

# PROPOSTA DE ÍNDICE MORFOSCÓPICO (ARREDONDAMENTO E ESFERICIDADE) PARA ANÁLISE DE SEDIMENTOS FLUVIAIS

Paula Meirilane Soares de Araújo<sup>1</sup>  
Beatriz Bomfim Santos<sup>2</sup>  
Natália Aparecida Rodrigues Lima<sup>3</sup>  
Silvio Carlos Rodrigues<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

A morfoscopia sedimentar é uma técnica que estuda as formas de esfericidade e arredondamento de uma determinada partícula sedimentar. Por consequência, esta técnica torna-se um atributo auxiliar, muito utilizado para esclarecer dúvidas pertinentes sobre os processos erosivos atuante durante o processo de erosão. As particularidades de um ambiente, determinam aspectos gerais dos sedimentos acumulados em uma unidade geomórfica. Dessa forma, tais aspectos gerais sugerem obtenção genética, relacionando o sedimento ao ambiente de origem (Mendes, 1984).

Portanto, esta técnica de morfoscopia sedimentar contribui para: Detalhamento mais preciso sobre a morfologia do rio e o meio ambiente através da erosão; compreensão da permeabilidade dos grãos que são transportados, saltados e acumulados; entendimento sobre dinâmica dos cursos d'água.

A modelagem de sistemas fluviais ganhou ampla utilização com a disponibilização de dados digitais sobre superfície do terreno, com possibilidade de delimitação de canais fluviais e de bacias hidrográficas. As informações derivadas destes modelos possibilitam a descrição de perfis longitudinais de canais, cálculo de índices e cartografia sobre parâmetros geomorfológicos de canais.

---

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, [paulaaraujo@ufu.br](mailto:paulaaraujo@ufu.br) ;

<sup>2</sup> Graduanda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, [beatriz.bonfim@ufu.br](mailto:beatriz.bonfim@ufu.br);

<sup>3</sup> Graduanda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, [natalia.lima@ufu.br](mailto:natalia.lima@ufu.br);

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, [Silgel@ufu.br](mailto:Silgel@ufu.br).

Com o pretexto para entender de qual maneira os parâmetros de arredondamento e esfericidade ocorrem em uma seção de canal entre a nascente e determinado ponto, propõe-se a criação de um Índice Morfoscópico que demonstre a variação existente a partir de amostragens não estruturadas ao longo do canal.

Nesse sentido produziram-se estudo sobre Índice de Hack a partir do MDT-HC (Modelo Digital do Terreno Hidrologicamente Consistido) com indicação de anomalias superiores a 2 para coleta dos dados primários e realização de processos laboratoriais para a análise morfoscópica e consecutiva realização da proposta de Índice Morfoscópico para análise de sedimentos fluviais em Software QGIS.

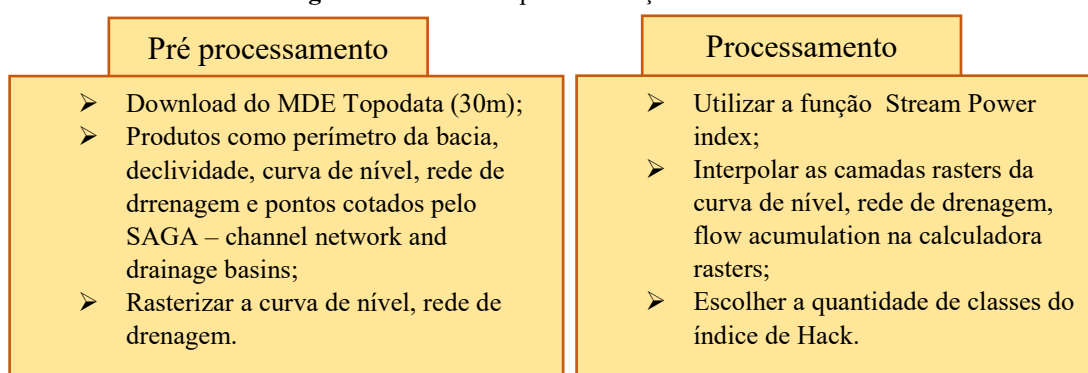
A área de estudo para aplicação da atual proposta engloba a bacia do Rio São Francisco desde sua nascente até a confluência com o Rio Samburá, na região da Serra da Canastra (MG).

## METODOLOGIA

Para consecução do atual estudo foi necessário utilizar uma metodologia para aquisição de dados, bem como, procedimentos estatísticos no intuito da montagem do Índice Morfoscópico.

A partir do download dos arquivos MDE (Modelo Digital de Elevação) e MDT (Modelo Digital do Terreno) pelo site do TOPODATA para utilizar em ambiente SIG (Qgis) as cartas selecionadas foram de São Roque de Minas, Vargem Bonita, e Piumhi interpolando as camadas rasters da curva de nível, rede de drenagem, e pontos cotados para desenhar o terreno de forma condizente com a realidade. E, portanto, compreender melhor a morfometria do canal a partir dos parâmetros fisiográficos para uma possível comparação, interpretação e previsões de eventos fora do padrão no caso Índice de Hack que aponta anomalias do canal. Os procedimentos metodológicos seguem a sequencia no fluxograma 1 para trabalhar com dados em ambiente SIG, realização do Índice de Hack de acordo com os autores Araújo e Maruschi (2020):

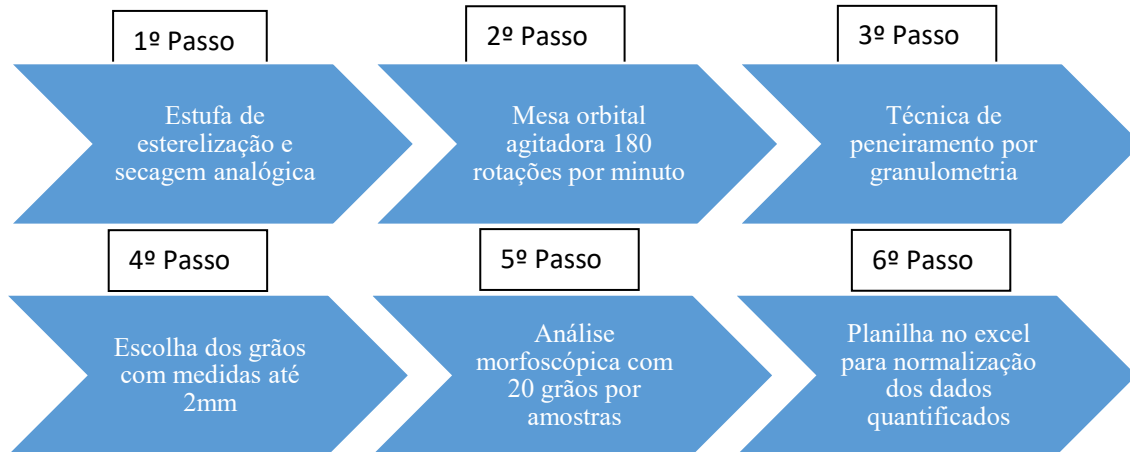
**Fluxograma 1:** Processo para realização do Índice de Hack:



A partir do índice de Hack é possível escolher o grau de anomalia de acordo com as classes escolhidas, e sucessivamente realizar vistoria *in locu* para coleta de amostras conforme suas coordenadas geográficas condizente com o mapa de índice > 2.

Em laboratório de acordo com o fluxograma 2 a seguir mostra o passo a passo:

**Fluxograma 2:** Realização dos processos em laboratório:



Fonte: Autora, 2024.

Para a análise morfoscópica utilizou-se o Estereomicroscópio Bel Photonics STM com zoom de 0,7 a 45 x, podendo chegar a 225x em 20 grãos por amostra sem padrão de seleção dos mesmos para quantificar os sedimentos observando o arredondamento com seis (6) classes: muito angular, angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem arredondado. A esfericidade que correspondem à três (3) classificações: Alta, média e Baixa. Para uma melhor compreensão é importante que se faça uma planilha no Excel para organização das informações obtidas, que possibilita a normalização dos dados contados a partir da fórmula mínima e máxima para transformar os valores numa escala de 0 e 1.

$$Z = \frac{x - \min(x)}{[\max(x) - \min(x)]}$$

Onde Z corresponde ao valor normalizado; X<sub>min</sub> é o menor valor do conjunto; X<sub>max</sub> é o maior valor do conjunto e o X corresponde ao valor a ser encontrado.

A partir dos resultados da normalização dos dados foi criada uma equação para possibilitar a realização da Krigagem dos dados das análises morfoscópica pelo canal fluvial, equação para a Krigagem:

$$IM = \frac{Ar * Ea * Em * Eb}{3}$$

Onde: IM= Índice Morfoscópico; Ar = Arredondamento normalizado; Ea = Esfericidade alta; Em = Esfericidade média; Eb = Esfericidade baixa.

Em ambiente SIG, os dados quantificados na análise morfoscópica foram atrelados e organizados na tabela de atributo dos pontos de coletas com suas coordenadas geográficas. No plugin Smart-Map do Qgis utilizando a linha do canal fluvial dissolvido com os pontos das amostras contendo as informações da normalização dos dados de arredondamento e da esfericidade foi realizado a Krigagem, resultando no mapa de Índice morfoscópico de sedimentos fluviais.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A bacia hidrográfica é de extrema importância para a Geomorfologia, pois é a partir dela que se pode armazenar as águas das chuvas, constituindo-se uma superfície de coleta e de transporte das cargas do leito dos canais para lagos e/ou oceanos. Respeitando todos os pontos envolvidos como dinâmicas: física, social e econômica (IBGE, 2009). Toda a bacia hidrográfica é responsável pelo fornecimento detrítico aos cursos de água que, em conjunto, torna-se o fenômeno natural de maior ocorrência na esculturação da rede de canais e das paisagens encontradas na superfície terrestre, (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A vazão de um canal fluvial depende do regime hidrológico da bacia hidrográfica onde o mesmo está inserido, (FONTES, 2010), Christofolletti (1981), relata que o curso d'água tem sua potência elevada nas épocas das cheias podendo o canal transportar sedimentos de diversos tamanhos. À medida que diminui o débito, haverá diminuição na velocidade, na profundidade e na capacidade de transporte.

Sobre o transporte fluvial de sedimentos e os fatores hidrológicos mais importantes para Christofolletti (1981) são: quantidade e a distribuição das precipitações, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal. Esses fatores influenciam na

formação dos materiais intemperizados e a produção de sedimentos que serão disponibilizados ao transporte fluvial. O transporte desses materiais ao longo do canal fluvial é função dependente da capacidade de transporte.

A erosão fluvial é realizada através dos processos de corrosão, corrasão e cavitação, sendo que o processo de corrosão é o tema abordado nesta pesquisa correspondendo à um processo físico que se realiza no processo de saltação, rolamento e tração dentro do caudal.

A dinâmica do escoamento fluvial conta com a influência da força do fluido sobre as partículas, sendo que a força necessária para carregar uma partícula é chamada de força de cisalhamento e a velocidade na qual essa força atua sobre determinada declividade corresponde à velocidade de erosão. Portanto, a força do cisalhamento é fundamental para dar movimento de partículas pequenas, enquanto, a velocidade do fluxo é importante para o carregamento de sedimentos maiores, (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Dentre a abrangência da Geomorfologia Fluvial a morfoscopia sedimentar é uma técnica que estuda as formas de esfericidade e arredondamento de uma determinada partícula sedimentar fundamentada por Powers em 1953. Autores como os Geógrafos e Geólogos: William Morris Davis, Arthur Newell Strahler, Maurice C. Powers, Francis J. Pettijohn, Kenneth S. W. Campbell, entre outros, são referências quando se trata de estudos e interpretações e também para modelagens dos ambientes sedimentares utilizando uma abordagem quantitativa e até mesmo qualitativa.

Para utilizar a técnica de morfoscopia sedimentar entende-se que o DNA de uma rocha ou mineral não se altera em função do tamanho das partículas. Assim, sedimentos de dimensão métrica a centimétricas são melhor avaliados em afloramentos, enquanto, partículas de areia são melhor avaliados em laboratórios, (Suguio, 1980).

O modo de transporte produz como resultado, depósitos distintos, portanto em vários parâmetros o transporte afeta a sedimentação. A vista disso, os sedimentos bem selecionados são sujeitados à ação prolongada da água, os sedimentos mal selecionados sofreram pouco transporte, isto é, estavam próximos de sua fonte de origem (Suguio, 1980). Esse processo de transporte dos grãos modelam os sedimentos gerando algumas alterações físicas que permitem sua classificação em arredondamento (do mais angular para o mais arredondado).

Segundo Russel e Tayllor (1937a, b) apud Suguio (1980) há seis classes que determinam o arredondamento de uma partícula sedimentar: muito angular, angular, sub angular, sub arredondada, arredondada e bem arredondada, (Suguio, 1980). O grau de “redondeza” de um sedimento corresponde a uma propriedade física, portanto, deve ser descrita. Para medir a circularidade de uma partícula depende das análises das bordas e dos cantos independentemente da forma (Powers, 1953). A parte classificatória da esfericidade (o quão circular é uma partícula) aumenta através da ação contínua do transporte, é analisada a partir de três classes: alta esfericidade, média esfericidade e baixa esfericidade (Powers, 1953). A comparação dos ângulos a partir das características de uma partícula tridimensional é de fácil observação sob microscópio, com foco através da espessura do sedimento (Powers, 1953).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

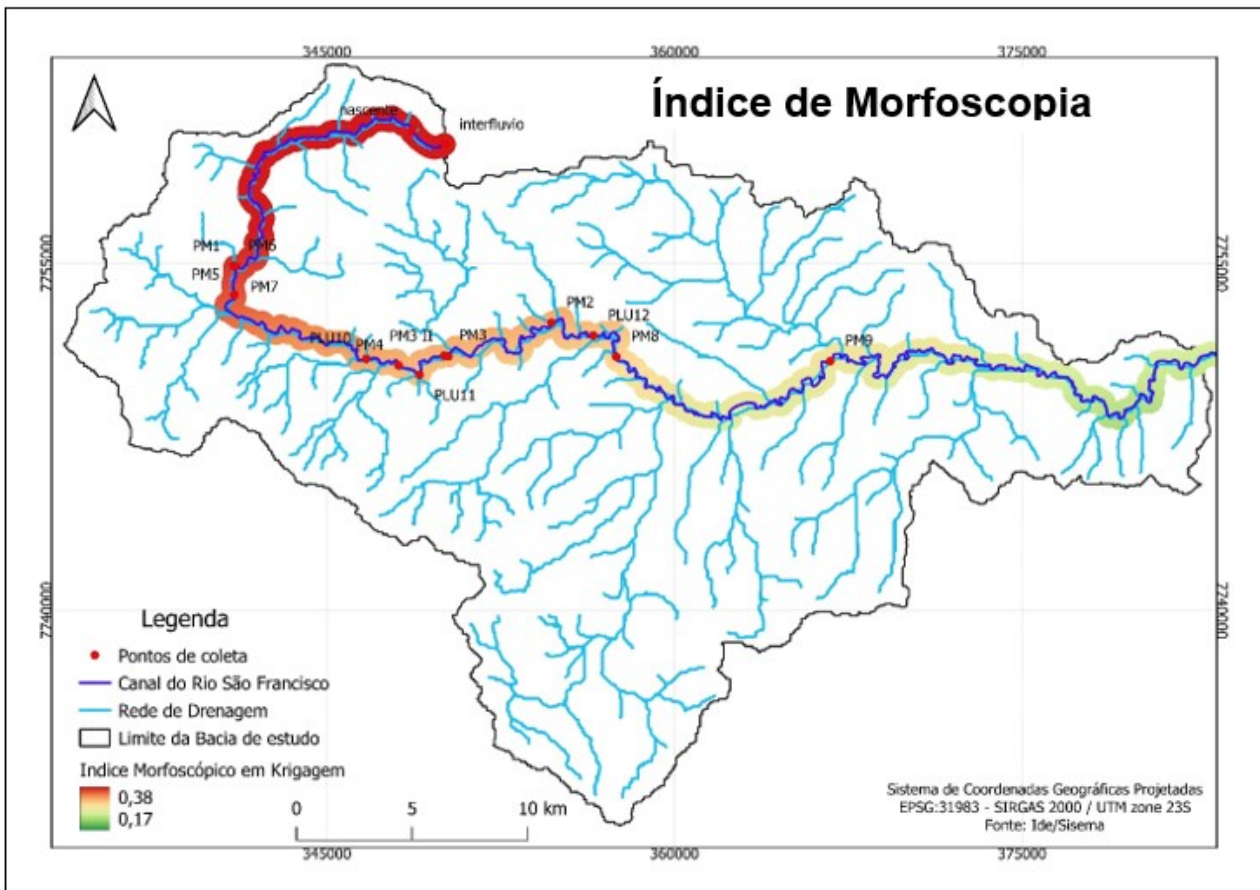
Foi realizado a análise morfoscópica de sedimentos coletados no canal fluvial do Rio São Francisco na Serra da Canastra de sua nascente até sua confluência com o Rio Samburá, onde os resultados das 15 amostras coletadas com malhas de granulometria por peneiramento de até 2mm.

A proposta da realização do índice de morfoscopia produzido no software QGIS aponta que o processo natural de erosão realizado pelo transporte do canal possui uma coerência com os postulados teóricos, onde o valor máximo 0,38 corresponde ao maior número de sedimentos muito angulares estão localizados na porção mais próximas a nascente e a mínima 0,17 aos sedimentos com baixa esfericidade ao final do trecho estudado.

Desta forma, quanto mais distante do material de origem menos angular o sedimento ficará, ou seja, da montante para jusante o grão transportado sofre erosão por atrito com outros grãos, por anomalias no canal tem a tendência de ficar perfeitamente esférico quando chega na foz, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1:** Índice morfoscópico de sedimentos fluviais para um melhor compreensão do processo natural de erosão causado pelo transporte do Rio São Francisco.





Fonte: Autora, 2024.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação do Índice de Morfometria aparentemente serve como instrumento para avaliar a dinâmica dos sedimentos ao longo do canal. Considerando que conforme o processo erosivo vai acontecendo em detrimento de grãos batendo em outros grãos, o sedimento vai se tornando fração de um todo, isto é, o que tem forma muito angular se deteriora até virar um sedimento muito arredondado indicando que se torne um grão com alta esfericidade, o que entra em concordância com a proposta do Índice Morfoscópico apresentado na Figura do mpa apresentado.

É válido ressaltar que a composição das rochas presente na área de pesquisa deriva de sedimentações plataformais ou marinhas tais como os depósitos fluviais de um período remoto estimado a 1.040 Ma, são de papel fundamental para influência nos resultados. As unidades morfoestruturais do Cráton São Francisco possuem rochas predominantes do tipo: metacalcário, metaconglomerado, metapelito, muscovita filito, quartzito, entre outras variedades segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que influenciam nos

resultados desta pesquisa, assim como ações antrópicas como construções de rodovias, e imóveis. No mais, é preciso estudar mais afundo para se chegar a conclusões precisas.

**Palavras-chave:** Morfoscopia sedimentar; Índice Morfoscópico; Índice de Hack; Geomorfologia fluvial

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos o apoio da FAPEMIG - PCE00225/24 e CNPQ 403412/2023-4, ao amigo Doutorando em Geografia pelo Universidade do Minho em Portugal José Manuel Fernandes Rocha pela contribuição na proposta do índice morfoscópico e ao Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia Luan Vitor Ramos pela doação de três (3) amostras sedimentares.

## **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, Marina Silva; DE OLIVEIRA MARUSCHI, Vinícius. Aspectos metodológicos e operacionais em morfometria fluvial, a partir do Geoprocessamento. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 19-35, 2020. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp1p19-35>

ARAÚJO, Paula Meirilane Soares de et al. **Avaliação morfoscópica de sedimentos da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio – Serra da Canastra** (MG55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36083>

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial, São Paulo. **Editora Edgard Blücher**, 1981.

POWERS, Maurice Cary. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, v. 23, n. 2, p. 117-119, 1953.

SUGUIO, Kenitiro. Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica. 1980.

WENTWORTH, C. K. An analysis of the shapes of glacial cobbles: Jour. Sed. 1936