



O USO DO GEOMORPHONS PARA ANÁLISE DE RELEVO NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO-BA

Lucelia Santos Lima de Souza ¹
Ronaldo Missura ²
Antônio Marcos Santos de Jesus ³
Wanderson dos Santos Prata ⁴
Samara de Jesus Andrade ⁵
Isadora Lucas dos Santos ⁶
Carlos Henrique Oliveira Santos ⁷
Roberto Silva Santos Junior ⁸
Emerson José Bispo de Santana ⁹

RESUMO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), atrelados aos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), proporcionam um estudo detalhado do relevo. Conforme Quesada-Román e Peralta-Reyes (2024), estes softwares permitem a organização, visualização e coleta de dados com precisão. Complementarmente, a metodologia *Geomorphons*, criada por Jasiewicz e Stepinski (2013), oferece um algoritmo de classificação automática do relevo, gerando dados de maneira rápida e precisa para o mapeamento geomorfológico. Diante disto, o presente estudo tem como objetivo analisar o relevo no município de Paulo Afonso, situado ao norte do estado da Bahia. A aplicação da metodologia *Geomorphons* para mapear as formas de relevo no referido município gerou a seguinte distribuição percentual das classes: *slope* (34,59%), *shoulder* (12,29%), *footslope* (10,95%), *spur* (10,15%), *ridge* (9,64%), *valley* (8,62%), *hollow* (7,05%), *flat* (5,31%), *pit* (0,78%), e *peak* (0,61%). A predominância da classe *slope* reflete a dissecação da paisagem, coerente com o encaixamento do Rio São Francisco e seus tributários. As classes menos representativas, com percentuais intermediários, representam a complexidade das vertentes, cristas secundárias, e áreas de convergência e divergência de fluxo. Além disso, o mapeamento geomorfológico detalhado auxilia no ordenamento territorial do município, considerando as limitações e potencialidades de cada forma de relevo.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Geomorphons, Cartografia Geomorfológica, Ordenamento Territorial.

¹Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, lu.luceliasouza@hotmail.com

² Professor Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, ronaldomissura@gmail.com;

³Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, antoniomsj.contact@gmail.com;

⁴Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, wprata9@gmail.com;

⁵Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, samaraandra2603@gmail.com;

⁶Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, Isadoralucas277@gmail.com;

⁷Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, henriquegrimm16@gmail.com;

⁸Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, robertojuhnior@gmail.com;

⁹Graduando Curso de Geografia da Universidade Federal-UFS, emersonjosebispodasantana0@gmail.com;



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se emergido uma crescente discussão acerca das problemáticas ambientais, no qual está diretamente ligada à ação antrópica desenfreada, fazendo com que ocorra um processo de ocupação do espaço e utilização de recursos naturais desordenado. Para Ross (1994), é possível estabelecer uma conexão entre a exploração desses bens, do desenvolvimento científico, das tecnologias e a sociedade.

Neste sentido, essa abordagem torna-se cada vez visível no meio em que estamos inseridos, bem como nas tendências ambientais. Sendo assim, as ferramentas de mapeamento do relevo, se quantificam em nítida importância para o planejamento geoambiental. Bem como o uso dos SIGs para um melhor entendimento acerca da visão geossistêmica.

Essa utilização de sistemas de informação geográficas vem ganhando destaque na atualidade, proporcionando uma abordagem mais abrangente da superfície terrestre. O uso de Sistemas de Informação Geográficas (SIGs), em conjunto com os Modelos de Elevação (MDEs), permitem um estudo detalhado do relevo. Conforme Quesada-Román e Peralta-Reyes (2024), estes softwares permitem a organização, visualização e coleta de dados com precisão. Complementarmente, a metodologia *Geomorphons*, criada por Jasiewicz e Stepinski (2013), oferece um algoritmo de classificação automática do relevo, gerando dados de maneira rápida e precisa para o mapeamento geomorfológico.

O algoritmo do *Geomorphons* que Jasiewicz e Stepinski (2013) elaboraram, consiste em 10 padrões de classificação e mapeamento do relevo: Encosta (*slope*), Ressaltos (*shoulder*), Base de Encosta (*footslope*), Crista Secundária (*spur*), Crista (*ridge*), Vales (*valley*), Escavado (*hollow*), Áreas Planas (*flat*), Fosso, (*pit*) e Pico (*peak*). Com base neste algoritmo foi possível realizar a análise geomorfológica do município estudado.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar o relevo no município de Paulo Afonso, situado ao norte do estado da Bahia. Geomorfologicamente segundo IBGE (2006), a área de Paulo Afonso insere-se na Depressão do Baixo Rio São Francisco, caracterizada como uma depressão interplanáltica situada entre a escarpa oeste do Planalto da Borborema e o espigão que se estende na direção SW-NE. Essa

região bordeja o Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá e a borda norte da Bacia Tucano, apresentando formas tabulares nos Tabuleiros do Vaza-Barris ao sul.

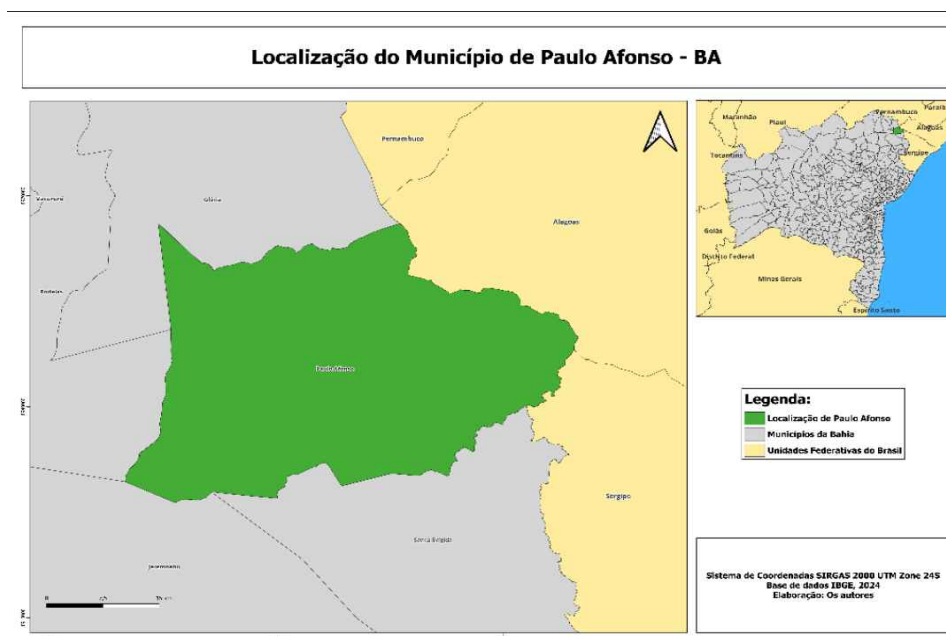


Figura 1: Mapa de localização de Paulo Afonso-BA.

METODOLOGIA

Para fundamentar a pesquisa, foram conduzidas revisões bibliográficas abrangentes acerca da metodologia empregada e das características da área de estudo. Adicionalmente, procedeu-se à busca e seleção de material cartográfico relevante para a análise espacial.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado como dado primário para a análise geomorfométrica foi obtido através da plataforma *EarthExplorer*. Esta fonte confiável de dados espaciais forneceu a base altimétrica necessária para a etapa subsequente de classificação do relevo.

A técnica de *Geomorphons*, desenvolvida por Jasiewicz e Stepinski (2013), foi aplicada para o mapeamento das formas básicas do relevo em escala de detalhe. O processamento do MDE e a geração dos mapas de *geomorphons* foram realizados no

software SAGA GIS (versão 9.1.3), que foi integrado ao ambiente QGIS (versão 3.34) para facilitar o fluxo de trabalho e a visualização dos resultados. A técnica de *geomorphons* analisa a configuração da vizinhança de cada célula do MDE, considerando os níveis de cinza e as diferenças de elevação para identificar padrões morfológicos distintos.

Após a obtenção do mapeamento raster dos *geomorphons*, as áreas e a porcentagem de cada classe de relevo foram calculadas utilizando a ferramenta *r:report* do QGIS. Adicionalmente, o software QGIS 3.34 foi empregado na elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade, os quais auxiliaram na validação e interpretação do mapa de *geomorphons*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a área estudada apresenta relevo majoritariamente plano e suave ondulado, com a presença de regiões escarpadas em seu entorno, compostas por estruturas de sedimentos colúvio-aluvionares inseridos na Depressão do Baixo Rio São Francisco. Nas bordas do município, observamos uma declividade plana (figura 2) em virtude da planície fluvial do Rio São Francisco, além disso, com a presença dos cânions, a área tem bastante encosta, em decorrência da ação erosiva provocada pela combinação entre o vento e a água.

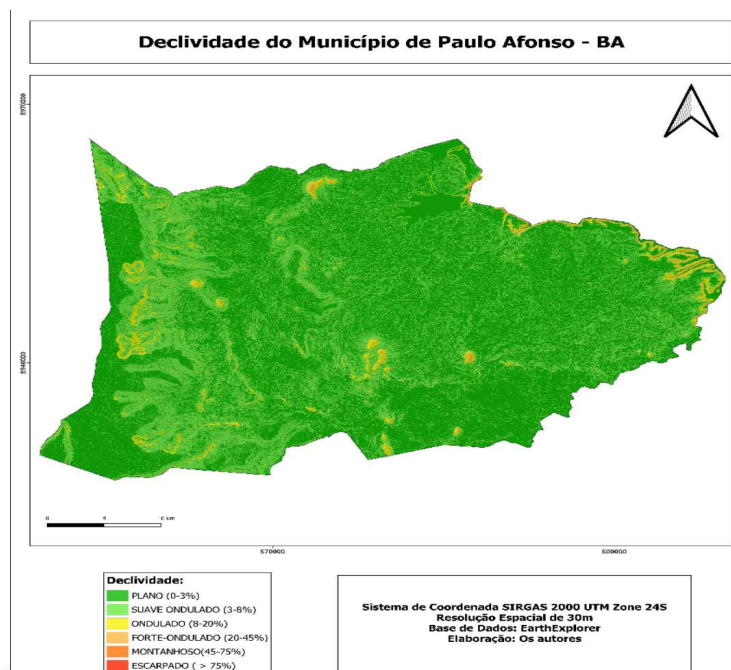




Figura 2: Mapa de declividade do município de Paulo Afonso-BA

Tratando-se da declividade (figura 2), as Áreas Planas (0 a 3%) estão espalhadas por todo o município, em especial nas partes mais baixas próximas ao leito do rio. Já as áreas de Suave Ondulado (3 a 8%) também encontram-se bastante distribuídas cobrindo boa parte do relevo. A classe Ondulado (8 a 20%), está centralizada em alguns pontos, onde predominam relevos de colina, no qual estão bem dissecados por conta da ação do processo erosivo. Em contrapartida, a classe Forte Ondulado (20 a 45%) situa-se em alguns picos nas partes mais altas e nas bordas das cabeceiras dos cânions, onde a atuação da erosão e do intemperismo resultam no processo de dissecação mais intenso. A classe Montanhoso (45 a 75%) é menos presente, no entanto, ela aparece em alguns picos de domos, como é o caso da Serra da Arara, situado a sudoeste de Paulo Afonso e a Serra do Retiro a noroeste. Ambos possuem relevo dissecado e altitude elevada. A classe Escarpado (>75%) configura-se como rara e está associada a relevos de penhascos.

A hipsometria apresentada demonstra áreas de baixa altitude (figura 3), com cerca de 140 metros no entorno da planície fluvial, esta área é justamente onde concentra-se majoritariamente o adensamento urbano populacional. Entretanto, à medida que avançamos no sentido oeste do município, adentrando as zonas rurais, este cenário muda de contraste, a sua altimetria aumenta e prevalece aproximadamente 635 metros. Isto se dá em virtude de uma combinação de fatores e da proximidade com a região da Bacia Sedimentar do Raso da Catarina. Região esta, que possui cânions sedimentares cretáceos da Formação Marizal, bem como liga-se com o topo da sequência sedimentar da Bacia Tucano ao norte.

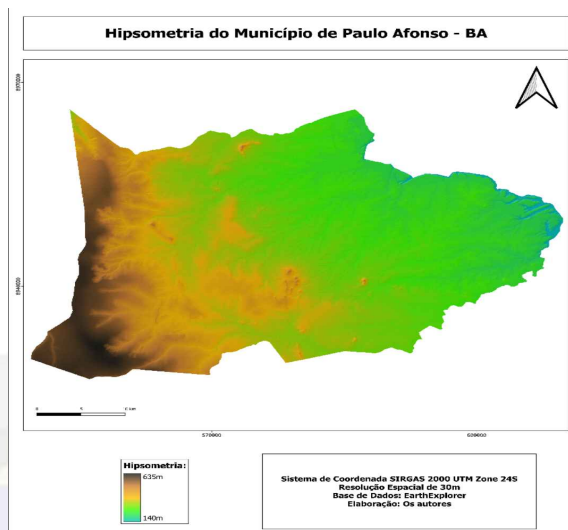


Figura 3: Mapa hipsométrico do município de Paulo Afonso-BA.

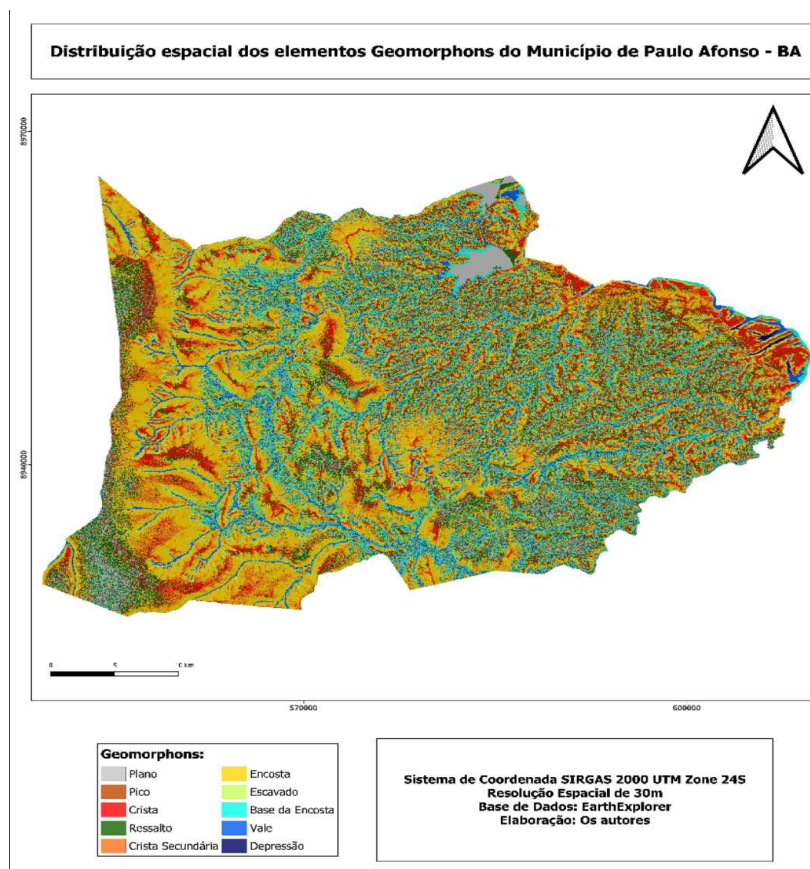


Figura 4: Mapa dos elementos Geomorphons no município de Paulo Afonso-BA.

Ao analisarmos a distribuição espacial dos elementos do *Geomorphons* no município de Paulo Afonso (figura 4) e Tabela 1, gerou-se as seguintes distribuições do percentual das classes e unidades: *slope* (Encosta) 34,59% o que abrange uma área de aproximadamente 551.55 km², *shoulder* (Ressalto) 12,29% e área de 195.18 km², *footslope* (Base da Encosta) 10,95% o equivalente a 174.77 km², *spur* (Crista Secundária) 10,15%, proporcional a 156.21 km², *ridge* (Crista) 9,64%, *valley* (Vale) 8,62%, *hollow* (Escavado) 7,05%, *flat* (Plano) 5,31%, *pit* (Fosso) 0,78%, e *peak* (Pico) 0,61%. A predominância da classe *slope* reflete a dissecação da paisagem, coerente com o encaixamento do Rio São Francisco e seus tributários, e com as áreas de colinas dissecadas. As classes menos representativas, com percentuais intermediários, representam a complexidade das vertentes, cristas secundárias, e áreas de convergência e divergência de fluxo, características de um relevo resultante de pediplanação e incisão



fluvial. As baixas ocorrências de *flat*, *pit* e *peak* indicam que superfícies aplainadas extensas, depressões fechadas e picos proeminentes são menos representativos na área total, embora o contexto geomorfológico regional mencione superfícies aplainadas e elevações residuais como inselbergs. Possivelmente, as áreas aplainadas mais extensas e as feições residuais correspondem a combinações dessas classes básicas ou ocorrem em setores específicos não dominantes em área percentual. Em suma, a análise feita através do *geomorphons*, proporcionou uma observação detalhada acerca do relevo do município de Paulo Afonso. Descrever esses dados é essencial para a compreensão topográfica da área estudada, tornando uma visão mais abrangente e planejada de futuros projetos de ações de desenvolvimento territorial e ambiental.

Tabela 1: Distribuição das unidades *geomorphons* no município de Paulo Afonso-BA.

Unidade	Área (km ²)	Porcentagem
Flat (Plano)	84.41	5,31
Peak (Pico)	7.38	0,61
Ridge (Crista)	140.57	9,64
Shoulder (Ressalto)	195.18	12,29
Spur (Crista Secundária)	156.21	10,15
Slope (Encosta)	551.55	34,59
Hollow (Escavado)	106.70	7,05
Footslope (Base da Encosta)	174.77	10,95
Valley (Vale)	126.03	8,62
Pit (Fosso)	5.36	0,78

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da ferramenta *Geomorphons* para analisar o relevo do município de Paulo Afonso-BA, resultou em diversas observações acerca dessas formas, bem como dos principais tipos de relevo que compõem a feição geomorfológica da região.



Diante do exposto, constatamos a predominância massiva de áreas inclinadas, como bem foi representada pelas unidades *Shoulder* (Ressalto) e *Slope* (Encosta), essas unidades caracterizam-se por conter colinas dissecadas e processos erosivos ativos, bastantes típicos em ambientes semiáridos de áreas fluviais. Já as unidades *Footslope* (Base da Encosta), *Spur* (Crista Secundária) e *Ridge* (Crista), também constataram uma presença significativa, desencadeados pelos processos de dissecação que atuam na área estudada.

A metodologia escolhida possibilitou uma identificação eficaz e classificação precisa das diferentes feições de relevo, demonstrando uma compreensão detalhada da topografia do município. Além disso, a utilização dos Modelos de Elevação MDEs e SIGs proporcionaram uma análise automatizada e precisa. Vale destacar, que durante os procedimentos para realizar o MDE, a resolução espacial teve que ser de 30 metros, pois se esta fosse menor, as classes estariam bastante homogêneas.

Portanto, os resultados e discussões aqui expostos podem ser úteis para diversos estudos, sobretudo para o planejamento e ordenamento territorial de Paulo Afonso, auxiliando como ferramenta essencial na conservação dos recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais. O auxílio dos Sistemas de Informação Geográficas atrelados com a análise aprofundada das unidades do *geomorphons* oferecem dados importantes para a tomada de decisões em relação ao uso e ocupação do solo, juntamente com ações de controle e restauro de áreas degradadas.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Geomorphons, Cartografia Geomorfológica, Ordenamento Territorial.

REFERÊNCIAS

IBGE. 2006. Mapa Geomorfológico do Brasil (escala 1:5.000.000). Rio de Janeiro: IBGE.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons - a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, n. 182, p. 147-156. 2013.



JESUS, Antônio Marcos Santos De et al.. Aplicação do geomorphons para a análise automatizada do relevo da bacia hidrográfica do rio poxim mirim.

NOSCHANG, Franqueline Monback et al.. Aplicação de geomorphons para a análise e classificação do relevo no município de unistalda-rs.

QUESADA-ROMÁN,A.; PERALTA-REYES, M. Geomorphological Mapping Global Trends and Applications. Geographies 2024, 3, 610-621.

ROSS, JLS. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 63-74, 1994.

