

## XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CINZENTO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI - PA**

*José Danilo Santana Pereira<sup>1</sup> Jakeline Oliveira Evangelista;<sup>2</sup> & Glauber Epifânio Loureiro<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi elaborar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Cinzento localizado na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri no Estado do Pará, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos, como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, hierarquia de canais, altimetria e declividade. Para isso foram utilizadas imagens orbitais SRTM e o software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012). A área de drenagem encontrada foi de 845,04 km<sup>2</sup> e o perímetro, de 143,96 km. A bacia hidrográfica do Rio Cinzento tem formato alongado, com coeficiente de compacidade de 1,38, fator de forma de 0,31 e índice de circularidade 0,51. A densidade de drenagem obtida para a bacia foi de 0,78 km/km<sup>2</sup>, amplitude altimétrica de 480 m e predominância de relevo suave ondulado conforme classificação da EMBRAPA 1979. A forma mais alongada da bacia hidrográfica indica que a precipitação pluviométrica sobre ela se concentra em diferentes pontos, corroborando para amenizar a influência da intensidade de chuvas, as quais podem causar variações desfavoráveis no pulso hidrológico do curso d'água em condições normais de precipitação pluviométrica.

**ABSTRACT** – The objective of this study was to develop the morphometric characterization of the river basin Grey located at the National Tapirapé - Aquiri Forest in the State of Pará, from the estimation of some physical parameters such as compactness factor, form factor, circularity index, drainage density, channel hierarchy, altimetry and slope. For that were used SRTM satellite images and ArcGIS 10.1 software (ESRI, 2012). The drainage area was found to be 845.04 km<sup>2</sup> and the perimeter of 143.96 kilometers. The river basin Gray has elongated shape, with compactness coefficient of 1.38, form factor 0.31 and circularity ratio 0.51. The drainage density obtained for the basin was 0.78 km / km<sup>2</sup>, altimetry range of 480 m and predominance of undulated relief as EMBRAPA 1979 classification. The more elongated shape of the basin indicates that the rainfall over it focuses on different points, corroborating to minimize the influence of the intensity of rainfall, which can cause adverse changes in the hydrological pulse stream in normal rainfall.

**Palavras-Chave** – Bacia hidrográfica, Geoprocessamento, Rio Cinzento

1) Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará, Campus Universitário de Marabá. Avenida Hiléia s/n – Acrópole do Incra. Bairro Amapá. Marabá-PA. Cep: 68.503-120. E-mail: eng.danilosantana@hotmail.com

2) Graduanda de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará, Campus Universitário de Marabá. Avenida Hiléia s/n – Acrópole do Incra. Bairro Amapá. Marabá-PA. Cep: 68.503-120. E-mail: jakeline.ea@hotmail.com

3) Prof. Assistente do departamento de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará, Campus Universitário de Marabá. Avenida Hiléia s/n – Acrópole do Incra. Bairro Amapá. Marabá-PA. Cep: 68.503-120. E-mail: epfania@uepa.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente, a bacia hidrográfica configura-se como uma das principais unidades de gerenciamento territorial disponível para o desenvolvimento econômico das civilizações, sendo modelada pelas características geológicas, climatológicas e do uso do solo local. Entretanto, em função da demanda crescente do desenvolvimento urbano e do empenho necessário para mantê-lo constante, cada vez mais, as bacias hidrográficas têm sofrido pressões na estrutura física dos canais, no aporte de sedimentos, no regime hidráulico, na biota e no fluxo de matéria e energia.

A bacia hidrográfica pode ser definida como um meio físico passível da ação do ciclo hidrológico, este sistema dar-se-á basicamente pela entrada e saída de água em seu estado líquido e gasoso (evapotranspiração), por meio da precipitação e escoamento superficial, respectivamente, até seu exutório Lima (2008). Dessa forma, a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação Tonello (2006).

Nesse contexto, Carvalho *et al.* (2009) afirma ser fundamental entender a bacia como um sistema ecológico no qual existe uma série de complexas relações entre espécies diversas, entre a parte biótica e abiótica, entre o homem e todo esse ecossistema. Então, é mais adequado definir a bacia hidrográfica como sendo um sistema complexo e dinâmico que sofre influência de fatores internos e externos, que podem comprometer suas relações de equilíbrio, dentre esses fatores, o mal-uso e a impermeabilização do solo, podem corroborar para um processo de degradação.

O processo degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, a deterioração do meio ambiente atinge níveis críticos, assoreamento dos rios, contaminação dos recursos hídricos, menor disponibilidade de água para irrigação e abastecimento humano; são apenas alguns dos reflexos homem-ecossistema citados por Valle Junior *et al.* (2011).

Para que se possa reverter essa situação, deve ser analisado e encontrado uma solução dinâmica que abranja toda a área da bacia, pois tendo apenas ações isoladas, o problema somente mudará de região, sendo transferido para outro lugar, sem resolver de fato o problema Silva *et al.* (2015).

Diante da necessidade de se preservar os recursos naturais, em 5 de maio de 1989, foi publicado o decreto n. 97.720, que cria a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, na região sudeste no Pará, onde se localiza integralmente a bacia hidrográfica do rio Cinzento, afluente do rio Itacaiúnas e assentado sobre a maior província mineralógica do planeta, a Serra dos Carajás.

Face a grande dimensão geográfica da área de estudo, o geoprocessamento torna-se uma ferramenta indispensável para a melhor acurácia dos resultados, pois conforme Sebusiane e Bettine (2011), compreende um conjunto de ferramentas capaz de reunir a cartografia, o armazenamento de dados, permitindo que se faça o tratamento e a análise dessas informações, tudo isso de forma

integrada, através de programas computacionais relacionados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Cinzento na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri - PA, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos, como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, ordem e densidade de drenagem.

## 2 - MATÉRIAS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de Imagens Orbitais SRTM, fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e tratadas em ferramenta de SIG ArcGIS 10.1 Esri, 2012 onde se pode delimitar a bacia hidrográfica do rio Cinzento, totalmente inserida na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (figura 1) e de posse da delimitação da bacia obtiveram-se diferentes características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

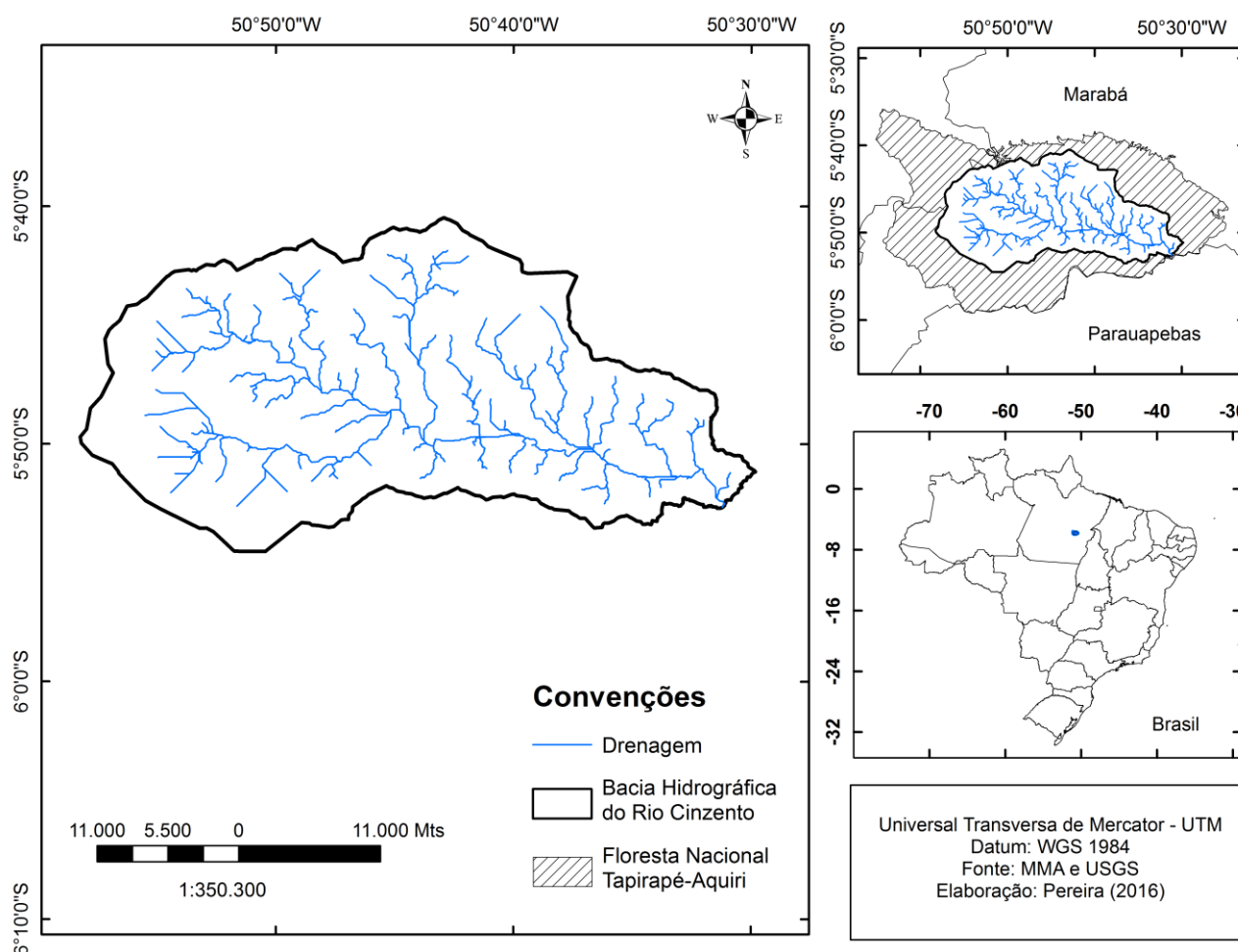


Figura 1 - Localização bacia hidrográfica do Rio Cinzento – Autor (2016).

## 2.1 Coeficiente de Compacidade

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia com um círculo e constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Este é representado pela Equação 1

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde:

$K_c$  – coeficiente de compacidade

$P$  – perímetro da bacia (km)

$A$  – área de drenagem, km

Bacias hidrográficas cuja forma se aproxima à de um círculo, tendem a proporcionar a conversão do escoamento superficial para um trecho pequeno do rio principal; assim, quanto mais próximo a 1 for este índice maior a potencialidade de picos de enchentes na bacia hidrográfica Oliveira *et al.* (2010)

## 2.2 Fator de Forma

O fator de forma ( $F_f$ ) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Este é representado pela Equação 2

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde:

$F_f$  – fator de forma

$A$  – área de drenagem dada (km<sup>2</sup>)

$L$  – comprimento do eixo da bacia (km)

Oliveira *et al.* (2010) dispõe que uma bacia com  $F$  baixo possui menor propensão a enchentes que outra com a mesma área mas com  $F$  maior, em virtude de que em uma bacia estreita e longa ( $F_f$  baixo), ocorre menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, simultaneamente, toda a sua extensão.

## 2.3 Índice de Circularidade

O índice de circularidade ( $IC$ ) tende para a unidade à medida em que a bacia se aproxima da forma circular e diminui sempre que a forma se torna alongada. A Equação 4 expressa tal índice.

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (4)$$

Onde:

$IC$  = índice de circularidade

$A$  = área de drenagem (km<sup>2</sup>)

$P$  = perímetro (km)

## 2.4 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (Dd) indica o nível de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, fornecendo uma indicação da sua eficiência. O cálculo de Dd é expresso pela relação entre o somatório do comprimento total dos canais com a área da bacia de drenagem e está representada pela Equação 3.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (3)$$

Onde:

Dd – densidade de drenagem (km km<sup>-2</sup>)

Lt – comprimento total de todos os canais (km)

A – área de drenagem (km<sup>2</sup>)

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica estudada possui área de 845,04 km<sup>2</sup> e perímetro 143,96 km, sendo que encontra-se em sua totalidade inserida na Flona do Tapirapé-Aquiri conforme figura 1. Os resultados obtidos das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Cinzento – PA estão reportados na tabela 1.

Tabela 1 – Características morfométricas da bacia do rio Cinzento – Autores (2016).

Parâmetro Morfométrico	Resultado
Área de drenagem	845,04 km <sup>2</sup>
Perímetro	143,96 km
Coefficiente de compacidade (kc)	1,38
Fator de forma (Ff)	0,31
Índice de circularidade (IC)	0,51
Densidade de drenagem	0,78 km/km <sup>2</sup>
Hierarquia de canais (Strahler)	4º ordem
Altitude mínima	170 m
Altitude média	170-250 m
Altitude máxima	650 m
Declividade	Suave ondulado

Considerando os resultados obtidos pode-se classificar a bacia hidrográfica do rio Cinzento como de baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, evento constatado em virtude do coeficiente de compacidade (Kc) apresentar o valor tanto afastado da unidade e o

fator de forma (Ff) exibir um valor baixo. Deste modo, pode-se considerar que a bacia em estudo não possui forma circular e, sim, tendência alongada.

Outro índice que indica a forma da bacia é o de circularidade (IC). De acordo com Oliveira *et al.* (2010), valores maiores que 0,51 mostram que a bacia tende a ser mais circular favorecendo os processos de inundação (picos de cheias), neste caso a bacia estudada possui IC de 0,51, porém os demais indicadores apontam que a bacia não possui forma circular, desfavorecendo os picos de enchentes.

Sobre a densidade de drenagem, a bacia do rio Cinzento apresentou valor de 0,78 Km/Km<sup>2</sup>, sendo assim, a bacia em estudo possui em sua extensão maior números de cursos hídricos intermitentes, em face da parcela de cursos hídricos perenes. Isso influencia na ocorrência de períodos secos em alguns pontos da bacia de estudo e ocasiona maior demanda de fontes hídricas alternativas.

Villela e Mattos (1975) afirmam que esse índice pode variar de 0,5 Km/Km<sup>2</sup> em bacias pobres em drenagem a 3,5 Km/Km<sup>2</sup> em bacias ótimas em drenagem. De acordo com Tonello (2006) valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação, frequente em bacias alongadas.

A bacia do rio Cinzento detém uma amplitude altimétrica de 480 m (figura 2) sendo suas maiores cotas em parte da formação rochosa conhecida como a Serra dos Carajás.

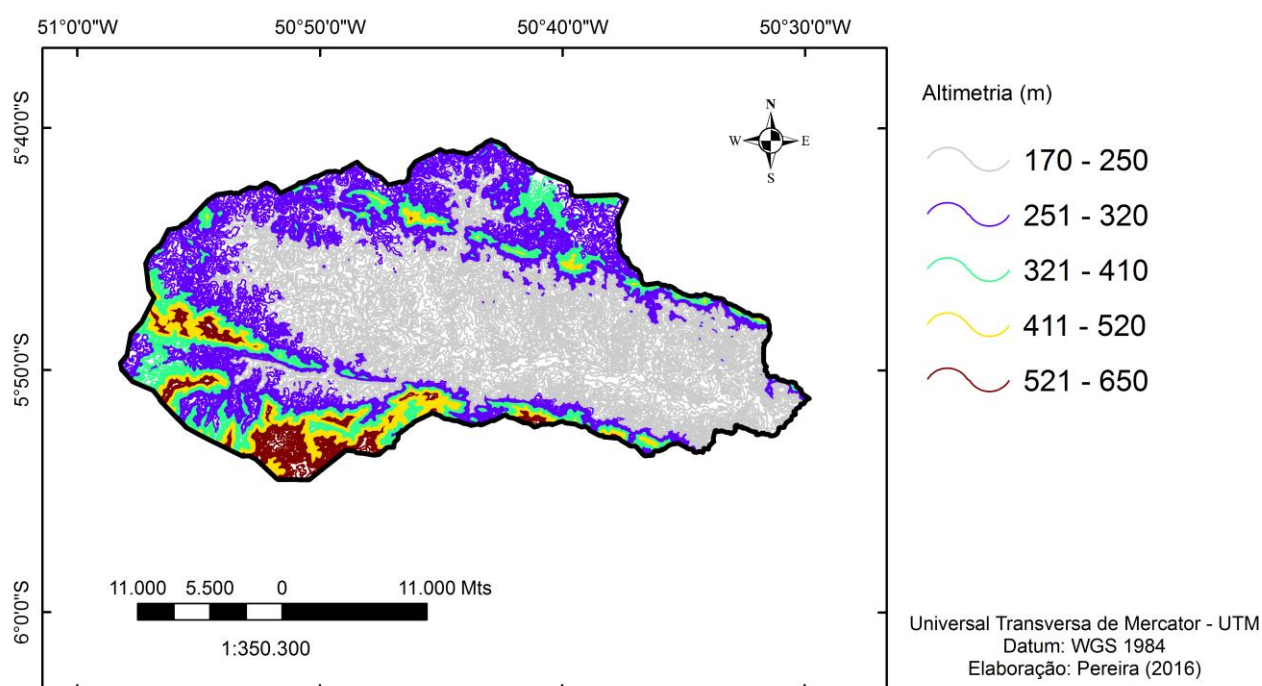


Figura 2 – Mapa altimétrico da bacia do rio Cinzento – Autores (2016).

Entretanto, o valor encontrado para a altitude média mostra que 40,78% da área da bacia assenta-se sobre baixas altitudes, o que podem levar o rio principal e os tributários a apresentarem

neste setor, potencial para o surgimento de planícies de inundação durante o período de cheia sazonal.

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia fluvial de Strahler (1957), constitui unidade fisiográfica de quarta ordem na época de cheia (Figura 3). Assim, a bacia rio Cinzento é caracterizada como média bacia. Este parâmetro evidencia a existência de atividades que remetem a efeitos diretos no uso da terra, mas devido a bacia em estudo se encontrar em área de preservação permanente a configuração física se mantém inalterada por não haver atividades direta ao uso do solo.

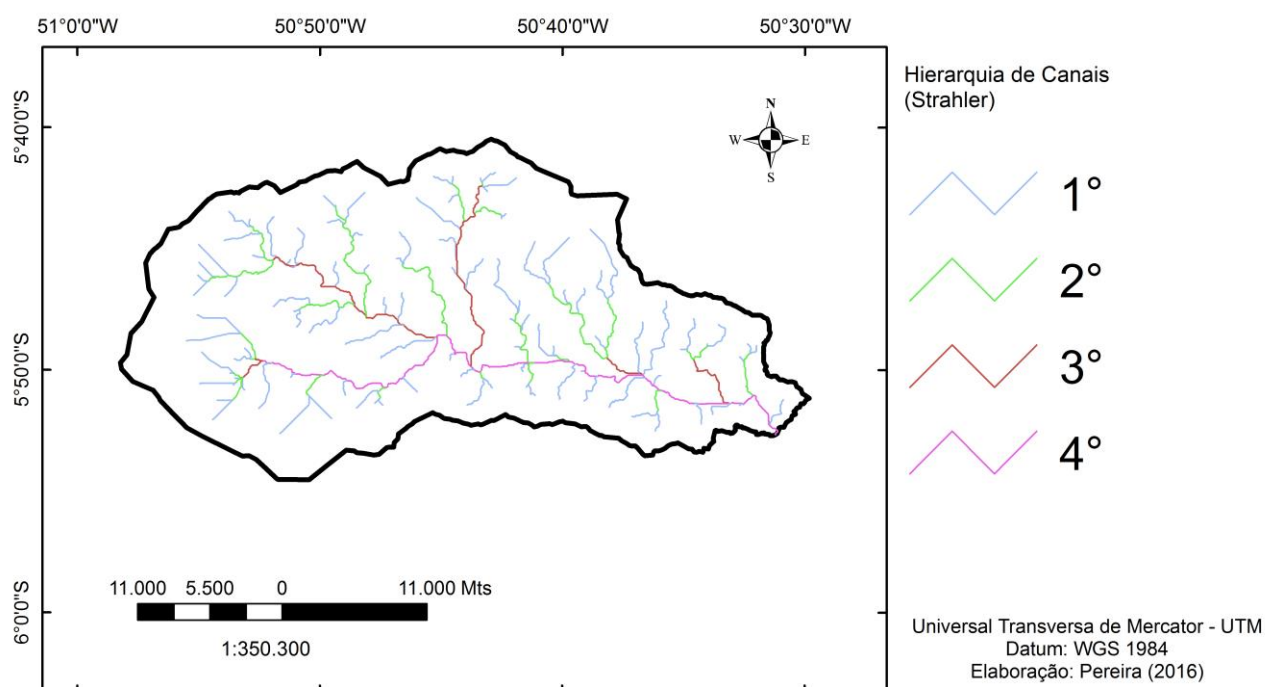


Figura 3 – Mapa de hierarquia fluvial da bacia do rio Cinzento – Autores (2016).

Em termos de declividade média da bacia, os valores encontram-se no intervalo 3 a 8%, representando um relevo suave ondulado conforme classificação da EMBRAPA (1979), figura 04. Segundo Elesbon *et al.* (2011) a velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas de enchentes, indicando maiores variações de vazões instantâneas.



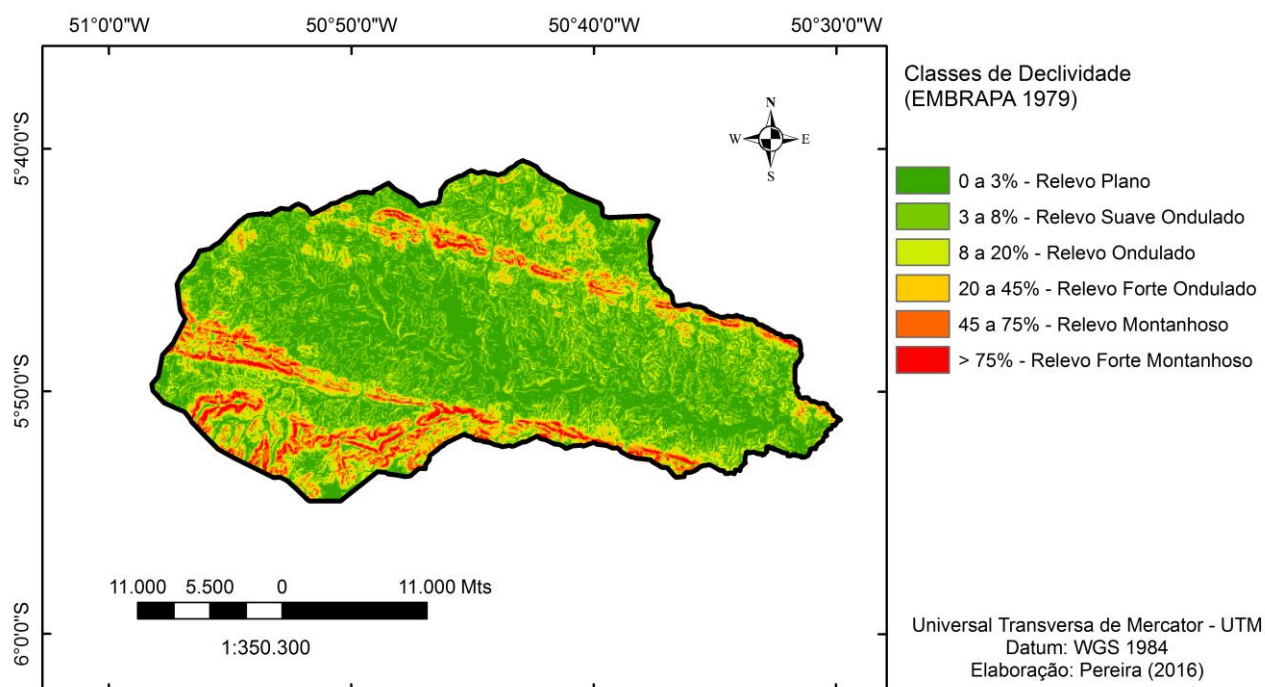


Figura 4 – Mapa de declividade EMBRAPA (1979) da bacia do rio Cinzento – Autores (2016).

Segundo Tucci e Clarke (1997) o grau desta medida está correlacionado com o escoamento superficial, em virtude dos processos erosivos que implicam potencialmente na degradação dos componentes da bacia hidrográfica. Dessa forma, a cobertura vegetal da Flona Tapirapé-Aquiri tem papel prático em minimizar esse impacto, ao atuar na absorção dos excessos hídricos, sejam de origem superficial ou produzido nas precipitações.

## 5 – CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, pode-se concluir que as ferramentas de SIG aliado às características fisiográficas e hidrográficas de uma localidade se mostram uma importante ferramenta para a gestão e planejamento dos recursos hídricos.

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Cinzento aponta para uma bacia de forma mais alongada, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma de maneira coadunada. A altitude média demonstra 40,78% de baixas atitudes, e um relevo suave ondulado, condições que poderiam produzir excesso de sedimentos carregados em grandes pluviosidades colaborando para processos erosivos, situação que pôde ser atenuada pela cobertura vegetal protegida por lei.

O estudo apresenta informações de extrema importância pois demonstra frágil manutenção das condições hídricas em condições normais de precipitação, situação que poderia ser intensificada pelas atividades de mineração existentes na região caso a bacia do rio Cinzento não se dispusesse em área de preservação permanente.



## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Decreto nº 97.720, de 5 de maio de 1989. “*Cria a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri*” Brasília, Casa Civil, 1989.
- CARVALHO, w. m. *et al.*. “*Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará – MG*”. Revista Rrriga, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 398-412, jul-set, 2009.
- ELESBON, A.A.A.; Guedes, H.A.S.; Silva, D.D.; Oliveira, I.C. “*Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfológica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus – Brasil*.” Revista Escola de Minas, v.64, n.3, p.281-288, 2011.
- ESRI, Environmental Systems Research Institute. Inc. *ArcGIS Professional GIS for the desktop*. versão 10.1. Software, 2012.
- LIMA, W.P. “*Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*”. ESALQ/USP: Piracicaba, 2.ed. 2008, 245p.
- OLIVEIRA, Paulo T. S. *et al.*” *Caracterização morfológica de bacias hidrográficas através de dados SRTM*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campo Grande-MS, v. 14, n. 8, p.819-825, mar. 2010.
- SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. do C. “*Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana*”. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 256-285, jan-abr, 2011.
- SILVA, Rafael Luís *et al.*, “*Caracterização Morfológica da Micro Bacia Hidrográfica do Córrego do Monjolo na Cidade de Patos De Minas – MG*. 21º Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília: ABRH, 2015. 8 p.
- STRAHLER, A.N. “*Quantitative analysis of watershed geomorphology*.” New Halen: Transactions: American Geophysical Union, v.38, n.6, p.913-920, 1957.
- TONELLO, K. C. *et al.* “*Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das pombas, Guanhães – MG*.” Revista Árvore. Viçosa, v. 20, n. 5, p. 849-857, mar./abr. 2006.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. “*Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.2, n.1, p.135-152, 1997.
- USGS Eros Data Center. *Shuttle Radar Topography Mission*. Disponível em: <http://edc.usgs.gov/srtm/mission.html> . 2004. Acesso em 14, jun. 2016.
- VALLE JUNIOR, R. F. *et al.* “*Diagnóstico das áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do Córrego Jataí*”. Revista Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 153-157, jul - set, 2011.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, “*A. Hidrologia aplicada*.” Hidrologia aplicada. McGraw-Hill, 1975.