

**CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA REDE DE
DRENAGEM NA INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA
DO COMPLEXO DE TANQUES DO MUNICÍPIO DE BREJO DA MADRE DE
DEUS – PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL¹**

Rhaissa Francisca Tavares de Melo²

Danielle Gomes da Silva³

Antonio Carlos de Barros Corrêa⁴

ABSTRACT

A morphometric analysis of patterns such as drainage density as related to various surface processes, acquires great importance as a tool for analysis of the landscape, particularly for the identification of possible outbreaks of geomorphological susceptibility. So, this work is the analysis of drainage patterns and calculation of morphometric indices of the hydrographic network from the city of Brejo da Madre de Deus and its surroundings. The municipality of Brejo da Madre de Deus is located at the mid-eastern state of Pernambuco, that about 200 km from the city of Recife. The data for carrying out the work were obtained from the Shuttle Radar Topography Mission images (Srtm) available through the site of EMBRAPA, which come from the land surface topography data to each 90x90m and altimetric accuracy of 1m. The result showed that the density of drainage appears to be quite variable in the area, which reflects the degree of surface permeability of the formations that frame the landscape, and the techniques of morphometric analysis of the topography are of great value to the analysis of morphogenesis an area.

Keywords: Morphometric analysis, density drainage, weathering pits, the Borborema Plateau, Northeastern Brazil.

¹ Eixo temático: 4 – Avanços no uso das tecnologias de informação geográficas

² Graduanda do Departamento de Ciências Geográficas, UFPE - rhaissatavares@hotmail.com

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFPE – dannyavlis@yahoo.com.br

⁴ Prof. Dr. Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas, UFPE – dbiase2001@terra.com.br

1 INTRODUÇÃO

Dentre as várias funções da água, pode-se destacar o seu papel como agente modelador do relevo da superfície terrestre, controlando a formação e o comportamento mecânico dos mantos de intemperismo e rocha.

Corrêa (1997) destaca que, para a geomorfologia, a importância dos estudos hidrológicos reside em reconhecer, localizar e quantificar o fluxo de água nas encostas, de onde se podem definir os gradientes topográficos e, portanto, o próprio relevo. Para tanto, precisa-se, primeiramente, definir as bases climáticas e geológicas da área em estudo.

Contudo, para Coelho Neto (2001) a bacia de drenagem revela-se como uma unidade conveniente ao entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos, a partir da definição dos mecanismos erosivo-depositivos preponderantes, da interação de fatores bióticos, abióticos e antrópicos que compõem o respectivo ambiente de drenagem, levando-se em consideração que alterações na composição desses fatores podem induzir modificações significativas na dinâmica espaço-temporal do trabalho geomorfológico.

No campo da análise geomorfológica, a análise de padrões morfométricos, como a densidade de drenagem, tem a virtude de servir como ferramenta auxiliar para a reconstrução da dinâmica dos sistemas de superfície terrestre, na medida em que explicitam como os padrões de dissecação, elaborados pela drenagem, podem ser controlados pela estrutura geológica e pelas relações morfoestratigráficas de uma determinada área.

Sendo assim, este trabalho consiste na análise dos padrões de drenagem e cálculo de índices morfométricos da densidade de drenagem do município de Brejo da Madre de Deus, procurando estabelecer um vínculo formativo entre a concentração de anomalias e regularidades, do referido padrão morfométrico, e a distribuição dos compartimentos de relevo.

2 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na porção centro-leste do estado de Pernambuco, no município de Brejo da Madre de Deus, situada na microrregião do Vale do Ipojuca, distando cerca de 200 Km da cidade do Recife. A área é delimitada pelo paralelo de

08°08'45"S, e o meridiano de 36°22'16"W, perfazendo uma superfície de aproximadamente 782,69 Km², inserido dentro dos domínios da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe (Figura 01).

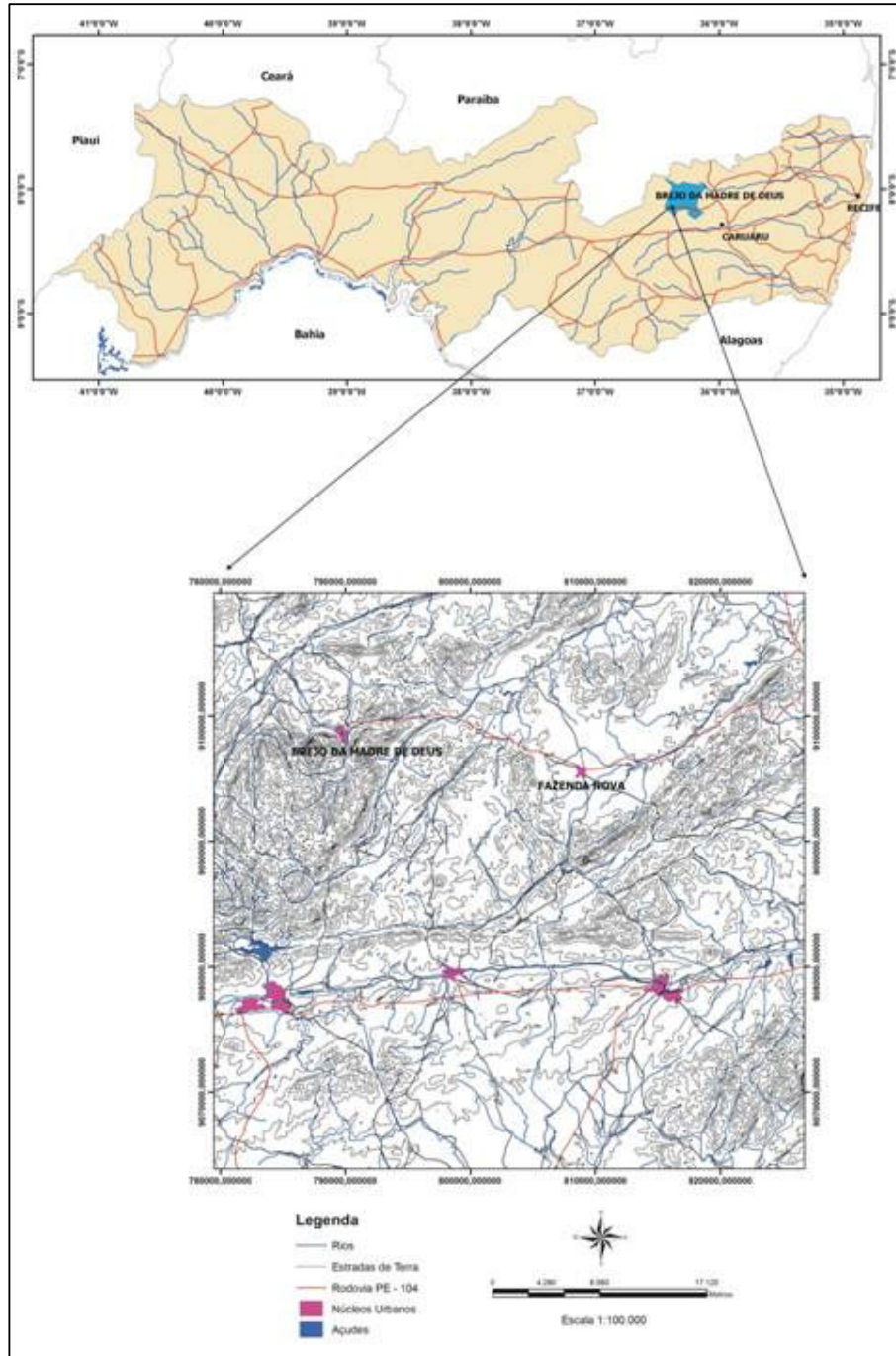


Figura 01 – Localização da área de estudo

Geologicamente, o corpo granítico do Batólito Brejo da Madre de Deus é parte integrante do Batólito Caruaru-Arcoverde, o maior corpo da associação cálcio-alcálica de alto potássio da Província Borborema, ocupando a porção centro-leste do mesmo e situado entre os municípios de Belo Jardim e Brejo da Madre de Deus (Melo, 2002).

A extensão lateral leste do batólito corresponde ao complexo ígneo cálcio-alcálico de alto potássio Fazenda Nova/Serra da Japacanga (Neves e Vouchez, 1995). As rochas encaixantes do batólito Brejo da Madre de Deus são, ao sul, biotita xistos granatíferos, paragneisses e ortogneisses graníticos a granodioríticos, e, a norte, ortogneisses graníticos a dioríticos e migmatitos.

A trama magmática, segundo Melo (op. cit.), possui, na porção central, foliação com direção aproximadamente NE-SW e mergulho variando de moderados a fortes para SE ou NW. No restante do batólito, predominam direções EW-NS e mergulhos fracos. Ainda na porção central observam-se zonas de cisalhamento mesoscópicas (Z. C. Fazenda Nova) exibindo critérios cinemáticos sinistrais originada em estágio submagmático, mostrando uma evolução na deformação de fluxo viscoso a deformação no estado sólido.

A borda sul do batólito é marcada pelo Lineamento Pernambuco, uma estrutura originada em um episódio extensional no ciclo Brasileiro (650-540 Ma) de direção E-W que atravessa todo o estado, iniciando-se na zona costeira de Recife, separando-o em dois domínios: o domínio ao sul, denominado de Externo ou Meridional, e o domínio ao norte, conhecido como Transversal.

Em se tratando da cobertura pedológica, sendo esta uma resposta à quantidade de chuvas que infiltra ou excede na superfície, a área de estudo reflete o clima semi-árido e, portanto, seu estágio de desenvolvimento será subordinado à sua posição na superfície, formando verdadeiras *catenas* de solos semi-áridos; ao contrário da sede municipal de Brejo da Madre de Deus, que por sua situação topográfica mais elevada, apresenta diferenças nos padrões fisionômicos (clima e vegetação) e estes influenciando a formação do solo.

Tomando-se como base a classificação utilizada pelo levantamento de baixa e média intensidade de solos do Estado de Pernambuco produzido pela EMBRAPA – Solos (2002), a área de estudo apresenta um mosaico de solos, destacando-se os planossolos, neossolos litólicos, neossolos regolíticos, pequenas manchas de argissolos e luvisolos – ao Norte da área, além dos gleyssolos háplicos e os neossolos flúvicos, de menor expressão areal.

Na área de estudo, o relevo exerce uma função determinante para o predomínio dos processos denudacionais sobre os de intemperismo e formação do solo. No caso da sede municipal de Brejo da Madre de Deus, pela sua posição topográfica mais elevada, predominam os argissolos que, ao contrário dos demais setores da área, se encontram associado às várias unidades de relevo, além de refletir a maior pluviosidade e o rebaixamento da temperatura média anual que caracteriza o clima local.

As condições climáticas, em linhas gerais, não diferem das existentes no semi-árido nordestino, onde as condições de extrema semi-aridez transitam gradualmente para condições de maior umidade em função de posições topograficamente mais elevadas dentro da região.

Tomando-se como ponto inicial à precipitação, a média anual no distrito de Fazenda Nova, a 509 m de altitude, situa-se em torno de 557,5 mm, com período seco de 7 a 8 meses de duração e os valores máximos de precipitação concentrando-se no trimestre março, abril e julho, totalizando 50% da precipitação anual. A sede municipal de Brejo da Madre de Deus registra 844 mm, concentrados nos meses de março a julho, com cerca de 75% do total de precipitação anual.

A ocorrência de concentração de precipitação acima de 100 mm em Brejo da Madre de Deus e Fazenda Nova nos meses de março/abril denota a influência da zona de convergência intertropical (ZCIT), que apresenta sua maior expansão nesses meses no hemisfério sul (cerca de 4°S em média), como também pelas ondas de este (EW) e as correntes perturbadas de sul (FPA).

Quanto à temperatura média anual, Fazenda Nova apresenta o valor de 22,7°C, com médias máximas em novembro e dezembro de 31,7°C e mínima em agosto e setembro, de 17,9°C. Entretanto, em Brejo da Madre de Deus a temperatura média anual é de 22,2°C, com médias máximas mais elevadas entre dezembro e janeiro de 23,5°C, e mínimas entre julho, agosto e setembro, 16,5°C. Essas temperaturas mais amenas são devidas principalmente à orografia.

Geomorfológicamente, a área do município de Brejo da Madre de Deus apresenta-se como um mosaico de morfofeições, largamente associado a superfícies aplainadas e pouco dissecadas. As formas inter-montanas são decorrentes das diversas fases de denudação pós-cretácea da Borborema. Os pedimentos se elevam em pequenos patamares sem que haja uma ruptura brusca de gradiente condicionada por uma trama de falhas, ocasionando o confinamento de pequenos depósitos em alvéolos restritos ao ambiente fluvial.

A uniformidade topográfica da superfície dos pedimentos só é interrompida pelos relevos residuais em forma de inselbergs e alinhamentos de serras, com altitudes variando de 500 a mais de 900 m, testemunhos das antigas superfícies cenozóicas. Os relevos residuais apresentam-se orientados segundo as direções preferenciais da estrutura regional, NE-SW, formando vales profundos e encaixados, com controles estruturais indicando movimentação tectônica possivelmente neo-cenozóica associada à reativação de antigas estruturas com descida do nível de base a sudoeste e subida a noroeste, ocasionando perda de nascentes fluviais e captura de drenagem (Figura 02).

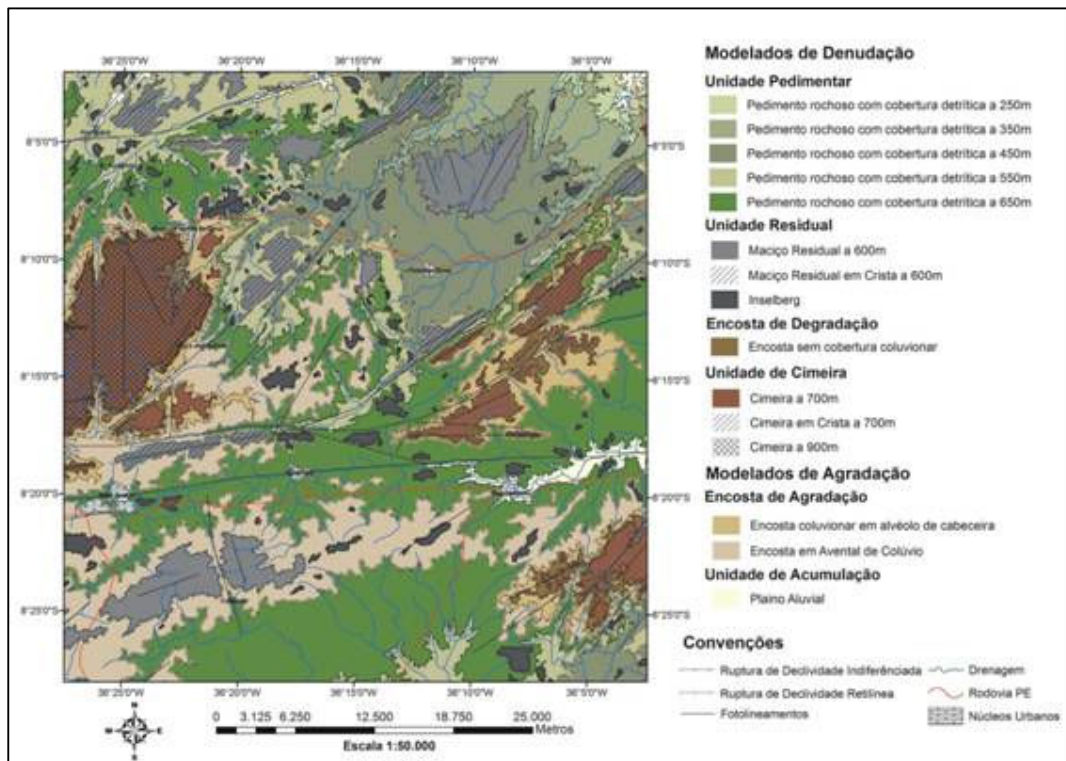


Figura 02 – Mapa Geomorfológico da área de Brejo da Madre de Deus

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

A densidade de drenagem é reconhecidamente, uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas (Christofoletti, 1981).

Sabe-se que as análises morfométricas, como bem ressaltam Ponçano *et al.* (1989) e Hiruma & Ponçano (1999), quando realizadas a partir de cartas topográficas, incorrem em pequenas imperfeições. O mesmo ocorre devido aos procedimentos utilizados pelos cartógrafos na tentativa de se estabelecer à harmonização das curvas de nível, não se tratando, portanto, de uma técnica perfeita.

Esta técnica permite que as áreas anômalas sejam individualizadas entre baixa e alta densidade de drenagem, podendo refletir tanto um controle tectônico, ou mesmo pedológico, dependendo das características inerentes ao substrato e ao tipo de clima predominante.

Neuman (1900 *apud* Christofolletti, 1981) foi o primeiro a estudar em detalhe esse parâmetro assinalando os principais fatores que influenciam sobre as diferenças na densidade de drenagem, como a declividade das vertentes, a cobertura vegetal, o tipo de substrato geológico e o fator mais importante: a precipitação.

Entretanto, Horton (1945) definiu a densidade de drenagem como a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia hidrográfica, estabelecendo assim um importante índice morfométrico para o estudo dos diversos controles atuantes sobre a drenagem. Este índice se expressa, pela seguinte fórmula:

$$Dd = L_b/A$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem;

L_b = comprimento total dos rios ou canais existentes na bacia;

A = área da bacia.

A correlação entre parâmetros morfométricos e a ocorrência de determinados tipos de processos naturais pode levar ao estabelecimento de modelos de evolução da paisagem. Christofolletti (*op. cit.*) destaca a importância da densidade de drenagem, descrevendo-a como variável potencialmente significativa e útil aos estudos geomorfológicos e ressalta duas funções distintas de seu estudo:

- 1 É resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, litologia e outras características da área drenada;**
- 2 É fator que influencia o escoamento e o transporte sedimentar na bacia de drenagem.**

Desta forma, os métodos utilizados englobam a análise dos padrões de drenagem e cálculo dos índices morfométricos da rede hidrográfica a partir da imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) disponível através do site <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> da NASA, os quais provêm dados topográficos da superfície terrestre a cada 90 X 90m e com precisão altimétrica de 1m.

Os dados de densidade de drenagem foram obtidos a partir do software ArcGIS 9.1 (Licença do Observatório Pernambucano de Políticas Públicas e Práticas Ambientais, DCG - UFPE), seguindo-se a metodologia de Silverman (1986). O índice de densidade de drenagem variaram de 0 a 176,225. A partir da divisão da porcentagem dos índices pela quantidade de pixels (Figura 03) e estas plotadas em uma curva cumulativa, foram definidas três grupos de valores de densidade de drenagem: de >0 a < 64,270 – baixa densidade, > 64,270 a < 102,279 – média densidade e > 102,279 a 176,225 – alta densidade (Figura 04 e 05).

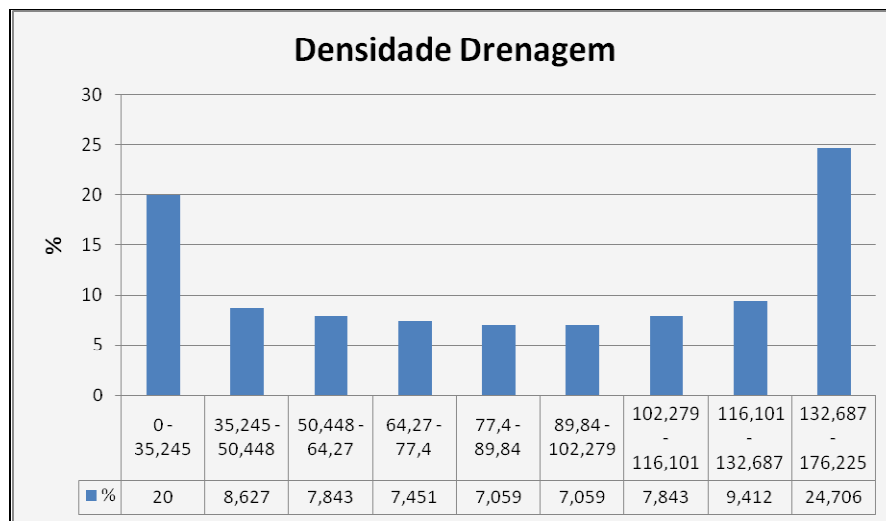


Figura 03 – Valores estatísticos da distribuição das 9 classes de densidade de drenagem

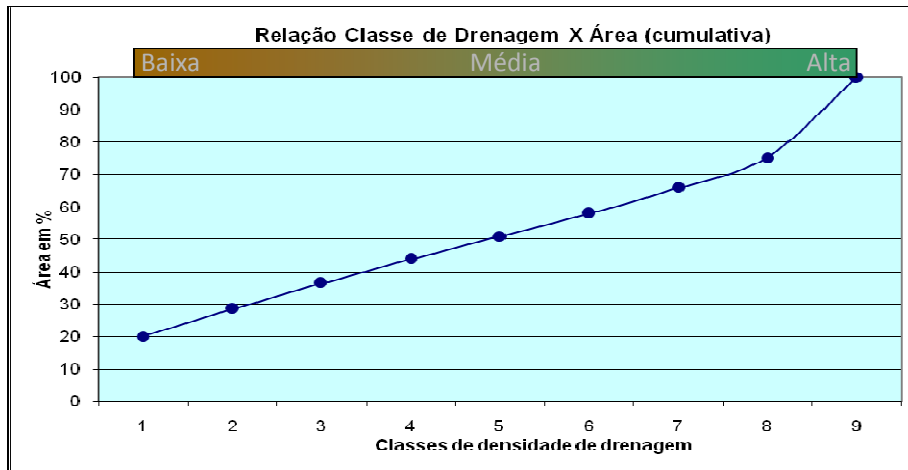


Figura 04 – Relação das classes de densidade de drenagem X área agrupadas em baixa, média e alta densidade.

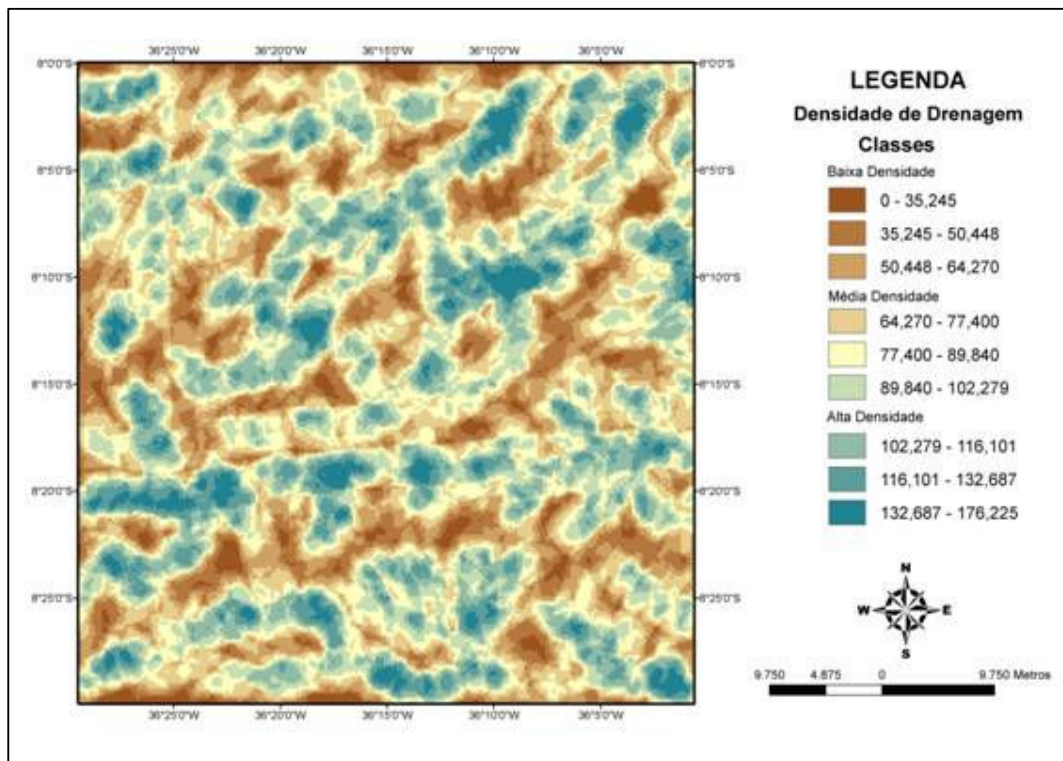


Figura 05 – Mapa do Índice de densidade de drenagem para a área de Brejo da Madre de Deus.

Posteriormente, fez-se a sobreposição do mapa de isovalores de densidade aos mapas geológico, geomorfológico e pedológico da área, a fim de evidenciar possíveis correlações formativas entre os controles lito-estruturais e morfológicos sobre a concentração dos elementos da drenagem.

Os índices de densidade de drenagem, confrontados com as observações realizadas no trabalho de campo, são pontos cruciais para poder inferir e elucidar a dinâmica geomorfológica pela qual tem passado o complexo de tanques da área de Brejo da Madre de Deus.

4 RESULTADOS

Brejo da Madre de Deus está contido no sistema hidrográfico da bacia do Rio Capibaribe, abrangendo uma área de 782,6 Km². Por ser o curso fluvial mais importante da área de estudo, apresenta sua direção SW-NE e sua calha encontra-se por vezes interceptadas por linhas de fraturas, com direção em ângulos retos.

No entanto, a maior parte da drenagem na área é constituída por pequenos riachos, sendo os principais o riacho Brejo da Madre de Deus, Tabocas e da Onça, com ramificações irregulares apresentando diversos ângulos em relação ao curso principal. Seus tributários possuem inflexões em ângulos retos evidenciando que as mesmas encontram-se adaptadas às morfoestruturas, com mudanças bruscas de direção.

Os riachos da região são pouco profundos, de caráter intermitente e até efêmeros, sujeitos às enchentes esporádicas de curta duração, típicas de ambiente semi-árido. Por possuírem uma corrente de pouca sinuosidade, predominam em seu canal depósitos arenosos grosseiros e rudáceos formando barras alongadas em direção ao fluxo (*braid bars*), com interrupções bruscas da granodecrescência ascendente.

O riacho da Onça, que drena o distrito de Fazenda Nova, ao longo de seu curso, atravessa terrenos de conformação geológica cristalina, cortando extensos lajeados graníticos que possibilitam a elaboração de importantes reservatórios naturais – as ditas “marmitas” ou tanques – estando estas atualmente parcialmente a totalmente colmatadas, na proximidade das quais se encontra a ocupação e os assentamentos humanos na área (Figura 06). Porém, ainda são mal conhecidos os fatores responsáveis pela formação destas feições, levando-se em consideração sua grande ocorrência em leitos fluviais de ambiente semi-árido, onde não se tem mais água disponível para a atual formação das mesmas por ação do turbilhonamento da água sobre zonas de fraqueza da rocha.



Figura 06 – Tanque em leito fluvial rochoso em ambiente semi-árido de Fazenda Nova.

O resultado da análise morfométrica mostrou que a densidade de drenagem apresenta-se bastante variável na área, o que permite supor que esta apresenta uma subordinação litológica, vista que a área de Brejo da Madre de Deus mostra uma dispersão considerável quanto aos parâmetros geológicos e que as áreas onde afloram a suíte magmática com ocorrência do mineral máfico biotita apresentam baixa densidade de drenagem. Contudo, através de uma análise comparativa com os diferentes tipos de solos, percebe-se a forte relação entre a composição destes e a densidade drenagem.

Em Fazenda Nova, podem-se encontrar associações de solos distintos, com predominância dos planossolos, neossolos regolíticos e neossolos litólicos. Os valores mais elevados da densidade de drenagem se estabelecem sobre os neossolos regolíticos e neossolos litólicos, que possuem baixa profundidade e horizonte A assentando, em alguns pontos, diretamente sobre a rocha sã, dificultando a infiltração e produzindo um maior escoamento superficial, gerando possibilidades de esculturação de canais permanentes. Os relevos residuais elevados (inselbergues e relevos em crista) por deterem maior declividade em suas encostas, também concentram uma maior densidade de drenagem.

Em Brejo da Madre de Deus, dois fatores são responsáveis pelo alto índice de densidade de drenagem: dissecação do relevo pela mudança de altitude e o tipo de solo. Os argissolos, possuindo considerável extensão areal, em virtude de suas propriedades

texturais, têm rápido poder de saturação hídrica no horizonte A arenoso quando da ocorrência de chuvas, diferentemente do horizonte B argiloso e de drenagem lenta, provocando um desacordo no processo de infiltração de água entre os horizontes do solo, ensejando a rápida saturação da camada superficial e a formação de escoamento capazes de provocar erosão do solo.

Sobre as áreas com os índices mais baixos, constatou-se que estas são estruturadas pelos sedimentos eluvionares/coluvionares arenosos e sedimentos aluvionares arenosos. Entretanto, o baixo índice de densidade de drenagem, denotando o pouco escoamento superficial, também pode ser explicado pela baixa atuação da atividade pluviométrica.

A drenagem ao longo dos depósitos quaternários (sedimentos arenosos, argilosos e conglomeráticos), que na área encontram-se representados pelas rampas de colúvio e plains aluviais, apresenta valores de densidade relativamente altos em alguns setores. Estes valores pseudo-elevados devem refletir a proximidade de litótipos diversos que são atravessados pelos canais dos drenos principais onde ocorre a deposição dos aluviões (Figura 07).

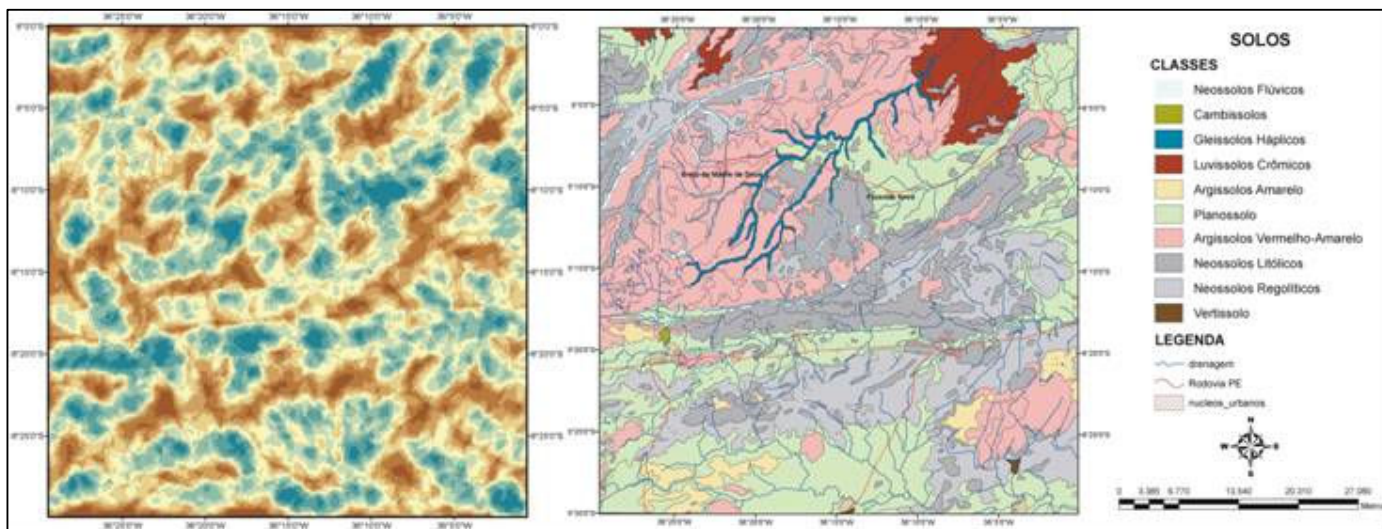


Figura 07 – Comparação dos mapas de densidade de drenagem e solos

A grande presença de tanques no ambiente semi-árido pernambucano motivou a observação da ocorrência de tais feições com o índice de densidade de drenagem, observação esta realizada *em loco*, tendo em vista que os tanques não puderam ser visualizados na escala dos materiais cartográficos e de sensoriamento remoto disponíveis. Esta análise demonstrou que os tanques encontram-se inseridos em áreas de

média e baixa densidade de drenagem, índice que reflete o baixo volume do escoamento superficial atual, após a remoção de qualquer manto de alteração em suas proximidades.

Assim, os tanques que se encontram nas áreas de média densidade de drenagem são aqueles inseridos próximos aos plainos aluviais, indicando que, provavelmente, estes já possuíram uma alta densidade de drenagem capaz de erodir o leito rochoso dando origem às depressões, como tratado por Souza & Corrêa (Manuscrito Inédito) nos estudos de paleosuperfície, e o baixo índice atual reflete a cobertura superficial existente associada à baixa atividade pluviométrica do atual clima semi-árido; ao contrário dos tanques encontrados em inselbergs e que tiveram sua evolução condicionada por erosão diferencial através do ataque da umidade nas zonas de fraqueza litoestrutural, explicando assim sua ocorrência em áreas de baixa densidade de drenagem.

5 CONCLUSÃO

A aplicação do método de densidade de drenagem mostrou-se válida na avaliação da dinâmica geomorfológica do complexo de tanques tendo em vista que, os índices de densidade de drenagem encontram-se subordinados ao substrato rochoso, declividade do terreno e principalmente, ao grau de permeabilidade das formações superficiais que estruturam a paisagem da área de Brejo da Madre de Deus, fator este que reflete diretamente sobre a dissecação do relevo. Os tanques observados, apesar de pertencer ao mesmo substrato rochoso, possuem estágios de evolução diferenciados, tendo em vista que estes se situam em áreas de média e baixa densidade de drenagem.

Por fim, conclui-se que apesar de constituírem um capítulo tradicional da geomorfologia quantitativa, as técnicas de análise morfométrica são de grande valia para a análise da morfogênese de uma área, sobretudo quando podem ser confrontadas com dados obtidos em campo e tratados com técnicas sofisticadas de geoprocessamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. *Not. Geomorfológica*..21(42): 3-22, 1981.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (eds.). *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 4ª edição, 2001, p. 93-148.

CORRÊA, A . C. B. *Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais*. Recife. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. 1997. 183p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Levantamento de Baixa e Média Intensidade de solos do Estado de Pernambuco*. <http://www.cnps.embrapa.br/zapenet/index.htm>. Recife, 2002.

HIRUMA, S. T. & PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfo-pedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG. *Revista do Instituto Geológico*, v. 15, p. 49 – 57, 1999.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* 56. Boulder, 1945.

MELO, S. C. *Estrutura, petrologia e geocronologia do batólito Brejo da Madre de Deus (estado de Pernambuco), relações com a zona de cisalhamento Pernambuco leste, Nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 118 p. 2002.

SILVERMAN, B.W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. New York: Chapman and Hall, 1986.