esquema geomorfológico percebe-se a correlação entre a área classificada como nível 1 e a área onde ocorre vegetação de maior porte. Isso ratifica o menor risco neste trecho já que a presença da vegetação arbórea protege o solo da ação intensificada da erosão laminar e/ou linear e dificulta o acesso do gado, reduzindo o risco de pisoteamento e compactação.

Além disso, as áreas que possuem nível 3 localizam-se onde o solo encontra-se mais exposto e com vegetação esparsa ocasionando o maior impacto na superfície, tanto pelo pisoteio do gado como pela ação da água que lava a encosta. Devido à erodibilidade do solo nessa região os processos superficiais atuam mais incisivamente ocasionando o aparecimento de sulcos, ravinas e até voçorocas. A área mais crítica encontra-se a sul da encosta com o aparecimento de uma grande voçoroca que esta evoluindo no sentido leste-oeste. A perda de sedimento das áreas de maior altitude é notável, principalmente quando observados perfis de voçorocas, onde há a visualização das camadas de colúvios como também da própria alterita.

Na área de nível 2 situa-se uma transição entre a vegetação mais densa e a menos densa. Nela ocorrem ravinas que, devido à inclinação da encosta, parecem estar evoluindo rapidamente para voçorocas. Este fato comprova mais uma vez a importância de uma cobertura vegetal mais pronunciada em áreas declivosas que, possibilitaria a menor ocorrência de erosão. O uso da área como pastagem acelera os processos erosivos além de diminuir a vegetação que é utilizada como alimento.

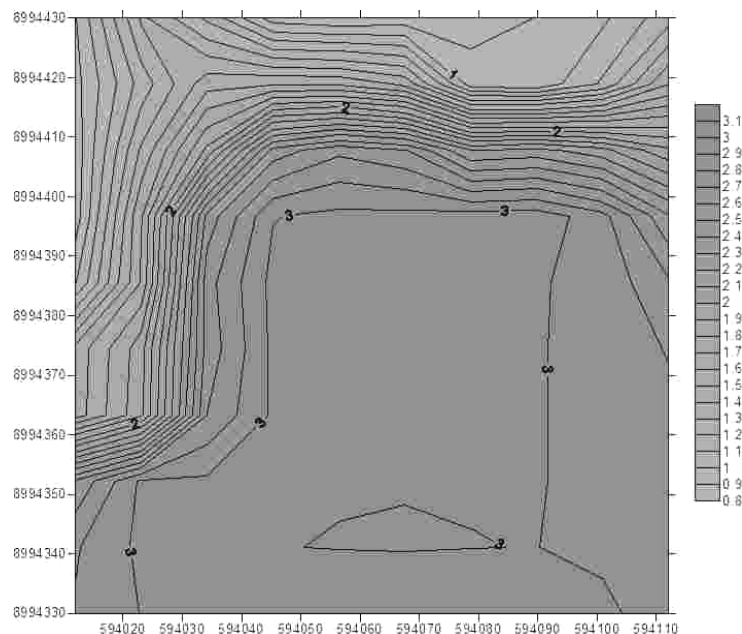


Figura 10: Mapa de Risco síntese da área de estudo no município de Tacaratu - PE.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo em micro escala foi eficiente no que se refere ao detalhamento dos processos ocorrentes na área estudada. O mapa morfodinâmico gerado juntamente com o mapa de risco sintetizou as características morfodinâmicas relacionando forma e processo, além possibilitar a visualização dos pontos que possuem menor ou maior risco em relação ao grau de estabilidade processual. O conjunto de processos encontrado na área demonstra que os fenômenos estão ocorrendo de forma sistêmica, portanto a presença do gado bovino desencadeia a diminuição da vegetação que, expõem o solo que, quando recebe o impacto do gado ou das águas fluviais desencadeiam processos de erosão. Estudos mais aprofundados das áreas circunvizinhas, tais como, plainos aluviais ou cimeiras mais planas, poderão dar subsídios a planos de recuperação de partes degradadas como também possibilitar o seu uso sustentável.

6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, O. 1964. **Geologia de parte da região do médio São Francisco, Nordeste do Brasil**. Petrópolis: PROSPEC, 69p, il.

BRUNSDEN, D. 1996. **Geomorphological events and landform change**. Zeitschrift für Geomorphologie, v. 40, p. 273-288.

_____. 2001. **A critical assement of the sensitivity concept in geomorphology.** Catena, 43, 99-123.

CARDOSO DA SILVA, T. 1986. **Contribuição da Geomorfologia ao estudo dos ambientes da caatinga.** In: Simpósio sobre a Região da Caatinga. Anais de trabalhos completos. Feira de Santana, 50-72.

_____. CORRÊA, A.C.B. 2006. **Morfodinâmica e sensibilidade ambiental semi-áridos brasileiros: um enfoque a partir das relações solo x paisagem.** Belém do São Francisco: Portal do São Francisco (CEVASF), v. 5, p. 51-65.

CORRÊA, A.C.B.; AZAMBUJA, R.N. 2005. **Avaliação qualitativa em micro-escala da estabilidade da paisagem em áreas sujeitas a desertificação no ambiente semi-árido do Nordeste do Brasil.** In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais de trabalhos Completos. São Paulo, 5839-5847.

_____. CORRÊA, A.C.B.; MENDES, I.A. 2002. O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas. **Revista de Geografia.** DCG/UFPE. v. 18, n. 2, p. 70-86.

SANTOS, C.F.; CUPERTINO, J.A.; BRAGA, J.A.E. 1990. Síntese sobre a geologia das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. In: GABAGLIA, G.P.R. (Coord.); MILANI, E.J. (Coord.). **Origem e evolução de bacias sedimentares.** Rio de Janeiro: Petrobrás. p. 235-266.

TRICART, J. 1977. **Ecodinâmica.** IBGE, 97p.