

A erosividade da chuva nos municípios mineiros da bacia do rio Doce, por meio do programa computacional netErosividade MG

The rainfall erosivity on rio Doce basin cities of Minas Gerais, through the netErosividade MG software

La erosividad de la lluvia en los municipios de Minas Gerais de la cuenca del río Doce, a través del programa informático netErosividade MG

Recebido: 10/11/2020 | Revisado: 12/11/2020 | Aceito: 21/11/2020 | Publicado: 26/11/2020

Felipe Ribeiro Floriano Borges

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7569-7154>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: felipeborges17@gmail.com

Karen Esteves Ezezinos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3848-9131>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: eng.karenesteves@hotmail.com

Eliane Maria Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1749-6105>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: elianevieira@unifei.edu.br

Resumo

A deposição de sedimentos nos corpos d'água, gerada pelos acelerados processos erosivos, é um dos principais problemas de qualidade da água superficial da bacia hidrográfica do rio Doce. Entre as variáveis que causam os processos erosivos, tem-se a erosão pluvial, que pode ser acentuada pelas características de intensidade de chuvas. Buscando caracterizar o potencial erosivo das chuvas em cada município mineiro da bacia do rio Doce, este trabalho utilizou o programa netErosividade MG. Para tal, foram selecionados os 190 (cento e noventa) municípios mineiros da bacia do rio Doce e obtidos seus valores de erosividade das chuvas. Os dados foram tabulados por Unidade de Gestão de Recursos Hídricos e organizados de forma descendente. Os resultados obtidos apontaram que a unidade de gestão com maior média do

potencial erosivo, por município, foi a do rio Piranga, com $6928,61 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Outras duas próximas ao valor da primeira, em potencial, foram as dos rios Piracicaba (6761,94) e Manhuaçu (5884,3), que também apresentaram médio potencial. A sub-bacia com menor potencial encontrado foi a do rio Suaçuí, com valores de baixo potencial erosivo, em torno de $3417,59 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A partir dos dados gerados, foi possível desenhar o gráfico da distribuição do potencial erosivo durante um ano hidrológico para cada sub-bacia. Mediante tais resultados, espera-se que as tabelas, os gráficos e o *web map* produzidos sejam capazes de auxiliar os atores na tomada de decisão de políticas públicas voltadas para a gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce.

Palavras-chave: Processos erosivos; Potenciais erosivos; *Web map*; Gestão de recursos hídricos.

Abstract

The sediment deposition on water bodies, provided by accelerated erosive processes, is one of the most relevant superficials water's quality problems of the rio Doce watershed. The erosion can be caused by different ways, among them is rainfall erosion, which can be accentuated by the characteristics of rainfall intensity, slope, and soil type. Aim to characterize the erosive potential of rains in each rio Doce basin cities of Minas Gerais, this paper uses the netErosividade MG software. For this purpose, were selected 190 (hundred ninety) cities of Minas Gerais in the Rio Doce watershed and take their rainfall erosivity values. The data were tabulated through the respective Water Resources Management Unit and organized in a descending way. The output obtained showed that the Piranga unit has the most erosive potential, with $6928,61 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a medium grade. The other two major potentials were the Piracicaba unit (6761,94) and Manhuaçu unit (5884,3), which are also medium grade potential. A sub-basin with the lowest potential output was the Suaçuí, with values of low erosive grade potential, $3417,59 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. From the data generated, it was possible to draw a distribution chart of erosive potential over a hydrological year for each sub-basin. Through these results, it is expected that tables, charts, and web map produced may support the actors of water resources management to make public policy decisions at the Rio Doce basin.

Keywords: Erosive process; Erosive potentials; Web map; Water resources management.

Resumen

La deposición de sedimentos en los cuerpos de agua, generada por los procesos erosivos acelerados, es uno de los principales problemas de calidad del agua superficial de la cuenca hidrográfica del río Doce. Entre las variables que provocan los procesos erosivos, se encuentra la erosión pluvial, que puede acentuarse por las características de la intensidad de las lluvias. Buscando caracterizar el potencial erosivo de las lluvias en cada municipio minero de la cuenca del río Doce, este trabajo utilizó el programa netErosividade MG. Para ello se seleccionaron 190 (ciento noventa) municipios mineros de la cuenca del río Doce y se obtuvieron sus valores de erosividad pluvial. Los datos fueron tabulados por la Unidad de Gestión de Recursos Hídricos y organizados de forma descendente. Los resultados obtenidos mostraron que la unidad de manejo con mayor potencial erosivo promedio, por municipio, fue el río Piranga, con $6928,61 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Otros dos grandes potenciales fueron los de los ríos Piracicaba (6761,94) y Manhuaçu (5884,3), que también tenían un potencial medio. La subcuenca con menor potencial encontrado fue el río Suaçuí, con valores de bajo potencial erosivo, $3417,59 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A partir de los datos generados, fue posible trazar un gráfico de la distribución del potencial erosivo durante un año hidrológico para cada subcuenca. A través de estos resultados, se espera que las tablas, gráficos y mapa web puedan ayudar a los actores de la cuenca en la toma de decisiones de políticas públicas orientadas al manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Doce.

Palabras clave: Procesos erosivos; Potencial erosivo; Web map; Gestión de recursos hídricos.

1. Introdução

Os processos erosivos do solo, quando agravados pelas atividades antrópicas, são um dos mais significantes problemas ambientais, no que tange à qualidade da água e do solo (Bhattarai & Dutta, 2007). Estes, quando ocorrem de forma acelerada e sem controle de sua magnitude, tem o potencial de afetar a qualidade da água, disponibilizando excessos de nutrientes em corpos hídricos, como de fósforo e nitrogênio, responsáveis pela eutrofização de corpos d'água (Hayakawa, Ikeda, Tsushima, Ishikawa, & Hidaka, 2015). Além disto, há o risco de comprometer a disponibilidade de água em sua forma superficial, pois contribuem para o assoreamento dos corpos hídricos, podendo, por vezes, comprometer o ecossistema aquático (Lou et al., 2016; Sharabian, Ahmad & Karakouzian, 2018; Correll, 1998). Na interface dos solos, o processo erosivo acentuado pode decorrer em uma perda de nutrientes, tornando-o

pobre para os diversos usos, a exemplo da produção de culturas agrícolas (Jain & Kothyari, 2000; Barbosa, Bertol, Luciano, Paz-González & Vázquez, 2009).

Com tais considerações, se faz preponderante conhecer as variáveis que causam este fenômeno natural. Como primeira variável contributiva para os processos erosivos, tem-se a declividade do terreno, a qual tem não só uma correlação, como também uma causalidade na velocidade em que se resultam os processos erosivos (Bagio & Bertol, 2017). Quanto mais acidentado o relevo, maiores poderão ser a velocidade e o volume do escoamento superficial, resultando em alterações mais graves.

Além da declividade, tem-se as características do solo, visto que a resistência de serem erodidos depende diretamente de propriedades como textura, composição, estrutura e porosidade presentes (Albuquerque et al., 2000; Nunes & Cassol, 2008; Nunes et al., 2013).

Na erosão pluvial, o impacto das gotas, ao entrar em contato com o solo, provoca um efeito conhecido como “*splash*”, que decorre da dispersão de energia sobre o solo, despreendendo as partículas de sua composição e as salpicando. Parte destas partículas causam um selamento da superfície do solo, dificultando a infiltração da água e provocando o incremento do escoamento superficial. Por fim, estas partículas são transportadas pela lâmina formada (Mello, 2007). Dentro deste entendimento, o clima é preponderante em caracterizar como se dará a intensidade, a frequência e o volume de chuvas (Mello, 2007). Uma vez que, quando uma chuva de grande volume de precipitação ocorre em um curto espaço de tempo, tem-se uma intensidade tal que, antes do solo infiltrar parte do precipitado, ocorrerá o escoamento superficial, iniciando-se o processo erosivo.

Com o objetivo de explicar a relação entre a ocorrência das chuvas, quanto a seu volume, sua intensidade e seu potencial de gerar um processo erosivo, Wischmeier & Smith (1978) desenvolveram o índice EI_{30} , que calcula o potencial erosivo de chuvas por meio de sua intensidade (I). Tal metodologia se alicerça na razão de que quanto maior o volume precipitado, em um curto intervalo de tempo, maiores serão os diâmetros das gotas de chuva e, portanto, maior a energia cinética incidida no solo.

Apesar de oferecer uma relevante contribuição na compreensão do potencial da chuva no processo erosivo, para se realizar o cálculo do Índice EI_{30} são necessários dados que, por muitas vezes, são trabalhosos de se obter ou até mesmo inexistentes em determinadas regiões (Risal et al., 2016).

No intuito de facilitar o processo de obtenção do EI_{30} , Risal et al. (2016), Diodato & Bellocchi (2007), Morgan (2005) correlacionaram este índice com o fator de erosividade de chuva (R_c) da *universal soil loss equation* - USLE. Outros autores relacionaram o EI_{30} com o

Índice de Fournier Modificado (MFI) de Renard & Freimund (1994), como Arnoldus (1980), que desenvolveu um modelo para o Marrocos. Ainda, Mello, Viola, Curi & Silva. (2012) o aplicou para todo o território do estado do Espírito Santo, ao passo que Rutebuka et al. (2020) obteve resultados relevantes de erosividade, por meio de um modelo baseado no MFI aplicado em diferentes regiões de Ruanda. Tais correlações conseguiram, com sucesso, facilitar a obtenção do potencial erosivo da chuva, visto que ele pôde ser calculado por meio de valores mensais e anuais de precipitações, esta descoberta foi fundamental na simplificação dos cálculos necessários, pois há maior disponibilidade destes dados em estações.

Dentro do contexto de simplificação de todo o processo de obtenção da erosividade da chuva, Moreira, Pruski, Oliveira, Pinto e Silva (2009) desenvolverem uma arquitetura de Redes Neurais Artificiais (RNAs) para a obtenção dos valores o fator de erosividade de chuva (R_c) para todo o território de Minas Gerais. Uma RNA consiste em um conjunto de equações que interpolam informações, agindo como um cérebro humano, adquirindo conhecimento por intermédio de treinamentos das conexões de pontos de informação (neurônios artificiais). Para treinar as RNAs, Moreira et al. (2009) utilizou 254 (duzentos e cinquenta e quatro) estações pluviométricas no estado de Minas Gerais e outras 14 (catorze) em seu entorno. Nesta RNA, a energia é obtida por duas metodologias, a de Foster, G.R., McCool, D.K., Renard, K.G., & Moldenhauer, W.C (1981) e a de Wagner & Massambani (1988). A de Foster et al. (1981) trata-se da obtenção da energia cinética pelo método de Wischmeier & Smith (1978) com a posterior conversão das unidades usuais dos Estados Unidos da América (*hundreds of foot-tonf-inch / acre hour year*) para o sistema internacional (SI) ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$), por meio da multiplicação de um índice de valor 17,02. Na metodologia de Wagner & Massambani (1988) há grande semelhança com o método de Wischmeier & Smith (1978), existindo apenas uma mudança nos valores de constantes, além de fornecer os valores no sistema de unidades SI.

Em complementação à esta arquitetura, Moreira et al. (2009) desenvolveu um programa computacional proprietário, para a disponibilização e treinamento das RNAs para uso de técnicos e extensionistas, este programa foi nomeado como netErosividade.

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia do rio Doce (PIRH-Doce), a bacia do rio Doce tem, entre seus principais problemas atuais, os impactos do lançamento de efluentes sem o devido tratamento. Isto causa um significativo impacto negativo na qualidade da água superficial disponível na bacia. Não obstante, outro agravante à qualidade da água superficial é a disposição de sedimentos nos corpos d'água. Devido ao desmatamento generalizado e ao mau uso dos solos, a região tem experimentado um intenso processo de

erosão. Este processo tem seu resultado mais evidente na parte baixa da bacia, onde os sedimentos causam um assoreamento grave na foz de seu curso principal. Além disto, a produção de sedimentos pode afetar os parâmetros de turbidez, cor e sólidos dissolvidos totais, podendo ainda contribuir para a elevação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e dos teores de ferro e de fósforo (Consórcio Ecoplan-Lume, 2010, p.21).

Visando sanar a problemática da geração de sedimentos, o PIRH-Doce (2010) trouxe, em seu Volume II, uma meta específica de mapeamento das áreas produtoras de sedimentos: em dois anos (a contar da aprovação do PIRH), deverá ser realizado o mapeamento e caracterização de áreas rurais produtoras de sedimentos, com os volumes estimados de sedimentos gerados e a tipologia dos processos erosivos (Consórcio Ecoplan-Lume, 2010, p. 22).

Apesar de estipuladas, as metas pouco foram cumpridas nesta dimensão, com grande parte do recurso total reservado para o Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos (P12) ainda não investido. Ressalta-se que cerca de 71,85% do valor previsto se encontra livre e não utilizado ao fim de dez anos de publicação do PIRH Doce (2010) (Instituto BioAtlântica, 2020, p. 22).

Ao adentrar nas perspectivas da gestão dos recursos hídricos no Brasil, deve-se considerar que o ambiente do Sistema Nacional de Gerenciamento Recursos Hídricos (SINGREH) é caracterizado por sua maior participação social na gestão de seus fins (Wolkmer & Pimmel, 2013). A sociedade, o Estado e os agentes econômicos, com diferentes perspectivas, no entanto, um único interesse, têm por objetivo tornar a gestão dos recursos hídricos mais eficiente, garantindo o seu desenvolvimento (Gonçalves, 2005). Este contexto forma o ambiente de governança, uma teoria liberal, onde o Estado deve garantir a participação da sociedade nas tomadas de decisões. Segundo Rogers & Hall (2003), a boa governança é alicerçada em características básicas, sendo elas: participação, equidade, responsabilidade, coerência, sensibilidade, integração, ética e, por fim, transparência. Com a última em mente, as informações obtidas devem ter um fácil e largo acesso, buscando romper barreiras que promovam a assimetria de informações entre os atores.

Segundo Mooney & Juhász (2020), os mapas disponibilizados na rede mundial de computadores (*web maps*) são poderosas ferramentas de disseminação e de democratização de informações com componentes de localização espacial. Por meio deles, é possível organizar, mapear e difundir informações de pesquisas, tais quais as aplicadas ao campo da ecologia e do meio ambiente (Howell et al., 2019). Os *web maps* são hospedados por servidores da *web*, auxiliados por sistemas específicos para a disponibilização e apresentação dos dados

requisitados pelos usuários (ou clientes). Convencionalmente, estes são conhecidos como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) dispostos na rede mundial de computadores, os *SIG-Webs* ou, no inglês, *WebGIS* (Honglei & Wenming, 2020).

Os *SIG-Webs* podem ser ofertados de diversas formas e por meio de diferentes softwares ou servidores. Inicialmente, tem-se aqueles que operam de forma autônoma (*standalone*) utilizando aplicativos em servidores locais, onde as informações e as hospedagens são dispostas de forma proprietária. Por conseguinte, os *SIG-Webs* podem ser arquitetados em plataformas em nuvem (*cloud computing*), podendo ser hospedados em servidores como o *Amazon Web Services (AWS)*, *OpenStack* e *CloudStack*, com toda sua infraestrutura (armazenamento, processamento e rede) provida por estas fontes, os *infrastructure-as-a-service (IaaS)*. Eles também podem ser providos pelos *softwares-as-a-service (SaaS)*, onde toda a estrutura é realizada por um *software* completo, sendo esta uma alternativa adequada a desenvolvedores com menores experiências em programação (Gangadharan, 2017).

Mediante tais circunstâncias, acredita-se que o conhecimento das características do potencial erosivo das chuvas, bem como o levantamento das UGRHs prioritárias, seguido da identificação dos municípios com maiores índices de cada unidade, é de grande valia para o planejamento de futuras ações de investimento na bacia. Desta forma, faz-se objetivo deste estudo o levantamento dos potenciais erosivos de chuvas anuais e mensais dos municípios das UGRHs da bacia do rio Doce no estado de Minas Gerais, hierarquizados conforme seus resultados. Além disto, buscar-se-á gerar um mapa disposto na *web (web map)* com os pontos dos municípios destacados e qualificados em classes de potencial erosivo, para o acesso dos diferentes atores na bacia do rio Doce.

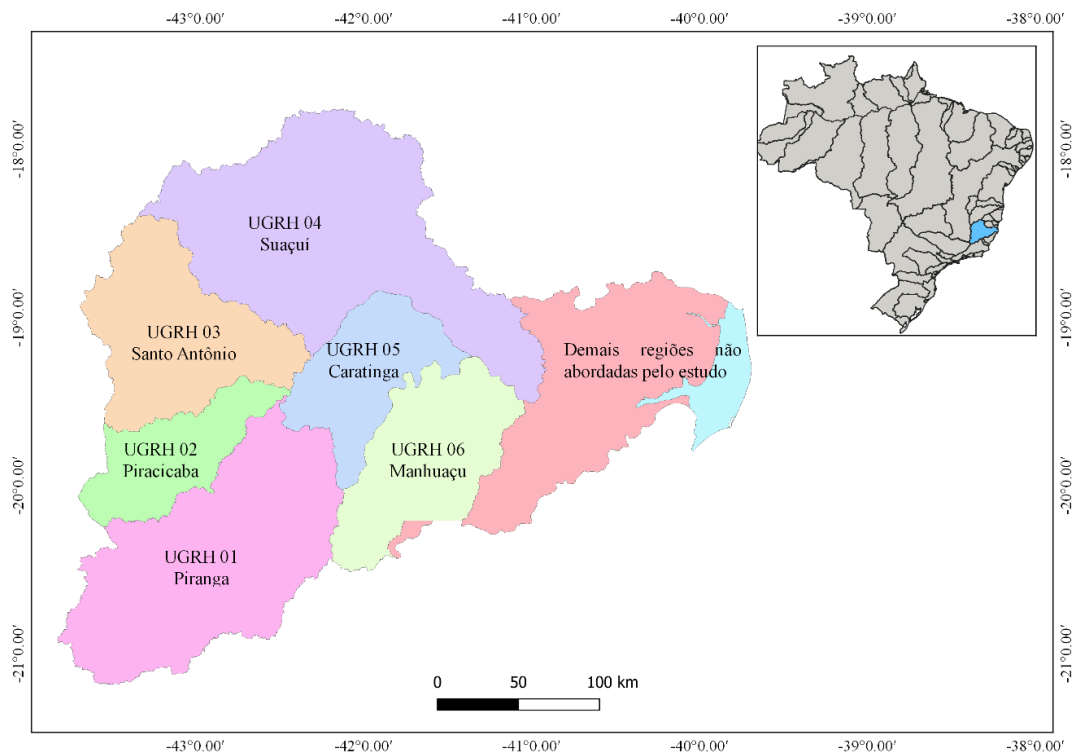
2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

Foram selecionadas as seis sub-bacias do rio Doce, localizadas no território do estado de Minas Gerais. As bacias dos afluentes mineiros do rio Doce compõem as seis Unidades de Gestão dos Recursos Hídricos objetos deste estudo. Existem outras unidades que fazem parte do território da bacia do rio Doce, no entanto, encontram-se no território do estado do Espírito Santo e, portanto, não serão objeto de estudo neste trabalho. A razão pela qual as bacias que se encontram fora do território de Minas Gerais não serem estudadas deve-se ao fato de que a geração de dados de erosividade de chuvas é limitada pelo *software* disponível. Na Figura 1,

estão mapeadas cada Unidades de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos do rio Doce no território do estado de Minas Gerais.

Figura 1- Unidades de Gestão de Recursos Hídricos da porção mineira do rio Doce.



Fonte: Autores, (2020).

2.2 Coleta dos dados

No presente trabalho, utilizou-se o netErosividade (Universidade Federal de Viçosa, 2008) como fonte de informação para estipular o valor mensal e anual de erosividade da chuva para todos os municípios mineiros com sede na região da bacia do rio Doce.

Os municípios selecionados foram aqueles com sedes nas regiões estudadas e encontrados no Quadro 3.1 do Volume I do Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia do rio Doce (Consórcio Ecoplan-Lume, 2010. pp. 109-117). No total, foram selecionados 190 (cento e noventa) municípios das seis Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do rio Doce, inseridas no território de Minas Gerais.

2.3 Análise dos Dados

Foram empregadas medidas de posição, tendência central e dispersão dos dados, como média, mediana, desvio padrão e coeficientes de variação.

As medidas de posição e a tendência central visam determinar o centro de distribuição dos dados observados. Ao passo que as medidas de dispersão indicam o quanto os dados se encontram dispersos em torno da região central (Guimarães, 2008, pp. 49-55).

A partir dos resultados obtidos, elaborou-se gráficos e tabelas, com o intuito de facilitar a observação do comportamento do potencial erosivo nas bacias estudadas ao longo de um ano hidrológico.

2.4 Classificação dos municípios

De acordo com os valores de erosividade anual obtidos, cada município e UGRH recebeu uma classificação. As classes são definidas de muito baixa a muito alta capacidade de erosividade. Desta forma, serão cinco classes no total, conforme a metodologia de classificação de Santos (2008), apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos municípios e UGRHs, conforme erosividade da chuva.

Classe de Erosividade	Valores de Erosividade	
	Anual $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	Mensal $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$
Muito Baixa	$R < 2500$	$R < 250$
Baixa	$2500 < R < 5000$	$250 < R < 500$
Média	$5000 < R < 7000$	$500 < R < 700$
Alta	$7000 < R < 10000$	$700 < R < 1000$
Muito Alta	$R > 10000$	$R > 1000$

Fonte: Adaptado de Santos, (2008).

2.5 Disponibilização dos dados obtidos para acesso por técnicos e atores da região da bacia do rio Doce

Este trabalho utilizou uma plataforma SaaS para hospedar os dados de informações geográficas, bem como os dados de erosividade das chuvas mensais e anuais. Os dados são considerados por município, contemplando aqueles situados na porção mineira da bacia do rio

Doce, adquiridos por meio da metodologia apresentada anteriormente. A plataforma usada para o desenvolvimento do *web map* foi o *ArcGis Online* (ESRI, 2020).

3. Resultados e Discussão

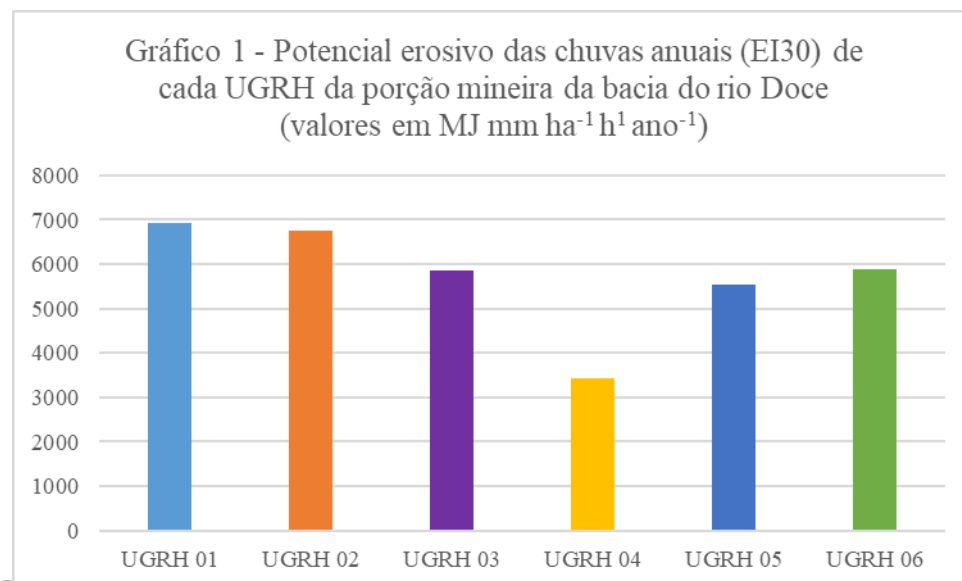
O netErosividade MG apresentou, com sucesso, os valores de todos os municípios da bacia do rio Doce localizados no estado de Minas Gerais. Para cada Unidade de Gestão de Recursos Hídricos (UGRH), obteve-se resultados importantes. Notam-se características particulares de desvio padrão e máxima para cada uma delas, demonstrando um comportamento pouco homogêneo entre as unidades de gestão (mesmo com médias em mesma classe para quase todas elas). Cada valor foi submetido a uma análise de estatística descritiva. A seguir, na Tabela 2, expõe-se os valores obtidos após as análises realizadas.

Tabela 2 - Estimativas da erosividade pluvial anual das UGRHs mineiras da bacia do rio Doce.

UGRH	Média		Média dos Métodos (F e W & M)	Classe (SANTOS, 2008)	Desvio Padrão		Máxima	
	F	W & M			F	W & M	F	W & M
01	6809,95	7047,26	6928,61	Média	132,67	422,47	7357	7871
02	6863,00	6660,88	6761,94	Média	279,45	515,53	7286	7293
03	5960,30	5746,96	5853,63	Média	383,12	481,69	6430	6623
04	3350,07	3485,10	3417,59	Baixa	1113,46	873,87	5587	5223
05	5949,68	5213,44	5581,56	Média	889,43	725,42	6756	6487
06	6061,96	5707,70	5884,83	Média	1019,29	931,88	6876	7079

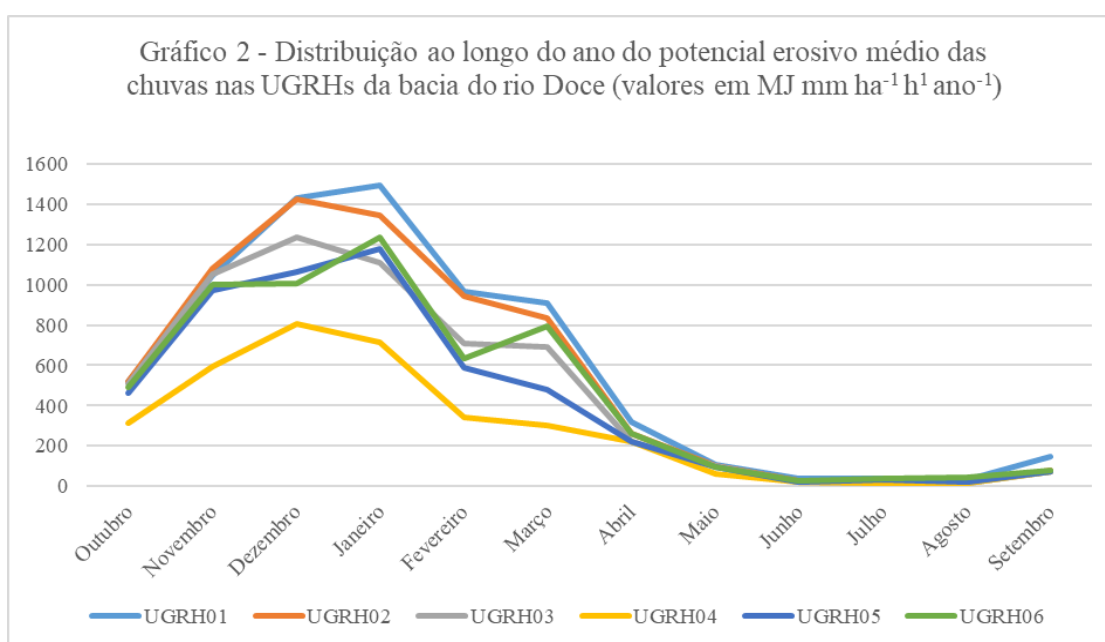
Fonte: Autores, (2020).

Com a análise do Gráfico 1, é possível notar como se diferenciam os potenciais médios de cada região. A UGRH 01 e a UGRH 02 possuem valores médios mais altos da área de estudo, enquanto as regiões das UGRHs 03, 05 e 06 possuem um quantitativo médio anual próximo entre elas. É notório que a UGRH 04 possui um valor de média do potencial erosivo anual das chuvas muito inferior às demais.



Fonte: Autores, (2020).

Tendo em vista a assimetria entre o potencial erosivo das chuvas em cada região, neste trabalho, buscou-se entender como estas diferenças apresentam-se no decorrer de um ano hidrológico, adotado como o período de outubro a setembro (IGAM, 2015). De posse dos dados mensais, obtidos nos relatórios gerados pelo netErosividade MG, realizou-se a média dos valores de todos os municípios para cada UGRH do rio Doce em Minas Gerais. Estes dados são apresentados no Gráfico 2, que ilustram, de outubro a setembro, os potenciais erosivos das chuvas, mês a mês.



Fonte: Autores, (2020).

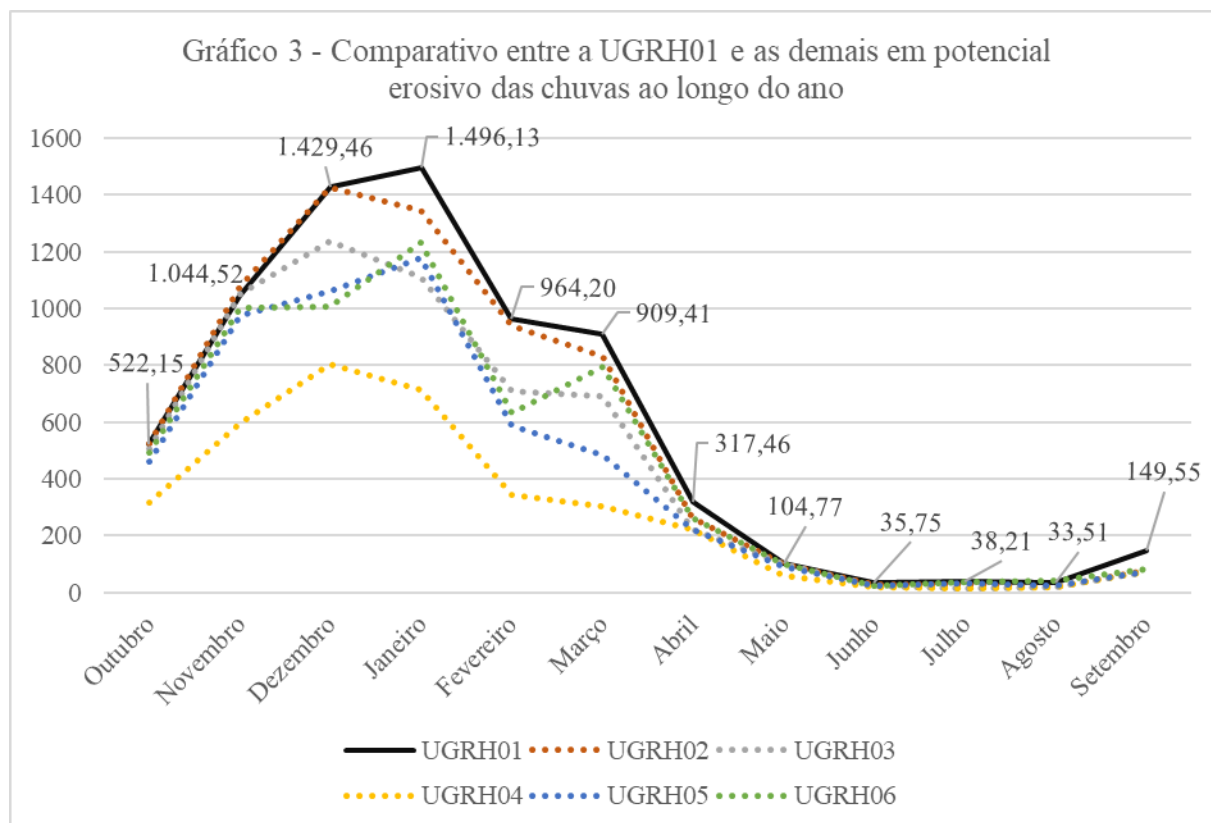
As curvas do Gráfico 2, bem como os dados descritos na Tabela 2, serão analisados separadamente por UGRH em tópicos dedicados.

3.1 UGRH 01 – Bacia hidrográfica do rio Piranga

A UGRH 01, bacia hidrográfica do rio Piranga, foi a sub-bacia do rio Doce com maiores valores de potencial erosivo, com média por cidade de $6928,61 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, quando realizada a média entre as duas metodologias, de Foster et al. (F) e Wagner & Massambani (W & M). O maior valor encontrado nessa bacia foi de $7357 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para F, e $7871 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para W & M, valores que são classificados como alto potencial erosivo.

Com o cálculo do desvio padrão, descrito na Tabela 2, foi possível inferir a dispersão dos dados em torno da média. Em outras palavras, é possível obter-se uma noção do quanto os valores variam de cidade a cidade dentro desta UGRH. O desvio padrão encontrado foi de $132,67 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o método (F) e $422,47 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para W & M, estes valores são considerados baixos. Quando aplicado o conceito de coeficiente de variação, tem-se 1,9% de variação para o primeiro método e 5,99% para o segundo. Desta forma, a UGRH 01 demonstrou boa homogeneidade dos dados entre os valores por cidades de sua região.

Por meio da análise do Gráfico 3, é possível observar que, na UGRH 01, o potencial erosivo das chuvas segue em uma tendência crescente de outubro ($522,15 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) até janeiro, quando ocorre seu maior valor, $1496,13 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.



Fonte: Autores, (2020).

Após este período, o potencial erosivo das chuvas decresce em fevereiro, para $964,20 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e apresenta valor semelhante em março ($909,41 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Em abril, há uma redução drástica, chegando ao valor de $317,46 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, isto acontece também em maio ($104,77 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e junho ($35,75 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). De junho a agosto, os potenciais se mantêm em valores semelhantes, voltando a crescer somente ao fim do ano hidrológico, no mês de setembro ($149,55 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). De forma geral, a UGRH 01 possui valores acima das demais UGRHs no mês de dezembro, quando supera os valores da UGRH 02 até maio, no momento que todas as regiões têm valores semelhantes. Seus valores voltam a superar as demais em setembro, com uma diferença visível, $149,55 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ contra $81 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ da UGRH 06, Manhuaçu, o segundo maior potencial erosivo do referido mês na bacia do rio Doce.

Ao consultar os valores da Tabela 3, nota-se que os municípios da bacia do rio Piranga tiveram valores de potencial erosivo classificados entre alto e médio. Em todos os municípios desta bacia, o valor máximo mensal verificado teve o potencial classificado como de muito alta erosividade. Desterro do Melo apresentou o maior quantitativo anual da bacia, com

7402 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, ao passo que Bom Jesus do Galho registrou o menor valor anual entre os demais, com 6416 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 3 –UGRH 01 – Piranga: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	Erosividade Anual (F)	Erosividade Anual W & M	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Desterro do Melo	6932	7871	7402	Alta	1555	Muito Alta
Ouro Preto	7357	7388	7373	Alta	1657	Muito Alta
Mariana	7237	7381	7309	Alta	1620	Muito Alta
Itaverava	7030	7493	7262	Alta	1601	Muito Alta
Santana dos Montes	6957	7470	7213	Alta	1586	Muito Alta
Pedra Bonita	7025	7354	7189	Alta	1623	Muito Alta
Araponga	6995	7378	7186	Alta	1622	Muito Alta
Caranaíba	6922	7450	7186	Alta	1566	Muito Alta
Lamim	6893	7475	7184	Alta	1606	Muito Alta
Senhora de Oliveira	6871	7482	7176	Alta	1611	Muito Alta
Catas Altas da Noruega	6919	7434	7176	Alta	1610	Muito Alta
Senhora dos Remédios	6900	7440	7170	Alta	1562	Muito Alta
Rio Espera	6873	7463	7168	Alta	1603	Muito Alta
Capela Nova	6883	7436	7159	Alta	1578	Muito Alta
Canaã	6839	7426	7132	Alta	1577	Muito Alta
Coimbra	6789	7475	7132	Alta	1604	Muito Alta
Brás Pires	6816	7433	7124	Alta	1619	Muito Alta
Paula Cândido	6809	7431	7120	Alta	1615	Muito Alta
Ervália	6768	7459	7113	Alta	1593	Muito Alta
São Miguel do Anta	6835	7389	7112	Alta	1566	Muito Alta
Cipotânea	6822	7400	7111	Alta	1616	Muito Alta

Tabela 3 –UGRH 01 – Piranga: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	Erosividade Anual (F)	Erosividade Anual W & M	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Alto Rio Doce	6830	7390	7110	Alta	1600	Muito Alta
Cajuri	6818	7395	7106	Alta	1592	Muito Alta
Dores do Turvo	6790	7365	7077	Alta	1623	Muito Alta
Senador Firmino	6802	7337	7069	Alta	1622	Muito Alta
Sericita	6879	7257	7068	Alta	1595	Muito Alta
Piranga	6817	7303	7060	Alta	1609	Muito Alta
Divinésia	6769	7341	7055	Alta	1625	Muito Alta
Presidente Bernardes	6851	7252	7051	Alta	1613	Muito Alta
Viçosa	6816	7227	7021	Alta	1591	Muito Alta
Teixeiras	6843	7194	7018	Alta	1568	Muito Alta
Santa Margarida	6864	7096	6980	Média	1574	Muito Alta
Diogo Vasconcelos	6788	7158	6973	Média	1567	Muito Alta
Abre Campo	6893	7022	6957	Média	1526	Muito Alta
Porto Firme	6743	7125	6934	Média	1593	Muito Alta
Pedra do Anta	6728	7087	6907	Média	1534	Muito Alta
Guaraciaba	6733	7022	6877	Média	1564	Muito Alta
Amparo do Serra	6734	6980	6857	Média	1520	Muito Alta
Dom Silvério	6766	6879	6822	Média	1439	Muito Alta
Oratórios	6701	6849	6775	Média	1496	Muito Alta
Acaiaca	6662	6868	6765	Média	1526	Muito Alta
Barra Longa	6765	6726	6745	Média	1474	Muito Alta
Ponte Nova	6713	6726	6719	Média	1492	Muito Alta
Rio Doce	6759	6658	6708	Média	1430	Muito Alta
Urucânia	6711	6637	6674	Média	1446	Muito Alta

Tabela 3 –UGRH 01 – Piranga: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	Erosividade Anual (F)	Erosividade Anual W & M	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Santa Cruz do Escalvado	6709	6636	6672	Média	1417	Muito Alta
Sem-Peixe	6778	6567	6672	Média	1401	Muito Alta
Jequeri	6642	6685	6663	Média	1472	Muito Alta
Piedade de Ponte Nova	6711	6585	6648	Média	1402	Muito Alta
Rio Casca	6735	6557	6646	Média	1382	Muito Alta
São José do Goiabal	6729	6505	6617	Média	1389	Muito Alta
Santo Antônio do Grama	6632	6586	6609	Média	1406	Muito Alta
Raul Soares	6729	6482	6605	Média	1353	Muito Alta
São Pedro dos Ferros	6742	6462	6602	Média	1355	Muito Alta
Dionísio	6798	6371	6584	Média	1420	Muito Alta
Matipó	6558	6567	6562	Média	1342	Muito Alta
Caputira	6617	6501	6559	Média	1366	Muito Alta
Pingo D'água	6664	6436	6550	Média	1375	Muito Alta
Vermelho Novo	6632	6321	6476	Média	1429	Muito Alta
Córrego Novo	6736	6115	6425	Média	1411	Muito Alta
Bom Jesus do Galho	6748	6085	6416	Média	1408	Muito Alta
Média	6809,9508	7047,26	6928,61	Média	1526,84	Muito Alta

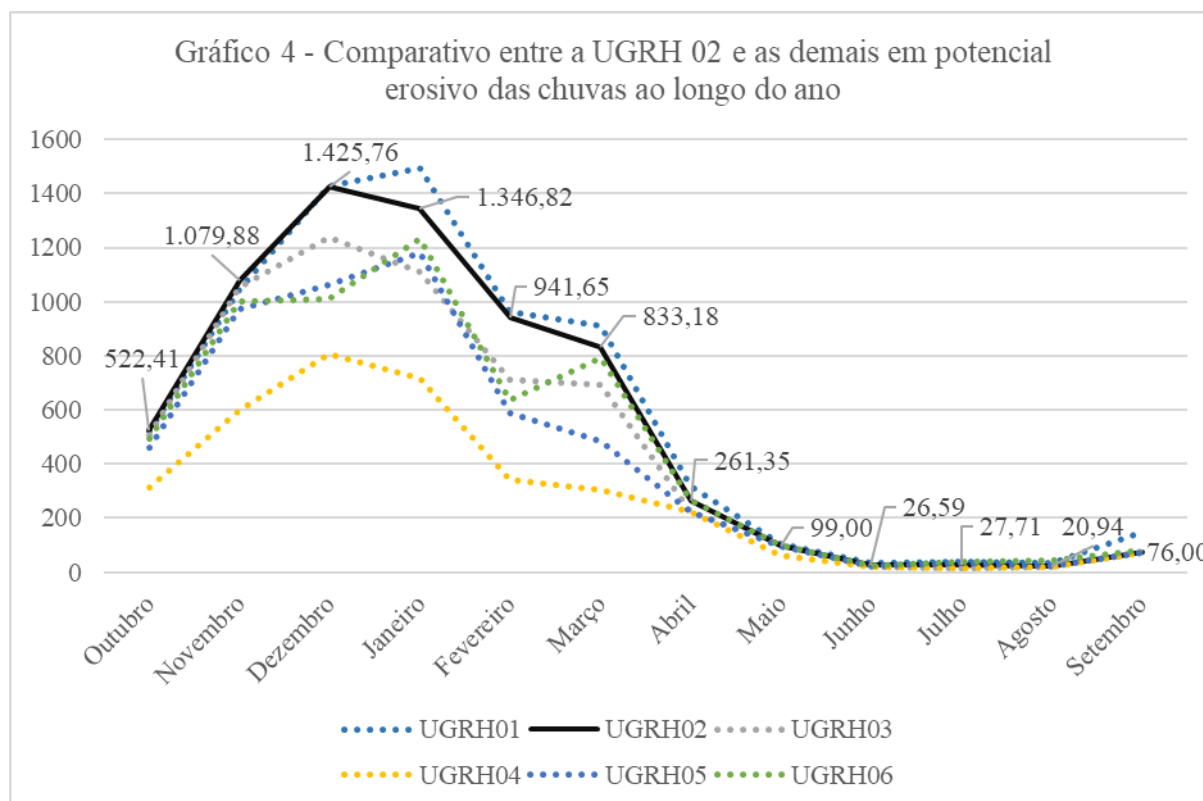
Fonte: Autores, (2020).

3.2 UGRH 02 – Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

A segunda UGRH, em termos de potencial erosivo, foi a do rio Piracicaba (UGRH 02), visto que os valores de média variaram entre 6863 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (F) e 6660,89 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (W & M), resultando em uma média entre as metodologias de 6761,94

$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Os valores máximos registrados ultrapassaram 7000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo classificados como de alto potencial erosivo. Os dados pouco se dispersaram em torno da média, uma vez que os desvios padrão encontrados foram de 279,45 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para F e 515,23 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para W & M. Analisando por meio do coeficiente de variação, tem-se que os valores se dispersaram entre 4,07% e 7,73% para F e W & M, respectivamente. Desta forma, infere-se que os valores de potencial erosivo das cidades da UGRH 02 variaram em um grau maior de dispersão do que os encontrados na UGRH 01, demonstrando uma maior heterogeneidade, se comparadas.

A UGRH 02, apesar de apresentar o segundo maior potencial erosivo, tem seu valor superior a todas as outras UGRHs em parte do ano hidrológico. Tal fato ocorre, ainda que de forma discreta, no mês de outubro (522,41 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), até ser superada em dezembro, em 4 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ pela UGRH 01. Em divergência à UGRH 01, o decréscimo de sua média ocorre já em janeiro, quando de 1425,76 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em dezembro, passa para 1346,82 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potencial erosivo de chuvas mensal. Estas informações podem ser observadas no Gráfico 4, a seguir:



Fonte: Autores, (2020).

Entre os municípios da bacia, Bom Jesus do Amparo obteve o maior quantitativo, com $7194 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de média anual entre os dois métodos (F e W & M). O maior valor de erosividade mensal, do município supracitado, em um ano hidrológico foi de $1655 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, classificado como de muito alta erosividade. A maioria dos municípios apresentou o acumulado anual como média erosividade, quando considerada a média entre os métodos. O município com menor média foi Coronel Fabriciano, com erosividade ($6461 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Estes dados podem ser consultados na Tabela 4, logo abaixo:

Tabela 4 – UGRH 02 – Piracicaba: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M)

Município	Erosividade Anual (F)	Erosividade Anual W & M	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Bom Jesus do Amparo	7227	7162	7194	Alta	1655	Muito Alta
João Monlevade	7196	7068	7132	Alta	1668	Muito Alta
Barão de Cocais	7286	7203	7244	Alta	1718	Muito Alta
Itabira	6893	6984	6938	Média	1790	Muito Alta
Santa Bárbara	7201	7248	7224	Alta	1726	Muito Alta
Catas Altas	7227	7293	7260	Alta	1655	Muito Alta
São Domingos do Prata	7164	7011	7087	Alta	1715	Muito Alta
São Gonçalo do Rio Abaixo	6671	6891	6781	Média	1483	Muito Alta
Rio Piracicaba	6630	6733	6681	Média	1471	Muito Alta
Bela Vista de Minas	6682	6554	6618	Média	1456	Muito Alta
Marliéria	6666	6174	6420	Média	1412	Muito Alta
Jaguaraçu	6702	6126	6414	Média	1356	Muito Alta
Nova Era	6787	6452	6619	Média	1333	Muito Alta
Ipatinga	6394	5283	5838	Média	1370	Muito Alta
Timóteo	6707	6262	6484	Média	1432	Muito Alta
Antônio Dias	6687	6420	6553	Média	1425	Muito Alta

Tabela 4 – UGRH 02 – Piracicaba: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M)

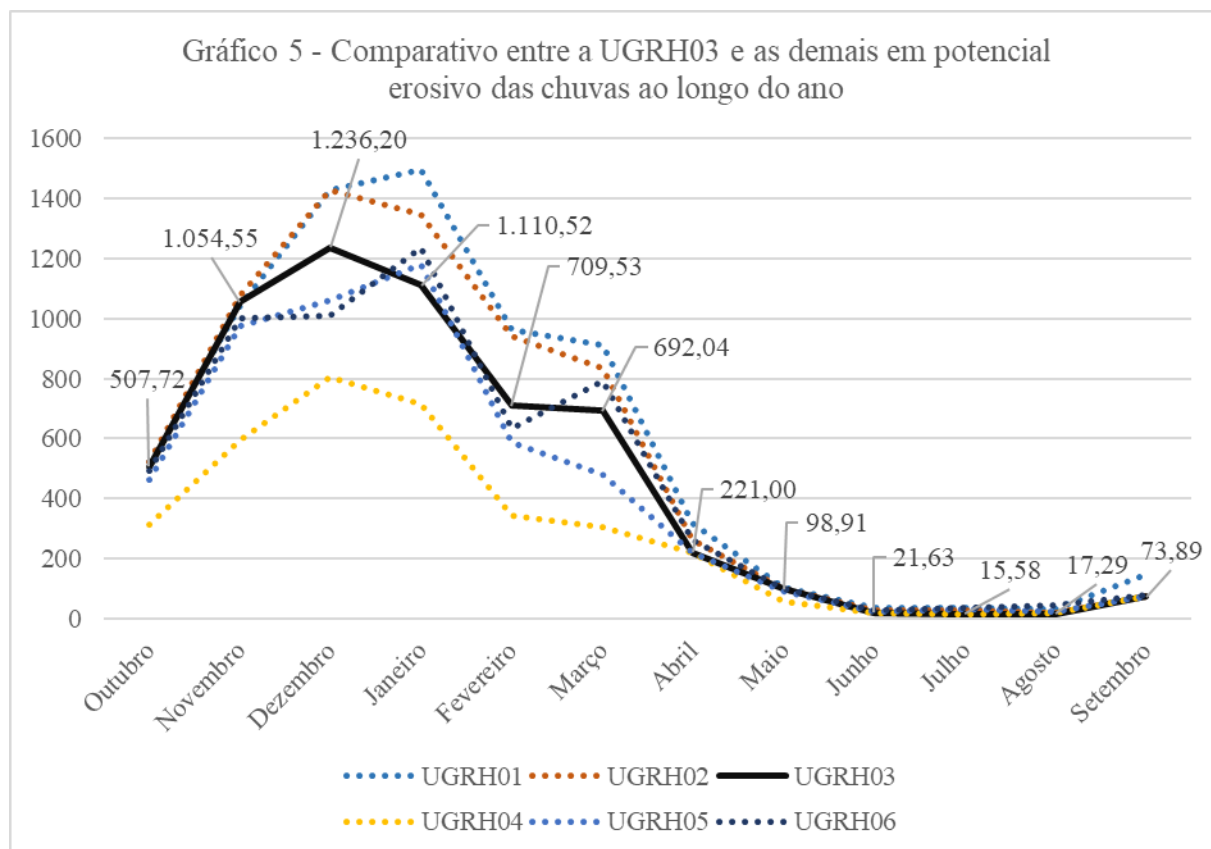
Município	Erosividade Anual (F)	Erosividade Anual W & M	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Coronel Fabriciano	6551	6371	6461	Média	1398	Muito Alta
Média	6863	6660,89	6761,94	Média	1533,12	Muito Alta

Fontes: Autores, (2020).

3.3 UGRH 03 – Bacia hidrográfica do rio Santo Antônio

A UGRH 03, bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, teve um valor médio obtido próximo ao registrado na UGRH 06 (erosividade média anual de $5853,63 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, contra $5884,83 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ da bacia do rio Manhuaçu). Entretanto, estas bacias possuem características distintas quando são analisados outros quantitativos, como a dispersão dos dados em torno da média. O coeficiente de variação da UGRH 03 teve valores inferiores, sendo eles de 6,42% para o método (F) e de 8,38% no método W & M. Desta forma, infere-se que esta bacia apresenta boa homogeneidade de potencial erosivo das chuvas entre seus municípios.

Conforme o Gráfico 5, a UGRH 03 possui o comportamento de distribuição de potenciais erosivos médios, semelhante à UGRH 02, com um valor inicial muito próximo às duas primeiras (UGRH 01 e 02). A diferença entre esta e a UGRH 02 ocorre no volume deste potencial, quando seu valor é inferior de novembro a maio. No entanto, ainda assim, a distribuição ocorre de forma muito semelhante. Em outubro, seu potencial erosivo de chuvas médio é de $507,72 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, valor um pouco abaixo ao da UGRH 01 e 02. Em novembro, o potencial ascende para $1054,55 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, mantendo um crescimento linear até dezembro, quando alcança o valor de $1236,20 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em seguida, registra $1110,52 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em janeiro, quando o valor de média do potencial erosivo fica acima somente da UGRH 04, a que apresenta os menores valores. De fevereiro a março, seu comportamento segue um padrão similar a UGRH 01, com variações mínimas entre estes meses ($709,53$ contra $692,04 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).



Fonte: Autores, (2020).

A UGRH 03, bacia do rio Santo Antônio, se destacou com a maior homogeneidade de potenciais erosivos entre os municípios, com os valores anuais de erosividade contemplados no intervalo de 5087 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Santo Antônio do Itambé) a 6463 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Itambé do Mato Dentro). De acordo com a classificação de Santos (2008), estes enquadram-se como média erosividade. Os dados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – UGRH 03 – Santo Antônio: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Itambé do Mato Dentro	6303	6623	6463	Média	1502	Alta
Santa Maria de Itabira	6430	6195	6312	Média	1336	Alta
Santana do Paraíso	6399	6097	6248	Média	1339	Alta
Ferros	6384	6096	6240	Média	1261	Alta

Tabela 5 – UGRH 03 – Santo Antônio: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

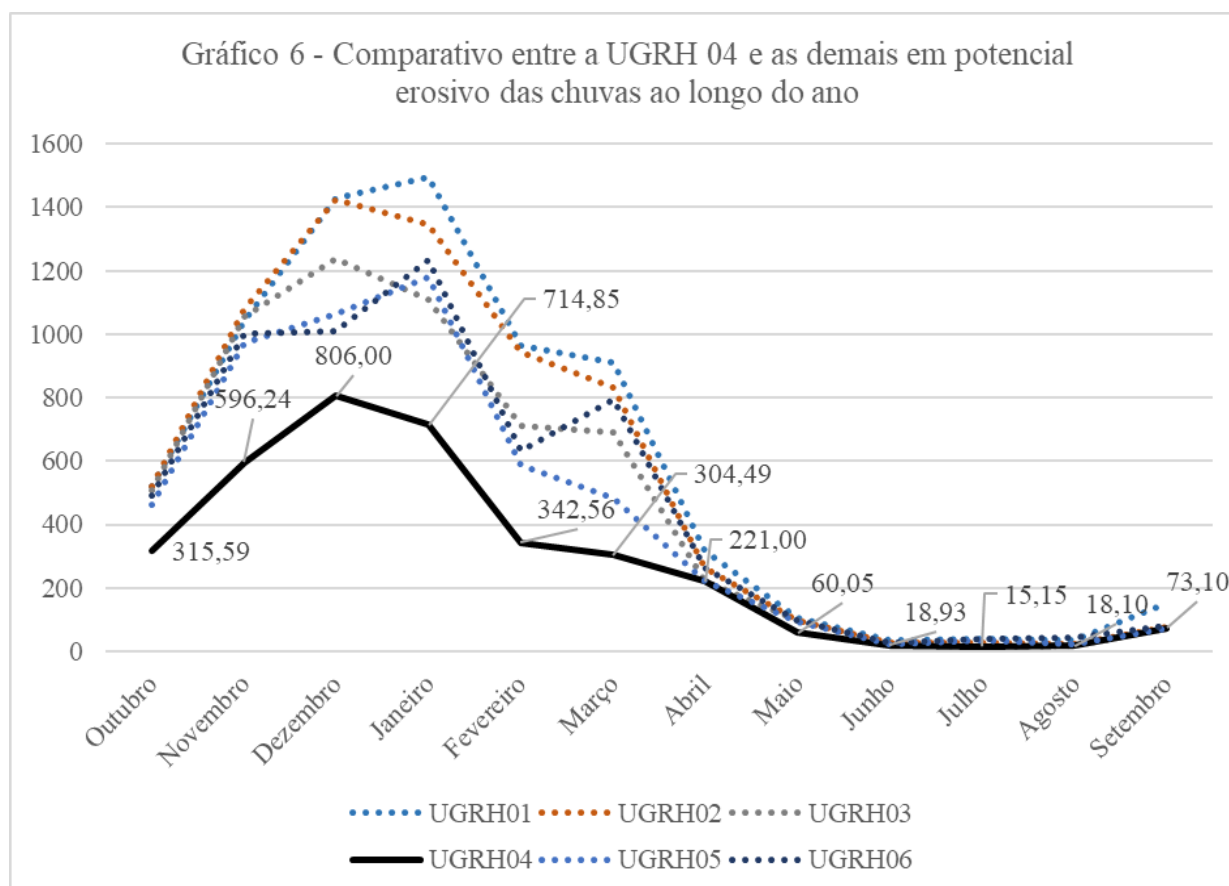
Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
São Sebastião do Rio Preto	6358	6079	6218	Média	1261	Alta
Santo Antônio do Rio Abaixo	6317	6074	6195	Média	1261	Alta
Morro do Pilar	6080	6200	6140	Média	1261	Alta
Conceição do Mato Dentro	5819	6356	6087	Média	1396	Alta
Passabém	5976	6173	6074	Média	1317	Alta
Dom Joaquim	6064	5860	5962	Média	1261	Alta
Dores de Guanhães	6057	5825	5941	Média	1261	Alta
Carmésia	5766	6109	5937	Média	1391	Alta
Mesquita	6184	5629	5906	Média	1299	Alta
Joanésia	6261	5530	5895	Média	1261	Alta
Belo Oriente	6142	5570	5856	Média	1292	Alta
Braúnas	6017	5228	5622	Média	1261	Alta
Alvorada de Minas	5612	5596	5604	Média	1261	Alta
Senhora do Porto	5640	5566	5603	Média	1262	Alta
Açucena	5938	5057	5497	Média	1261	Alta
Serro	5193	5482	5337	Média	1290	Alta
Naque	5913	4523	5218	Média	1324	Alta
Sabinópolis	5168	5204	5186	Média	1279	Alta
Santo Antônio do Itambé	5066	5108	5087	Média	1264	Alta
Média	5960,03	5746,97	5853,65	Média	1314,79	Alta

Fonte: Autores, (2020).

3.4 UGRH 04 – Bacia hidrográfica do rio Suaçuí

A bacia hidrográfica do rio Suaçuí (UGRH 04) apresentou o menor quantitativo anual de erosividade da chuva. O quantitativo foi de 3417,59 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para média anual entre as metodologias de F e W & M. Este valor corresponde a menos de 50% do potencial anual verificado na UGRH 01. A média de erosividade potencial da chuva foi classificada como baixa, segundo a metodologia de Santos (2008), com valores entre 2500 a 5000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Entretanto, se observada apenas a medida central, pode ser cometido um equívoco acerca da característica da região, pois a bacia do rio Suaçuí demonstrou uma dispersão em torno da média muito maior que as outras unidades. O desvio padrão está compreendido entre 1113,46 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, para (F), e 873,87 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, para (W & M). Quando calculado o coeficiente de variação, observa-se valores de 33,23%, para F, e 25,07%, para (W & M). Uma forma de demonstrar esta alta heterogeneidade da região é por meio dos valores máximos da UGRH na Tabela 6, os quais foram de 5587 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (para F) e 5223 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (para W & M) $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Estes valores são considerados como erosividade média (entre 5000 a 7000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Analisando a curva da UGRH 04 no Gráfico 6, tem-se uma clara discrepância do potencial erosivo das chuvas no período chuvoso, de outubro a março, com relação as demais.



Fonte: Autores, (2020).

A distribuição segue um padrão relativamente semelhante aos observados nas UGRHs 02 e 03, entretanto, se distingue tanto nos valores brutos, quanto na curva, com angulação menos aguda entre os meses. É importante observar que, de abril a setembro, o potencial erosivo possui valores próximos das demais unidades de gestão. Em outubro, esta UGRH apresenta um potencial erosivo médio mensal de $315,59 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, passando para $596,24 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em novembro e alcançando seu pico em dezembro, com $806,00 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A partir deste mês, o potencial erosivo decresce mensalmente, passando para $714,85 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em janeiro, $342,56 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em fevereiro e $304,49 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em março.

Acerca dos valores por municípios, a UGRH 04 teve uma variação de classes de erosividade de média ($5224,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ registrada em Guanhães) até muito baixa ($2178,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Malacacheta). A maioria dos valores avaliados foram classificados como baixa erosividade, sendo estes pertencentes a trinta e um municípios, de quarenta e um do total. Os valores máximos mensais ocorridos em um ano hidrológico foram

de muito alta até baixa erosividade, demonstrando uma grande variação entre os fenômenos pluviais na bacia.

Tabela 6 – UGRH 04 – Suaçuí: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal (F)	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Guanhães	5226	5223	5224	Média	1284	Muito Alta
Virginópolis	5164	4792	4978	Baixa	1263	Muito Alta
Periquito	5587	4326	4956	Baixa	1261	Muito Alta
Materlândia	4898	4977	4937	Baixa	1238	Muito Alta
Divinolândia de Minas	5049	4579	4814	Baixa	1261	Muito Alta
Gonzaga	5034	4518	4776	Baixa	1246	Muito Alta
Serra Azul de Minas	4751	4787	4769	Baixa	1238	Muito Alta
Santa Efigênia de Minas	4976	4506	4741	Baixa	1239	Muito Alta
São João Evangelista	4413	4465	4439	Baixa	1238	Muito Alta
São Geraldo da Piedade	4618	3977	4297	Baixa	1168	Muito Alta
Paulistas	4135	4280	4207	Baixa	1238	Muito Alta
Sardoá	4639	3643	4141	Baixa	1175	Muito Alta
Rio Vermelho	3942	4215	4078	Baixa	1238	Muito Alta
Cantagalo	3875	4188	4031	Baixa	1173	Muito Alta
Peçanha	3747	4091	3919	Baixa	1137	Muito Alta
Galiléia	3315	4104	3709	Baixa	1083	Muito Alta
Coluna	3508	3887	3697	Baixa	1191	Muito Alta
Governador Valadares	3693	3422	3557	Baixa	1223	Muito Alta
Coroaci	3303	3242	3272	Baixa	693	Média
Goiabeira	2743	3716	3229	Baixa	1067	Muito Alta
São Geraldo do Baixio	2685	3731	3208	Baixa	1047	Muito Alta
Divino das Laranjeiras	2483	3543	3013	Baixa	1044	Muito Alta
São Pedro do Suaçuí	2984	2966	2975	Baixa	628	Média

Tabela 6 – UGRH 04 – Suaçuí: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal (F)	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Frei Lagonegro	2969	2874	2921	Baixa	625	Média
São José do Jacuri	2883	2793	2838	Baixa	609	Média
Mathias Lobato	2298	3282	2790	Baixa	863	Alta
Virgolândia	2743	2748	2745	Baixa	608	Média
Frei Inocêncio	2234	3201	2717	Baixa	809	Alta
Cuparaque	2709	2627	2668	Baixa	869	Alta
Marilac	2281	2988	2634	Baixa	672	Média
Jampruca	2185	2984	2584	Baixa	799	Alta
Nacip Raydan	2405	2762	2583	Baixa	595	Média
Campanário	2227	2724	2475	Muito Baixa	540	Média
José Raydan	2303	2437	2370	Muito Baixa	528	Média
Itambacuri	2312	2406	2359	Muito Baixa	520	Média
São José da Safira	2132	2495	2313	Muito Baixa	549	Média
Franciscópolis	2203	2364	2283	Muito Baixa	490	Baixa
Santa Maria do Suaçuí	2218	2332	2275	Muito Baixa	510	Média
São Sebastião do Maranhão	2225	2232	2228	Muito Baixa	502	Média
Água Boa	2117	2246	2181	Muito Baixa	490	Baixa
Malacacheta	2141	2216	2178	Muito Baixa	490	Baixa
Média	3350,07	3485,09	3417,58	Baixa	913,95	Alta

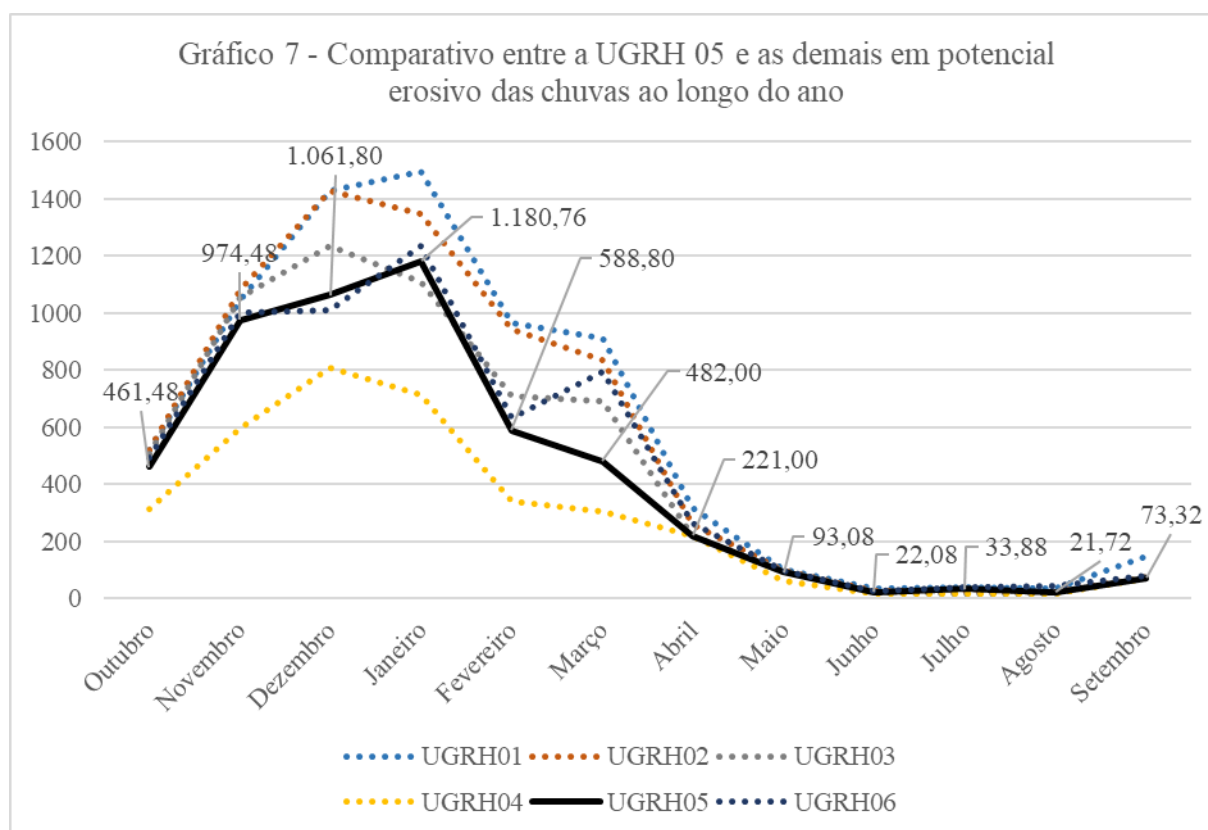
Fonte: Autores, (2020).

3.5 UGRH 05 – Bacia hidrográfica do rio Caratinga

A UGRH 05 ocupa a quarta posição no que tange o potencial erosivo, com uma média de 5549,67 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ anual para os municípios de sua bacia. Este valor é classificado como médio potencial erosivo, conforme a metodologia de Santos (2008). Os

valores dispersaram em 15% para F, com desvio padrão de $889,43 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Enquanto, na metodologia de W & M, o coeficiente de variância foi de 13,99% , com desvio padrão de $725,42 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Estes valores significam que, nesta Unidade de Gestão de Recursos Hídricos, os potenciais erosivos anuais de chuvas tiveram uma maior diferença entre os valores do que os observados nas UGRHs 01, 02 e 03. Em relação aos valores máximos obtidos, estes foram classificados como médios potenciais erosivos de chuvas anual, situado entre 5000 a 7000 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo os valores obtidos de 6756 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para F e 6487 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para W & M.

De acordo com o Gráfico 7, a UGRH 05 tem uma distribuição que diverge do padrão das unidades já analisadas.



Fonte: Autores, (2020).

O potencial erosivo possui um comportamento de seus valores de forma angulosa entre os meses, de outubro, com $461,48 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, evoluiu para $974,48 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em novembro, o dobro do mês anterior. Este comportamento é registrado novamente, quando segue o crescimento de seu valor até janeiro, momento em que atinge seu pico de potencial erosivo das chuvas no ano, com $1180,76 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em fevereiro,

registra-se um decréscimo significativo, passando do valor anterior, 1.180,76 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, para 588,80 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, ou seja, valor abaixo da metade do registrado anteriormente.

A distribuição da erosividade da chuva entre os municípios na bacia do rio Caratinga foi mais homogênea, com valores de média à baixa erosividade, sendo a maior parte da primeira classificação (21 de 25 municípios). Todos os valores de máxima erosividade mensal registrados em um ano hidrológico foram de classe muito alta em potencial. O maior valor foi verificado para o município de Santa Bárbara do Leste, com 6621 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, ao passo que o menor foi o de Tumiritinga, com 3609 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Estas informações podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7 - UGRH 05 – Caratinga: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Santa Bárbara do Leste	6756	6487	6621	Média	1504	Muito Alta
Santa Rita de Minas	6625	6173	6399	Média	1482	Muito Alta
Entre Folhas	6714	5985	6349	Média	1413	Muito Alta
Vargem Alegre	6727	5967	6347	Média	1410	Muito Alta
Ipaba	6416	6263	6339	Média	1369	Muito Alta
Ubaporanga	6673	5815	6244	Média	1401	Muito Alta
Caratinga	6484	5695	6089	Média	1431	Muito Alta
São João do Oriente	6064	5989	6026	Média	1322	Muito Alta
Bugre	6531	5504	6017	Média	1345	Muito Alta
Piedade de Caratinga	6380	5493	5936	Média	1419	Muito Alta
Iapu	6536	5232	5884	Média	1374	Muito Alta
Inhapim	6634	5099	5866	Média	1383	Muito Alta
Imbé de Minas	6589	4765	5677	Média	1358	Muito Alta
Sobralia	5693	5372	5532	Média	1261	Muito Alta
São Domingos das Dores	6478	4535	5506	Média	1355	Muito Alta

Tabela 7 - UGRH 05 – Caratinga: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

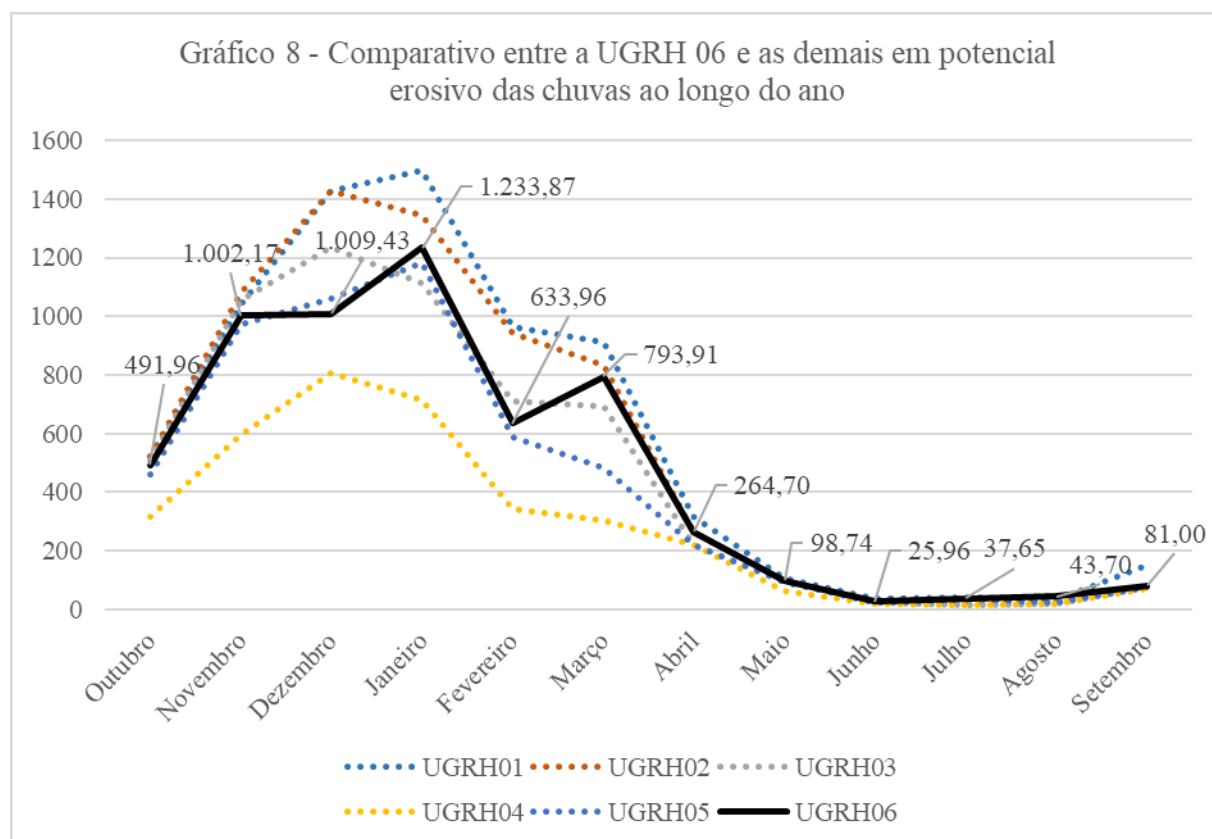
Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Tarumirim	5707	5213	5460	Média	1261	Muito Alta
São Sebastião do Anta	6411	4448	5429	Média	1327	Muito Alta
Engenheiro Caldas	5549	5274	5411	Média	1261	Muito Alta
Dom Cavati	6289	4435	5362	Média	1307	Muito Alta
Fernandes Tourinho	5419	5082	5250	Média	1261	Muito Alta
Itanhomi	5177	4943	5060	Média	1260	Muito Alta
Capitão Andrade	4767	4458	4612	Baixa	1245	Muito Alta
Alpercata	4621	4428	4524	Baixa	1246	Muito Alta
Conselheiro Pena	3970	3994	3982	Baixa	1216	Muito Alta
Tumiritinga	3532	3687	3609	Baixa	1168	Muito Alta
Média	5949,68	5213,44	5581,56	Média	1335,16	Muito Alta

Fonte: Autores, (2020).

3.6 UGRH 06 – Bacia hidrográfica do rio Manhuaçu

A UGRH 06, bacia hidrográfica do rio Manhuaçu, obteve o terceiro maior valor médio de potencial erosivo das chuvas. Os valores médios de cada metodologia foram de 6061,96 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para F e 5707,70 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para W & M, com média de 5884,83 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ entre estes valores. Por conseguinte, o valor de desvio padrão foi consideravelmente alto, com 1019,29 para F e 931,88 para W & M. Traduzindo estes valores em coeficientes de variação, tem-se uma variação de 16,81% em relação à média, para a primeira metodologia, e 16,32% para a segunda. Pode-se afirmar que os municípios desta bacia apresentaram grande variação entre seus valores de erosividade das chuvas, se considerada a média. Os valores máximos obtidos foram de 6876 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (F) e 7079 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (W & M), o primeiro valor é classificado como de média erosividade anual, enquanto o segundo como alta erosividade anual de chuvas.

Com base na análise do Gráfico 8, o comportamento da curva da UGRH 06 diverge das demais unidades avaliadas, apresentando uma semelhança em alguns pontos com a UGRH 05. Em outubro, seu valor é de $491,96 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto que em novembro, é de $1002,17 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com valor mensal similar às outras regiões. Contudo, quando se analisa os valores registrados em novembro e dezembro, há quase uma constante no valor obtido, visto a erosividade $1009,43 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aferida em dezembro, a qual é muito próxima à anterior. Esta constância de valores não foi visualizada nas unidades anteriores. O maior valor desta UGRH foi obtido em janeiro, com $1233,87 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo o terceiro maior registro para o mês na bacia do rio Doce, em sua porção mineira. O mês de março desta unidade teve um comportamento muito divergente do identificado nas outras UGRHs, sendo que nas demais ocorre uma redução a partir deste mês, seguindo no decréscimo, até agosto. No entanto, na UGRH 06, há uma ordem crescente no valor de março, atingindo o potencial de $793,91 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, contrariando a tendência das outras UGRHs.



Fonte: Autores, (2020).

Entre os valores por municípios, foi possível perceber que a UGRH 06 alcançou valores mais semelhantes aos encontrados na UGRH 05. A maior parte dos municípios apresentou uma erosividade classificada como média em potencial, sendo 18 ao total, ao passo que os demais foram de baixa erosividade (n=5). O município com maior erosividade das chuvas na bacia foi o de Luisburgo, com $6977 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto o menor registrado ocorreu em Aimorés, com $3742 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Os valores estão dispostos na Tabela 8, logo abaixo.

Tabela 8 – UGRH 06 – Manhuaçu: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Luisburgo	6875	7079	6977	Média	1571	Muito Alta
São João do Manhuaçu	6845	7071	6958	Média	1578	Muito Alta
Manhuaçu	6692	6640	6666	Média	1437	Muito Alta
Reduto	6858	6303	6580	Média	1327	Muito Alta
Martins Soares	6632	6527	6579	Média	1421	Muito Alta
Manhumirim	6553	6349	6451	Média	1331	Muito Alta
Santana do Manhuaçu	6876	5946	6411	Média	1326	Muito Alta
Simonésia	6511	6256	6383	Média	1371	Muito Alta
Alto Jequitibá	6351	6412	6381	Média	1345	Muito Alta
Durandé	6320	6215	6267	Média	1297	Muito Alta
Ipanema	6404	6106	6255	Média	1323	Muito Alta
Conceição de Ipanema	6587	5889	6238	Média	1369	Muito Alta
Chalé	6855	5382	6118	Média	1377	Muito Alta
São José do Mantimento	6780	5452	6116	Média	1391	Muito Alta
Lajinha	6813	5403	6108	Média	1358	Muito Alta
Taparuba	6069	5911	5990	Média	1260	Muito Alta
Pocrane	5863	5746	5804	Média	1331	Muito Alta
Mutum	5845	5743	5794	Média	1257	Muito Alta

Tabela 8 – UGRH 06 – Manhuaçu: Classificação dos municípios com maior erosividade de chuvas anual média (F e W & M).

Município	EI30 (F)	EI30 (W&M)	Média EI30 F e W&M		Máxima Mensal	
			Valor	Classe	Valor	Classe
Alvarenga	5558	4199	4878	Baixa	1262	Muito Alta
Santa Rita do Itueto	4902	3876	4389	Baixa	1248	Muito Alta
Resplendor	4005	4756	4380	Baixa	1140	Muito Alta
Itueta	3720	4042	3881	Baixa	879	Alta
Aimorés	3511	3974	3742	Baixa	828	Alta
Média	6061,96	5707,70	5884,83	Média	1305,52	Muito Alta

Fonte: Autores, (2020).


3.7 Web-Map netErosividade das chuvas da bacia do rio Doce em Minas Gerais

O *web-map* criado pode permitir o acesso às informações de erosividade das chuvas de cada município mineiro da bacia do rio Doce. O acesso pode ser realizado por meio do endereço:

<https://www.arcgis.com/apps/instant/minimalist/index.html?appid=2b921728e7164dc7bde58afcbcf998ae>

Os municípios foram representados em forma de pontos e classificados a partir dos valores de erosividade de Foster et al. (1981) (F). Os pontos foram apresentados em variações visuais de gradação de valor de acordo com a classe (muito baixo a muito alto), conforme Quadro 1, abaixo:

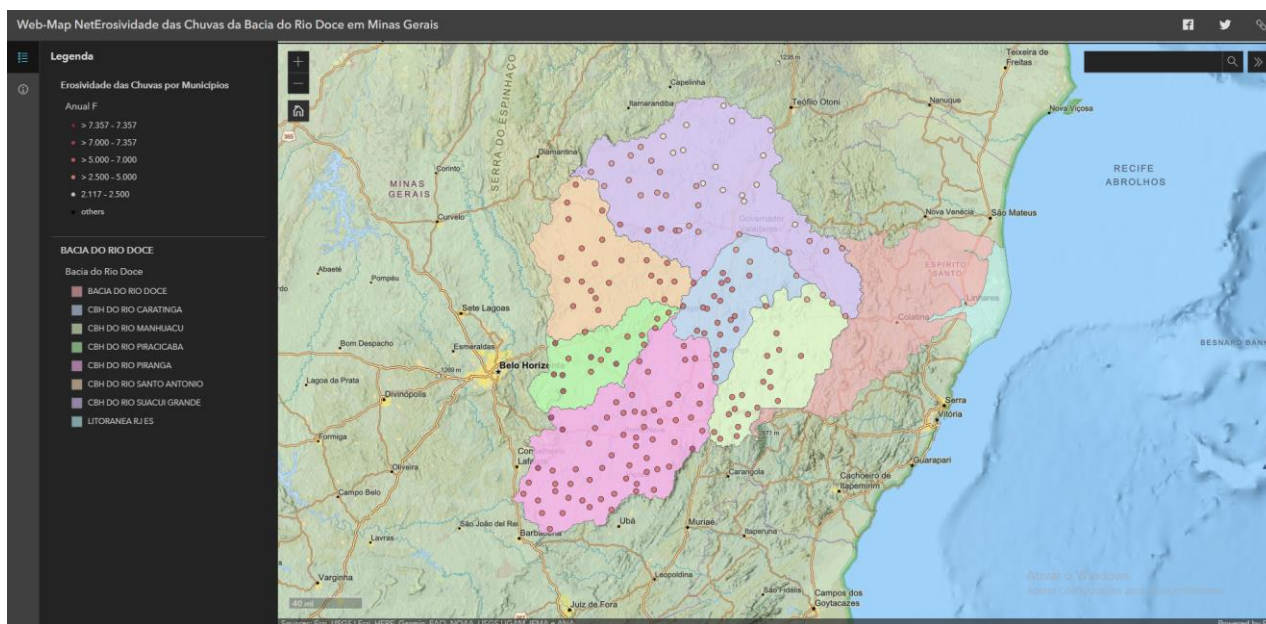
Quadro 1 – Classificação dos pontos de coordenadas dos municípios de acordo com a erosividade.

	Muito Alta	2500<R<5000
	Alta	5000<R<7000
	Média	7000<R<10000
	Baixa	R>10000
	Muito Baixa	2500<R<5000

Fonte: Autores, (2020).

Na confecção do *web-map*, adicionou-se uma camada com a delimitação de cada sub-bacia do rio Doce, por meio do mapa Doce/sub_bacias_rio_doce (*MapServer*) (ANA, 2020), com o intuito de facilitar a identificação dos municípios por unidade de gestão de recursos hídricos. Na Figura 2, é possível visualizar o *web-map* em funcionamento, com o layout e os pontos de coordenadas de cada município.

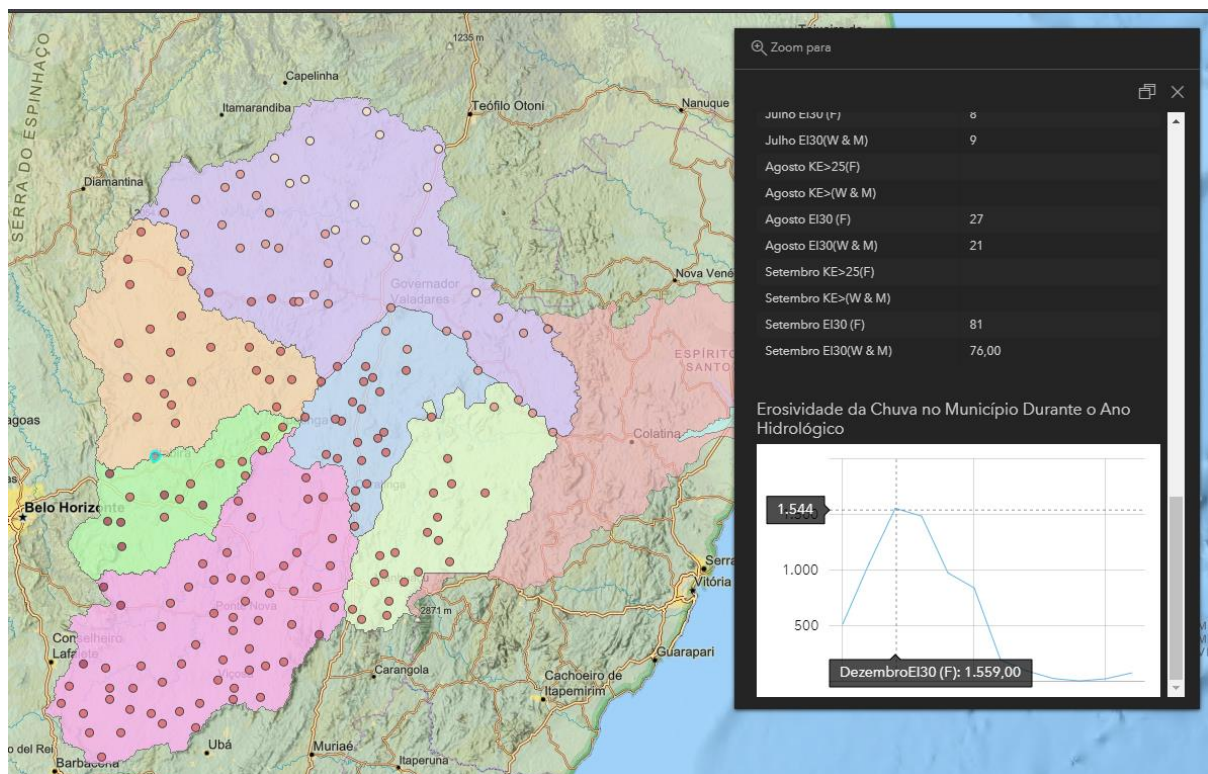
Figura 2 - *Web map* da erosividade das chuvas dos municípios mineiros da bacia do rio Doce.



Fonte: Autores, (2020).

Ao clicar em cada ponto de localização disponível, o ArcGis *online* apresenta uma *pop-up* para visualizar os dados de nome, bem como a erosividade anual e mensal para o município de interesse. Além disto, ao final da lista, há um gráfico com a distribuição da erosividade potencial de chuvas ao longo do ano hidrológico. Na Figura 3, a título de exemplo, está apresentada a *pop-up* gerada e o gráfico de erosividade distribuída no ano hidrológico para o município de Itabira, Minas Gerais.

Figura 3 – *Web-Map*, com destaque à *pop-up* com valores de erosividade das chuvas para o município de Itabira/MG.



Fonte: Autores, (2020).

4. Considerações Finais

A utilização do programa netErosividade, para obter o quantitativo de erosividade das chuvas para os 190 (cento e noventa) municípios da porção mineira da bacia do rio Doce, foi satisfatória. Os dados registrados foram essenciais para a caracterização da distribuição do potencial das chuvas em gerarem processos erosivos nas sub-bacias do rio Doce. A bacia do rio Piranga (UGRH 01) apresentou os maiores valores de potencial erosivo, com média de $6928,61 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entre F e W & M, sendo de médio potencial. A bacia do rio Piracicaba

(UGRH 02) foi a segunda em potencial erosivo, com $6761,94 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de média entre as metodologias analisadas, considerada de médio potencial. A UGRH 06, bacia hidrográfica do rio Manhuaçu, foi considerada a terceira unidade com maior potencial erosivo com $5884,83 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo este valor de médio potencial. A UGRH 03, referente à bacia do rio Santo Antônio, foi a quarta unidade em potencial erosivo, com $5853,63 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, classificada como médio potencial erosivo. A quinta unidade em potencial erosivo, com $5549,67 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, foi a da bacia hidrográfica do rio Caratinga, também considerada como médio potencial erosivo. Por fim, a última unidade em potencial erosivo foi a UGRH 04, bacia do rio Suaçuí, com $3417,59 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo a única categorizada como baixo potencial erosivo.

Com os dados gerados, foi possível desenhar o gráfico da distribuição da erosividade das chuvas durante o ano hidrológico para cada município, como também para cada sub-bacia. De posse dos resultados, espera-se que as tabelas, os gráficos e o *web map* sejam capazes de auxiliar os técnicos e atores da bacia a desenvolverem projetos, pesquisas e facilitar a tomada de decisão para políticas públicas voltadas para a bacia hidrográfica do rio Doce.

Apesar de trazer os valores para cada município, a pesquisa não realiza a análise dos dados ao longo de um período determinado, o que não possibilitou estipular os valores para diferentes tempos de retorno ou avaliar as tendências de uma série de anos. Desta forma, é interessante que, em futuras pesquisas, sejam realizadas análises para as distintas regiões da bacia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Campus Itabira, à Agência Nacional de Recursos Hídricos – ANA, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.

Referências

Agência Nacional de Águas (2020). Sub bacias do rio Doce. Recuperado em 01 novembro, 2020, de https://www.snirh.gov.br/arcgis/rest/services/Doce/sub_bacias_rio_doce/MapServer

Albuquerque, J. A., Cassol, E. A., Reinert, D. J.(2000) Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24(1), 141-151.

Arnoldus, H. M. J. (1980) An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt, M. and Gabriels, D., Eds., *Assessment of Erosion*, John Wiley and Sons, New York, 127-132.

Bagio, B., Bertol, I., Wolschick, N. H., Schneiders, D., & dos Santos, M. A. do N. (2017). Water erosion in different slope lengths on bare soil. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 41, 1–15. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160132>

Barbosa, F. T., Bertol, I., Luciano, R. V., González, A. P., & Vázquez, E. V. (2009). Soluble nitrogen content in runoff water from three forms of oat and vetch sowing. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 33(2), 439–446. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000200021>

Bhattarai, R., & Dutta, D. (2007). Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS at catchment scale. *Water Resources Management*, 21(10), 1635–1647. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9118-z>

Consórcio ECOPLAN – LUME. (2010). Plano Integrado de Recursos Hídricos Da Bacia Do Rio Doce – PIRH Doce. Volume II Relatório Final. pp 21-22.

Correll, D.L. (1998), The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review. *Journal of Environmental Quality*, 27: 261-266. [doi:10.2134/jeq1998.00472425002700020004x](https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x)

Diodato, N., & Bellocchi, G. (2007). Estimating monthly (R) USLE climate input in a Mediterranean region using limited data. *Journal of Hydrology*, 345(3–4), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.008>

ESRI. (2020). ArcGis Online. Recuperado em 01 novembro, 2020, de <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>.

Foster, G. R., McCool, D. K., Renard, K. G., & Moldenhauer, W. C. (1981). Conversion of the universal soil loss equation to SI units. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.36, p.p 355-359.

Gangadharan G. R, (2017) "Open Source Solutions for Cloud Computing," in *Computer*, vol. 50, no. 1, pp. 66-70, doi: 10.1109/MC.2017.20.

Gonçalves, A. (2005). O conceito de governança. XIV Encontro do Conpedi. 01 novembro, 2020, Recuperado de: <http://conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/XIVCongresso/078.pdf>

Guimarães, P. R. B. (2008). Métodos Quantitativos Estatísticos. IESDE Brasil S.A, 245. pp. 49-55.

Hayakawa, A., Ikeda, S., Tsushima, R., Ishikawa, Y., & Hidaka, S. (2015). Spatial and temporal variations in nutrients in water and riverbed sediments at the mouths of rivers that enter Lake Hachiro, a shallow eutrophic lake in Japan. *Catena*, 133, 486–494. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.009>

Honglei H., & Wenming. W. (2020). Efficient, Customizable and Edge-Based WebGIS System. *IEEE Access*, 8, 126164–126177. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007942>

Howell R.G., Petersen S.L, Balzotti, C.S, Rogers P.C, Jackson M.W, & Hedrich A.E. (2019) Using WebGIS to Develop a Spatial Bibliography for Organizing, Mapping, and Disseminating Research Information: A Case Study of Quaking Aspen. *The Society for Range Management*. 41 (6). 244-247. doi 10.1016/j.rala.2019.10.001

Instituto BioAtlântica (2020) Relatório de Gestão do Exercício de 2019. Governador Valadares. p 22

Instituto Mineiro de Águas (2015). Relatório Hidrometeorológico, período chuvoso 2014/2015. Minas Gerais. p.4

Jain, M., & Kothiyar, U. (2000). Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS. *Hydrological Sciences Journal*. 45. [10.1080/02626660009492376](https://doi.org/10.1080/02626660009492376).

Kenneth G. Renard, & Jeremy R. Freimund, (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE, *Journal of Hydrology*, Volume 157, Issues 1–4, , p.p 287-306, ISSN 0022-1694, [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4).

Lee, J. H., & Heo, J. H. (2011). Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, 409(1–2), 30–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.07.031>

Mello, C. R., Sá, M. A. C., Curi, N., Mello, J. M., Viola, M. R., & Silva, A. M. (2007). Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(4), 537–545. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000400012>

Mello, C.R., Viola, M.R., Curi, N., & Silva, A.M. (2012). Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(6), 1878-1891. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600022>

Mooney P., & Juhász L. (2020). Mapping COVID-19: How web-based maps contribute to the infodemic. *Dialogues in Human Geography* Vol. 10(2) pp.265–270.

Moreira, M. C., Pruski F. F., Oliveira, T. E., Pinto, F. A., & Silva, D. D. (2009). Redes neurais artificiais para estimativa mensal da erosividade da chuva no Estado de Minas Gerais. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.17, n.1, 75-83 Jan./Fev. <https://doi.org/10.13083/1414-3984.v17n01a08>

Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford.

Nunes, M. C. M., & Cassol, E. A. (2008). Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, número especial, p.p 2839-2845.

Nunes, M. C. M., Neves, S. M. A. S., Neves, R. J., Kreitlow, J. P., & Chimello, A. M. (2013). Susceptibility to water erosion of soils from the municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso state, Brazil. *Geografia*, 38, 191-206.

Risal, A., Bhattarai, R., Kum, D., Park, Y. S., Yang, J. E., & Lim, K. J. (2016). Application of Web Erosivity Module (WERM) for estimation of annual and monthly R factor in Korea. *Catena*, 147, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.017>

Rogers, P., & Hall, A. (2003). Effective Water Governance. Suécia: Global Water Partnership (GWP), TEC back- ground papers.

Rutebuka, J., De Taeye, S., Kagabo, D., & Verdoodt, A. (2020). Calibration and validation of rainfall erosivity estimators for application in Rwanda. *Catena*, 190(February), 104538. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104538>

Santos, C. (2008). N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Universidade Federal de Viçosa (2008). netErosividade MG. Recuperado em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>

Wagner, C. S., & Massambani, O. (1988). Análise da relação intensidade de chuva - energia cinética de wischmeier e smith e sua aplicabilidade a região de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 12 (3), pp. 197-203

Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, pp. 58.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Felipe Ribeiro Floriano Borges – 45%

Karen Esteves Ezezinos – 35%

Eliane Maria Vieira – 20%