

ARTIGO

Diego Vipa Amâncio

Doutorando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Lavras. Professor na Faculdade Pitágoras diegovipa@gmail.com

Gilberto Coelho

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Professor no departamento de Engenharia - UFLA coelho@deg.ufla.br

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Doutora em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Lavras. Professora na Unincor – Três Corações roeflorestal@hotmail.com

Renato Antônio da Silva

Mestre em Engenharia Agrícola renato.silva@deg.ufla.br

AVALIAÇÃO DA DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO NAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CAPIVARI E MORTES

Resumo: Os Recursos hídricos superficiais vem ganhando uma atenção especial, pois os mesmos sofrem gradativamente com poluições difusas e pontuais. Com isso, a água é um fator essencial para o abastecimento da sociedade, geração de alimentos e fonte essencial à vida. Suas drásticas alterações são associadas as atividades naturais e antrópicas. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a influência dos sedimentos em suspensão das sub-bacias hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes. Foram selecionados três pontos em cada sub-bacia (GD1, P – I, P – II, P – III, sendo Ingaí – Minduri, Capivari e Ingaí – Luminárias) ; e GD2, P – IV, P – V, P – VI, sendo Mortes, Peixe e Ribeirão dos Tabuões), respectivamente. O período de monitoramento se deu de abril de 2015 a fevereiro de 2016, sendo totalizadas oito coletas. Diante disso, foram realizados cálculos para descarga sólida em suspensão nos seis pontos amostrados. Em alguns pontos monitorados os resultados não foram satisfatórios devido as poluições oriundas de despejos incorretos de esgoto, agropecuária e ao assoreamento nítido associado principalmente ao carreamento de matéria orgânica para os pontos de monitoramento.

Palavras-chave: Sedimentos; Poluições difusas e pontuais; Assoreamento.

EVALUATION OF SOLID DISCHARGE IN SUSPENSION IN THE HYDROGRAPHIC SUB-BASINS OF THE CAPIVARI AND MORTES RIVERS

Abstract: Surface water resources are gaining special attention, as they gradually suffer from diffuse and punctual pollution. Thus, water is an essential factor for society's supply, food generation and an essential source of life. Its drastic changes are associated with natural and man-made activities. The objective of this work was to evaluate the influence of suspended sediments in the hydrographic sub-basins of the Capivari and Mortes rivers. Three points were selected in each sub-basin (GD1, P - I, P - II, P - III, being Ingaí - Minduri, Capivari and Ingaí - Luminárias); and GD2, P - IV, P - V, P - VI, being Mortes, Peixe and Ribeirão dos Tabuões), respectively. The monitoring period was from April 2015 to February 2016, with a total of eight collections. In view of this, calculations were made for suspended solid discharge in the six sampled points. In some monitored points the results were not satisfactory due to pollutions from incorrect sewage, agricultural and livestock dumping and the clear silting associated mainly with the transport of organic matter to the monitoring points.

Keywords: Sediments; Diffuse and punctual pollution; Siling up.

INTRODUÇÃO

A água é o principal elemento essencial para a vida, mais um manejo inadequado pode trazer problemas de um modo geral, como as doenças de veiculação hídrica.

A qualidade da água visa, entre outras formas as atividades resultantes de forma natural ou pelo homem em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica

Os recursos hídricos superficiais vêm ganhando uma atenção especial devido as poluições que aumentam cada vez mais, devido a explosão demográfica. As alterações no meio ambiente são devidas as atividades naturais e antrópicas.

Atualmente, as atividades antrópicas nas zonas urbanas e rurais são os principais degradadores dos nossos recursos naturais. As principais atividades que são responsáveis pelo o aumento gradativo da matéria orgânica nos cursos d'água são o despejo de efluentes domésticos e industriais não tratados, e ausência de mata ciliar deixando o solo exposto.

Os sedimentos em cursos d'água são oriundos principalmente da mineralogia local (óxido de ferro e manganês), substâncias orgânicas e inorgânicas,

presença de nutrientes. A presença em excesso dos sedimentos nos cursos d'água influenciam de forma direta a qualidade de água dos cursos d'água, devido principalmente as atividades do homem na bacia hidrográfica.

Partindo do pressuposto, objetivou-se nesse trabalho avaliar a influência da descarga sólida nas duas sub-bacias hidrográficas do Rio Grande, que as mesmas fazem parte da UPGRH GD1 e GD2, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODOS

A UPGRH – GD1 é denominada de Alto Rio Grande. É uma região que apresenta relevo forte ondulado na região da cabeceira, com presença de Cambissolos e suave ondulado nas regiões baixas da UPGRH, onde há predominância de Latossolos e Argissolos, com altitudes variando entre 802 a 2.631 m. Têm como vegetação predominante os Campos de Altitude, com fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (MINAS GERAIS, 2008; SCOLFORO & CARVALHO, 2006; OLIVEIRA, 2013; AMÂNCIO, 2018). A região apresenta um clima caracterizado como úmido (B₃ e B₄), segundo a classificação climática Thornthwaite,

podendo apresentar precipitações médias anuais acima de 1.600 mm e temperatura média inferior a 18°C. Além disso, o clima da região tem características de umidade mais elevada, com níveis de temperaturas baixas, podendo sofrer com influências serranas (MINAS GERAIS, 2008).

O uso e ocupação do solo é predominante de pastagem e agricultura com fragmentos de mata nativa e eucalipto, mas ocorrem também pequenas manchas de solo exposto e área urbana.

Seu principal fator impactante sobre as bacias é o lançamento de esgotos sanitários nos Rios Aiuruoca e Capivari.

O Ponto I, localizado no Rio Ingaí – Minduri estão inseridos nesta sub-bacia os seguintes municípios: Carrancas, Minduri e Cruzília. Tem uma área de drenagem de aproximadamente 537,86 km².

Já Ponto II, localizado no Rio Capivari, na sub-bacia localizada entre as cidades de Carrancas, Luminárias e Minduri. Tem uma área de drenagem de 353,12 km².

No terceiro ponto de monitoramento do GD1 (P – III), localizado no Rio Ingaí – Luminárias fica na sub-bacia localizada no município de Luminárias.

Já a UPGRH – GD2 é denominada Vertentes do Rio Grande. É conhecida assim por possuir diversas nascentes em

seu entorno. Segundo Vargas (2007), à medida que a foz se dirige ao Rio das Mortes, os latossolos vermelho-amarelos distróficos, cambissolos e neossolos litólicos aparecem com maior frequência. Sua vegetação é composta principalmente de Mata Atlântica, Cerrado e Matas de Araucárias. Tem um clima úmido (B₃), de acordo com a classificação Thornthwaite, com precipitações médias anuais acima de 1.600 mm e temperatura de no máximo 18°C (MINAS GERAIS, 2008). Na unidade de planejamento GD2, foram selecionados 3 pontos amostrais em 3 sub-bacias para o monitoramento, os quais foram denominados P – IV, P – V e P – VI.

O Ponto IV localizado no Rio das Mortes, tem a sub-bacia nas proximidades de Conceição da Barra de Minas e sua área de drenagem de aproximadamente 4272,39 km², abrangendo 17 municípios. No ponto V localizado no Rio do Peixe com sub-bacia entre São Tiago e Conceição da Barra de Minas possui uma área de drenagem de aproximadamente 474, 34 km². No último ponto de monitoramento do trabalho (P – VI), localizado no Ribeirão dos Tabuões na cidade de Bom Sucesso, tem sua área de drenagem de 242,75 km². Na Figura. 1 a seguir, mostra as seis sub-bacias selecionadas para o estudo.

Figura 1 - Pontos de monitoramento nas bacias do GD1 e GD2



P – I) Rio Ingaí – Minduri; P – II) Rio Capivari; P – III) Ingaí – Luminárias; P – IV) Rio das Mortes; P – V) Rio do Peixe; P – VI) Ribeirão dos Tabuões.

O período de monitoramento foi de abril de 2015 a fevereiro de 2016, totalizando oito campanhas, de forma a abranger o período seco e chuvoso, sendo que nas épocas de estiagem, as coletas foram feitas bimestralmente, e no período chuvoso mensalmente.

A medição de vazão foi realizada de forma direta e indireta, a partir da medição de velocidade e nível. Os aparelhos utilizados no monitoramento foram micro molinete e o Qliner2. Para medição indireta foi utilizado o micro

molinete é mais comum e são pequenas hélices que giram conforme a velocidade da água, foram utilizados em cursos d’água com profundidade abaixo de 30 cm. Para medição direta, o Qliner 2. Ele é um medidor eletrônico baseado em doppler acústico e foi utilizado e foi utilizado nos cursos d’água com profundidades acima de 30 cm.

Foram coletadas amostras simples (em três larguras do curso d’água, sendo a 2/3 da margem para as extremidades), utilizando para a coleta de água um Amostrador de Sedimentos em Suspensão DH – 49 em movimentos verticais e a coleta cerca de 30 cm de profundidade.

Os procedimentos de coleta e preservação das amostras obedeceram às normas estabelecidas pela CETESB (2005).

Na Tabela. 1, mostram os seis pontos amostrais, com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) levantados por meio de um GPS Portátil Garmin Map 64.

Tabela 1 - Pontos de amostragens e suas respectivas coordenadas.

Pontos	Coordenadas		Altitude (m)	Cursos D’Água
	Latitude	Longitude		
P – I	21°30'22.55"S	44°54'56.84" O	995	Ingaí – Minduri
P – II	21°28'40.69"S	44°45'57.26"O	863	Capivari
P – III	21°30' 22.76" S	44°54' 56.59" O	898	Ingaí – Luminárias
P – IV	21° 3'44.31"S	44°18'41.93"O	868	Mortes
P – V	21°03'38.86" S	44°29' 57.38" O	878	Peixe
P – VI	21°4'49.61"S	44°42'8.63" O	864	Rib. Dos Tabuões

As cidades dos monitoramentos pluviométricos foram Barbacena, Lavras e São Lourenço, sendo estas próximas aos pontos amostrais realizados no monitoramento.

Descarga Sólida em Suspensão

A concentração de sólidos em suspensão está ligada diretamente à constituição do solo e como ele é usado. Os parâmetros de Sólidos em Suspensão foram analisados no Laboratório de Qualidade de Água do núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Lavras, seguindo a metodologia proposta por Carvalho (2008). Para a determinação dos sedimentos em suspensão na seção transversal, são necessários os valores de concentração média (mg. L^{-1}) e vazão ($\text{m}^3. \text{s}^{-1}$). Com isso, para a obtenção dos valores, foi utilizado a Equação 2, a seguir:

$$Q_{ss} = 0,0864 \cdot Q_l \cdot C_s \quad (2)$$

Onde:

Q_{ss} é a descarga sólida em suspensão na seção transversal (t/dia); Q_l é a vazão (descarga líquida) ($\text{m}^3. \text{s}^{-1}$); C_s Concentração de sólidos em suspensão (mg. L^{-1}).

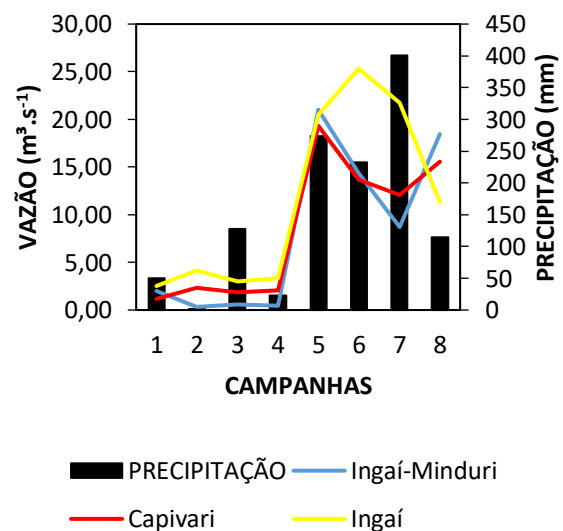
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sub-bacia Hidrográfica Capivari

Os valores de vazão medidos nas seções de controle monitoradas na UPGRH – GD1 (Ingaí – Minduri, Capivari e Ingaí – Luminárias), juntamente com os valores de precipitação durante o monitoramento estão registrados no Gráfico 1.

Observa-se nítida variação nos valores de vazão entre o período de estiagem e o período chuvoso e que em todas as campanhas a bacia do Rio Ingaí, com ponto de monitoramento em Luminárias, foi a que apresentou maior vazão, situação explicada por sua maior área de drenagem. Já os menores valores de vazão foram registrados no ponto amostral Ingaí – Minduri, devido as baixas precipitações registradas no período de estiagem.

Gráfico 1 - Vazões e lâmina precipitada da sub – bacia Hidrográfica Capivari

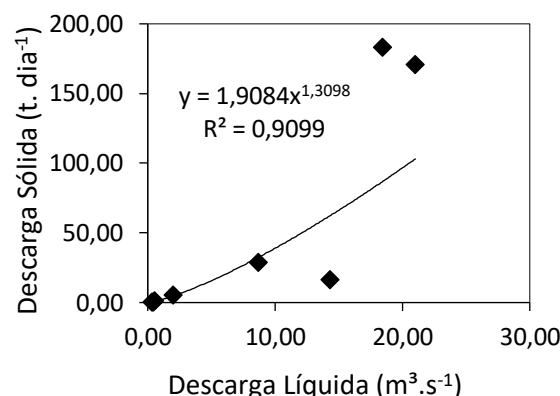


Rio Ingaí-Minduri

No Gráfico. 2 estão apresentados a descarga sólida de sedimentos em suspensão em função da descarga líquida (vazão) no P – I. A curva de tendência com o modelo que melhor se ajustou e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2). Pode-se verificar que a Descarga Sólida (DS) pode ser obtida a partir da Descarga Líquida (Ds), conforme a equação presente no gráfico supracitado e que o referido modelo apresentou coeficiente de determinação igual a 90,99%. Valor considerado bom, conforme Nogueira et al. (2012), em trabalho de monitoramento de sólidos totais, dissolvidos e turbidez em quatro afluentes de uma Usina Hidroelétrica em Goiás, durante o período de agosto de 2010 até junho de 2011.

Segundo Gomes et al. (2007), o aumento da tensão nos cursos d'água provoca a movimentação de partículas, agindo sobre os depósitos de sedimentos que são formados nos períodos de estiagem, determinando assim o transporte de sedimentos trazidos pelas águas superficiais. Um dos fatores que favorecem a elevada quantidade de sólidos em suspensão na região é a agropecuária, que perturbam a estrutura do solo compactando-o e ajudando o escoamento superficial da água.

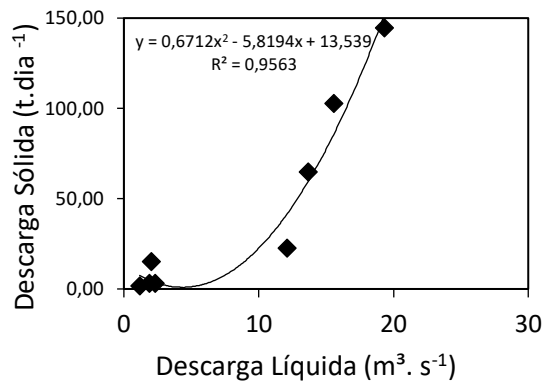
Gráfico 2 - Descarga Sólida em Suspensão da P – I.



Rio Capivari

O Gráfico. 3 apresenta, para a bacia do Rio Capivari, os valores de descarga sólida versus descarga líquida. Para uma melhor compreensão dos dados foi utilizado um modelo polinomial de grau 2, o qual apresentou R^2 igual a 95,63%. É importante salientar que no ponto amostral a maior vazão ocorreu na quinta campanha, em meados mês de novembro de 2015, visto que as altas precipitações na região de estudo influenciaram diretamente a produção de sedimentos. Já nas primeiras campanhas, as variações de valores foram pequenas (1,77; 3,15 e 3,10 mg. L⁻¹). Fatores morfológicos podem influenciado os em relação aos seus valores apresentados da descarga sólida em suspensão (MULDER & SYVITSKY, 1996; SOUZA, 2003).

Gráfico 3 Descarga Sólida em Suspensão da P – II.

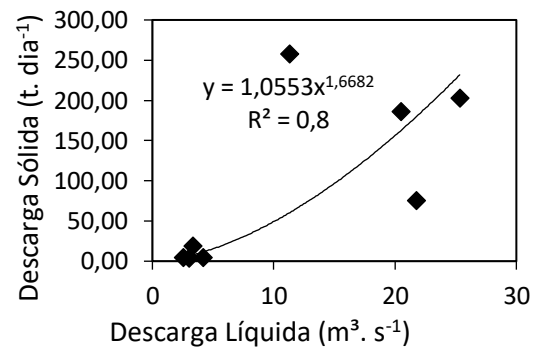


Rio Ingaí – Luminárias

No P – III foram determinados valores de descarga sólida versus a descarga líquida, como mostra no Gráfico. 4, o modelo que melhor se ajustou foi o potencial, apresentando um R^2 igual a 80%. Verifica-se elevados valores de precipitação ocorridos no período chuvoso e estes foram essenciais para a determinação da curva de descarga de sedimento, mostrando o comportamento correspondente com as vazões monitoradas e consequentemente elevadas concentrações de sedimentos em suspensão. Na sétima campanha, houve um dos maiores valores de vazões monitorados ($21,76 \text{ m}^3. \text{ s}^{-1}$), e com a descarga sólida inferior comparada as outras campanhas. Isso mostra que, as altas precipitações ocorridas no local não causaram um grande carregamento de sólidos no entorno da bacia. O que normalmente ocorre, pois, o transporte de sedimentos necessita se

ocorrer de acordo com os fatores como o clima, precipitação, vento e vai depender da seção do curso d'água. Os sedimentos em suspensão incluem tanto partículas provenientes do próprio leito como também a chamada carga de lavagem de finos que é uma espécie de cobertura do fundo dos sedimentos, provenientes de uma bacia tem a montante (MEDEIROS, *et al.*, 2008).

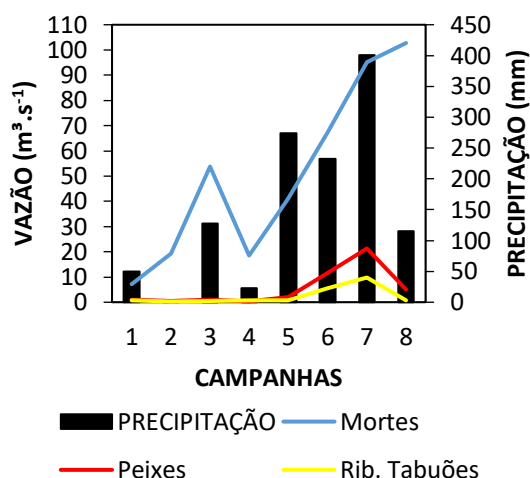
Gráfico 4 Descarga Sólida em Suspensão da P – III.



Sub-bacia hidrográfica Mortes

As vazões médias dos três pontos amostrais da bacia hidrográfica do Rio das Mortes juntamente com os valores de vazão da estação meteorológica de Lavras, mostradas no Gráfico. 5 a seguir, apresentam grande diferença de valores como, por exemplo, as vazões medidas no Rio das Mortes são significativamente superiores às medidas nas demais seções de controle.

Gráfico 5 Vazões e lâmina precipitada da sub – bacia Hidrográfica Mortes.



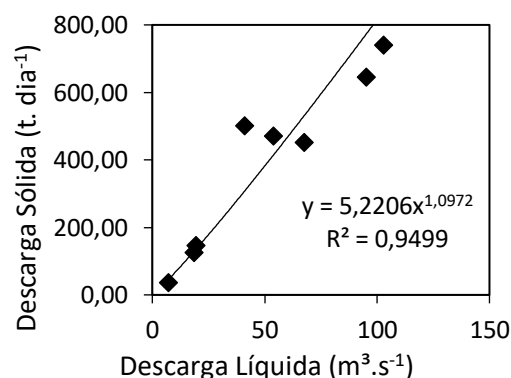
Rio das Mortes

Analisando a descarga sólida em suspensão do Rio das Mortes no Gráfico. 6, verifica-se que o modelo potencial apresentou um bom ajuste, pois o coeficiente de correlação R^2 foi de 94,99%. Situação que permite a quantificação da carga de sedimentos em suspensão a partir de valores de vazão os quais são mais facilmente determinados.

A degradação das bacias hidrográficas, principalmente pela ação do homem no solo e de, aos fenômenos meteorológicos naturais resulta na mobilização de sedimentos em quantidades maiores que as produzidas em centenas de anos em condições de equilíbrio natural (Simões & Coiado, 2001; Melo, 2008). De acordo com esses resultados, alguns fatores são determinantes na concentração dos sedimentos suspensos como, intensidade

da chuva, fatores ligados a geomorfologia da bacia e as condições de umidade e descarga. A diferença de valores foi significativa, sendo distribuída corretamente durante as épocas de estiagem e chuva. Elevadas concentrações de sedimentos, podem estar relacionadas a degradação de bacias, que por sua vez, pode originar do lançamento de esgotos, da agricultura ao redor de áreas de preservação permanente e de atividades agroindustriais.

Gráfico 6 Descarga Sólida em Suspensão na P – IV.

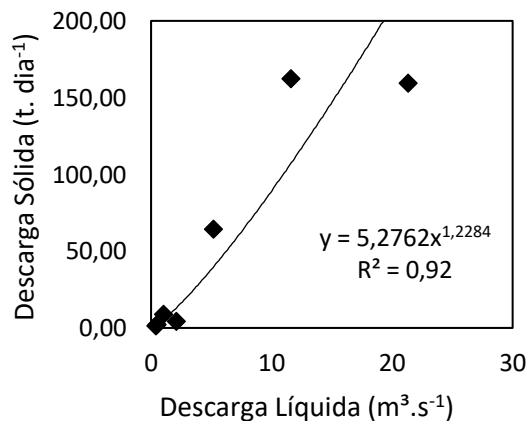


Rio do Peixe

Considerando a seção de controle localizada no Rio do Peixe, verifica-se que o modelo potencial também apresentou bom ajuste, em função do coeficiente R^2 de 0,92 (Gráfico. 7). Outra constatação é que existe uma certa coerência na geração de sedimentos entre a seção de controle localizada no Rio do Peixe e na localizada no Rio das Mortes em Conceição da Barra de Minas, a qual pode ser verificada ao

analisarmos vazões próximas a $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nas respectivas seções de controle, estas vazões geram valores de descarga sólida bastante próximos e da ordem de 150 ton dia^{-1} . Tal situação implica em dizer que as bacias apresentam comportamento semelhante e que possivelmente também se apresentam impactadas de maneira similar.

Gráfico 7 Descarga Sólida em Suspensão na P – V.

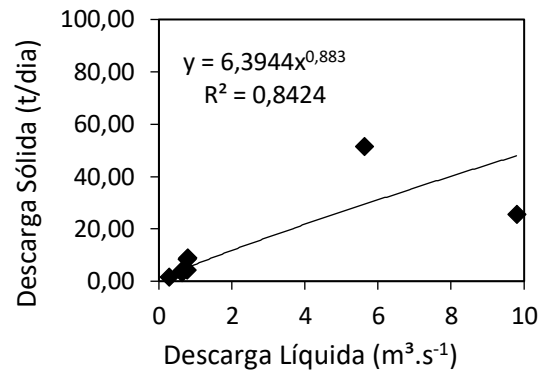


Ribeirão dos Tabuões

O Gráfico. 8 apresenta o comportamento da descarga sólida em função da vazão, assim como ocorrido no Rio do Peixe e no Mortes, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o potencial. Neste caso, específico o ajuste

do modelo potencial não representou R^2 acima de 0,90, porém cabe ressaltar que um R^2 de 0,84 é aceitável.

Gráfico 8 Descarga Sólida em Suspensão na P – VI.



CONCLUSÕES

Dentro dos resultados encontrados é possível associar aos eventos encontrados que as altas precipitações geram grandes quantidades de sedimentos, sendo possível determinar a descarga sólida de sedimentos a partir da vazão dos corpos hídricos das sub-bacias hidrográficas monitoradas.

As descargas de sedimentos em suspensão são dependentes do regime de precipitação, visto que o P - VI apresentou um rendimento abaixo das demais, fator associado ao assoreamento.

REFERÊNCIAS

AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012

AMÂNCIO, D, V; COELHO, G; MARQUES, R, F, P, V; VIOLA, M, R; MELLO, C, R. Qualidade da água nas

sub-bacias hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais. **Scientia agraria**, v. 19, n. 1, Curitiba Jan/Mar, 2018.

CARVALHO, N, O.
Hidrossedimentologia Prática. 2. ed.
Rio de Janeiro: Interciência, 2008, 599 p.

GOMES, N, M; FARIA, M, A; SILVA, A, M; MELLO, C, R; VIOLA, M, R.
Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 11, n. 4, 2007, p. 427 – 435.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Zoneamento ecológico – econômico do Estado de Minas Gerais – ZEE-MG**. Belo Horizonte, 2008.

Disponível em:

<http://www.zee.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/5recursos_h%C3%ADricos.pdf>. Acesso em: 25 jan.2020.

MULDER, T; SYVITSKY, J, P, M.
Climatic and morphologic relationships of rivers. Implications of sea level fluctuations on river loads. **J Geol.**, v. 104, p. 509-523, 2004.

NOGUEIRA, P. F.; CABRAL, J. B.P.; OLIVEIRA, S. F. Análise da concentração dos sólidos em suspensão, turbidez e TDS nos principais afluentes do reservatório da UHE barra dos coqueiros-GO. **Revista Geonorte**, ed. especial, v. 3, n. 4. 2012, p. 485-494. 2016.

SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. v. 1, 288 p.

SIMÕES, S.J.C.; Coiado; E.M. (2001). Métodos de Estimativa da Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográficas. In: **Hidrologia Aplicada à**

Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Org. por De PAIVA, J.B.D.; De PAIVA, E.M.C.D., Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 365-394.

SOUZA, W, F, L; KNOPPERS, B.
Fluxos de Água e Sedimentos a costa leste do Brasil: Relações entre a Tipologia e as pressões antrópicas. Geochim, Brasil. v. 17, p. 57-74, 2003.