



GUSTAVO MAGALHÃES PETINARDI

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO E ELABORAÇÃO DE
CURVA-CHAVE EM CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO DE
LASSANCE - MG**

LAVRAS – MG

2021

GUSTAVO MAGALHÃES PETINARDI

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO E ELABORAÇÃO DE CURVA-CHAVE EM CURSO
D'ÁGUA NA REGIÃO DE LASSANCE – MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Gilberto Coelho
Orientador

LAVRAS – MG

2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bacia Hidrográfica São Francisco Sudoeste. Fonte: IGAM, 2009.	17
Figura 2. Modelo da seção par medição de vazão com micromolinete. Fonte: MDGeo, 2019.	21
Figura 3. Medição de vazão com uso do micromolinete modelo MCN-1C. Fonte: ASP Engenharia, 2018.	22
Figura 4. Planilha batimétrica utilizada para coleta de dados em campo. Fonte: ASP Engenharia, 2018.	23
Figura 5. Representação da seção de controle com indicação das verticais, os pontos que indicam as posições onde é coletado dado de velocidade, as distancias (d), profundidades (p) e as áreas das subseções.....	24
Figura 6. Régua Linimétrica instalada no Ribeirão do Gama.	25
Figura 7. Área de drenagem a montante da seção de controle. Fonte: Autor, 2021.	28
Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo da área de drenagem a montante da seção de controle. Fonte: Autor, 2021.	29
Figura 9. Mapa Hipsométrico da área de drenagem. Fonte: Autor, 2021.	30
Figura 10. Mapa de declividade da área de drenagem. Fonte: Autor, 2021.	30
Figura 11. Mapa dos tipos de solo que compõem a sub-bacia de estudo. Fonte: Autor, 2021.	31
Figura 12. Pluviometria por ano hidrológico.	33
Figura 13. Máximas, mínimas e médias pluviométricas.	34
Figura 14. Curva-chave construída com dados de cota e vazão.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distância entre as bases da seção (Santos, <i>et al.</i> 2001).....	21
Tabela 2. Posicionamento vertical do micromolinete e equação da velocidade média nas verticais (Santos <i>et al.</i> 2001).....	22
Tabela 3. Dados pluviométricos dos anos de 1983 a 2020.....	32
Tabela 4. Dados pluviométricos de média, máximo e mínimo.	33
Tabela 5. Histórico de dados do monitoramento hidrológico.....	36
Tabela 6. Valores da vazão calculada pela equação obtida por meio da curva-chave para calculo do coeficiente de Nash-Sutcliffe.....	36

RESUMO

Este trabalho objetivou promover uma análise no regime de precipitação na região de Lassance – MG, e obter uma curva-chave de descarga por meio de dados de monitoramento hidrológico realizado no Ribeirão do Gama, localizado no mesmo município. A área de drenagem do curso d'água em questão possui 2.855 hectares. A mesma foi caracterizada morfometricamente, obtendo dados de densidade de drenagem, fator de forma, índice de compactidade, hipsometria e declividade, sendo predominantes relevos planos e suavemente ondulados, com declividade de 0 a 8%, e 95,17% da área composta por latossolo vermelho-amarelo. Para a realização do monitoramento hidrológico, foi instalada uma seção de controle, onde se utilizou molinete fluviométrico para cálculo da vazão e régua linimétrica para dados de cota do nível d'água, sendo possível obter uma curva-chave com ótimo coeficiente de ajuste, determinado pelo R^2 e coeficiente de Nash-Sutcliffe. Os dados de precipitação foram obtidos de forma secundária por meio do INMET, sendo a série histórica de 1983 a 2020, permitindo a caracterização do período seco e chuvoso. Por fim, foi possível concluir que a sub-bacia tem grande tendência à infiltração de água no solo e possui períodos bem definidos de chuva e estiagem com períodos severos de estiagem e 88,75% da precipitação anual ocorrendo entre os meses de outubro a março. A curva-chave obtida teve ótimo coeficiente de ajuste, apesar de ser pouco representativa por conter poucos dados de cota-descarga. Recomenda-se que seja dada continuidade ao monitoramento hidrológico para obtenção de curva-chave mais representativa, além da implantação de planos de manejo de bacias hidrográficas e de conservação do solo a fim de garantir uma maior quantidade e qualidade de água nos períodos de estiagem.

Palavras-chave: Precipitação. Curva-chave. Micromolinete.

ABSTRACT

This work aimed to promote an analysis of the precipitation regime in the region of Lassance - MG, and to obtain a rating curve through hydrological monitoring data carried out in Ribeirão do Gama, located in the same municipality. The drainage area of the watercourse in question has 2,855 hectares. It was characterized morphometrically, obtaining data on drainage density, form factor, compactness index, hypsometry and slope, with predominant flat reliefs and wavy planes, with slope from 0 to 8%, and 95.17% of the area composed of red-yellow oxisol. To carry out the hydrological monitoring, a control section was installed, where a fluviometric windlass was used to calculate the flow and linimetric rulers for water level data, making it possible to obtain a rating curve with an excellent adjustment coefficient, determined by R^2 and Nash-Sutcliffe coefficient. Precipitation data were obtained in a secondary way through INMET, with the historical series from 1983 to 2020, allowing the characterization of the dry and rainy period. Finally, it was possible to conclude that the sub-basin has a strong tendency to infiltrate water into the soil and has well-defined periods of rain and drought with severe periods of drought and 88.75% of annual precipitation occurring between the months of October to March. The rating curve obtained had an excellent adjustment coefficient, despite being unrepresentative as it contained few data on discharge quota. It is recommended that hydrological monitoring be continued in order to obtain a more representative rating curve, in addition to the implementation of watershed management and soil conservation plans in order to guarantee a greater quantity and quality of water during dry periods.

Keywords: Precipitation. Rating curve. Micro windlass.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Precipitação.....	9
2.2 Monitoramento hidrológico.....	11
2.3 Fatores que influenciam a vazão de cursos d'água	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização da área	16
3.2 Tipos de solo.....	16
3.3 Recursos hídricos.....	16
3.4 Características morfométricas	17
3.5 Climatologia	19
3.6 Pluviometria.....	20
3.7 Vazão com micromolinete fluviométrico.....	20
3.8 Monitoramento de nível – régua linimétrica.....	25
3.9 Elaboração de curva-chave.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Caracterização da sub-bacia hidrográfica	27
4.2 Precipitação.....	31
4.3 Monitoramento hidrológico e obtenção da curva-chave.....	36
5. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A vida é extremamente dependente da água, visto que esta garante diversos usos essenciais a nossa sobrevivência, como a conservação da fauna e flora, consumo humano, abastecimento industrial, produção de energia e atividades de lazer e recreação. Considerando tal relevância, é indispensável conhecer a dinâmica das águas, além de compreender quais fatores influenciam sua quantidade e qualidade para o gerenciamento do seu uso de forma sustentável.

Neste cenário, o monitoramento hidrológico emerge como ferramenta para obtenção de dados quantitativos referentes aos corpos d'água, como nível d'água e vazão que tornem possível a caracterização hidrológica da região.

A compreensão do funcionamento do regime de vazões de bacias e sub-bacias hidrográficas é essencial para a eficácia da gestão, haja vista que torna possível a obtenção de dados suficientes ao atendimento dos diversos usos possíveis das águas. As ações antrópicas sobre o uso e ocupação do solo podem influenciar os processos hidrológicos terrestres, como a diminuição ou incremento da vazão média, máxima e mínima e alterações na qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

A precipitação, sendo definida como toda água, que independente de seu estado físico, oriunda da atmosfera, retorna a superfície terrestre, é uma variável meteorológica de extrema importância, sendo a principal responsável pela manutenção da quantidade de água nos recursos hídricos. Com isso, pode-se afirmar que o conhecimento do regime de precipitações em determinado local de estudo hidrológico torna-se uma medida essencial sendo importante para estimar a disponibilidade hídrica para os usos múltiplos da água.

Neste sentido, este trabalho objetivou promover uma análise no regime de precipitação na região de Lassance e gerar uma curva-chave de descarga a partir de dados de monitoramento hidrológico do Ribeirão do Gama localizado em uma área sobre o efeito de uma monocultura do eucalipto, que esta inserida na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Sudoeste.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Precipitação

A precipitação é um dos principais elementos do ciclo hidrológico, podendo ser definida como toda água que retorna a superfície terrestre após suas transformações de estado físico na atmosfera (TUCCI, 2013; AVANZI, 2005).

O ciclo da água na atmosfera ocorre devido à relação entre sua demanda e seu excesso, denominada como diferença de pressão de vapor da atmosfera. A demanda está relacionada às características do ar com baixa umidade, do vento e da radiação solar, que influenciam na evaporação da água dos oceanos, lagos, rios, ribeirões, solos e outras superfícies úmidas. A condição de excesso ocorre quando o ar fica saturado de vapor, interrompendo o processo de evaporação e possibilitando que a água retorne à superfície terrestre por meio da precipitação (REICHARDT, 1990).

O vapor de água é o componente principal da atmosfera para a geração das precipitações, pois constitui um reservatório potencial de água, que à medida que é condensado começa o processo de formação da precipitação. Entretanto, existem outros fatores que influenciam nessa formação, como a temperatura do ar que auxilia na formação dos núcleos de condensação (TUCCI, 2013).

Muitas vezes o termo precipitação é utilizado para se referir somente à chuva, entretanto está relacionado a todas as formas de água depositadas na atmosfera, provenientes do vapor de água, que venham a precipitar sobre a superfície terrestre, podendo citar a neblina, chuva, granizo, geada e neve. Há alguns autores que ainda consideram a condensação sobre as superfícies sólidas ou líquidas como forma de precipitação, como por exemplo, o orvalho que é formado sobre as superfícies (WISLER; BRATER, 1964).

Para o estudo e caracterização da precipitação, são utilizadas grandezas e unidades de medida, que permitem que sejam feitas inferências sobre a magnitude do evento e sua duração, sendo eles:

- Duração, correspondente ao intervalo de tempo que decorre do momento em que se iniciou a precipitação até o seu término, sendo medida geralmente em minutos (min) ou horas (h).
- Altura de precipitação ou altura pluviométrica, que é dada pelo volume de água precipitada por unidade de área horizontal, podendo se referir a um evento de chuva ou todos os eventos em um determinado tempo, como alturas

pluviométricas diárias, mensais, anuais, etc, sendo expressas em milímetro (mm).

- Intensidade (I) que é correspondente ao total precipitado (P) por unidade de tempo (T). A intensidade pode ser variável durante um intervalo de tempo, como por exemplo, em um evento de chuva de 1 hora registrado em intervalos de 5 minutos (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).
- Frequência está relacionada com a probabilidade de um fenômeno (chuva) igual ou superior ao analisado se apresentar em um ano qualquer. (SORIANO; GALDINO, 2002)

Entre os fatores climáticos que influenciam nas vazões dos rios, destacam-se a intensidade e a duração da precipitação, sendo que, quanto maior a intensidade da chuva, maior a velocidade com que o solo alcança sua capacidade de infiltração, gerando um excedente pluvial que escoará superficialmente. Em chuvas de intensidade constante, quanto maior sua duração, maior a facilidade de escoamento. Enfatiza-se também a ocorrência de precipitações prévias, visto que, uma vez que o solo já esteja saturado, maior será a porção escoada (MACIEL, 2017).

Para a análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo constantes como “Tempo de Recorrência” ou “Tempo de Retorno”, que consiste na análise das alturas pluviométricas máximas e representa o número médio de anos que se espera que a precipitação analisada venha a ser igualada ou superada (BERTONI; TUCCI, 2000).

Santos *et al.* (2011) afirma que o monitoramento e estudo dos períodos secos e chuvosos, assim como seus eventos extremos, são de grande importância para as atividades humanas, como projetos de abastecimento de água, geração de energia elétrica e atividades agrícolas.

Neste sentido, o estudo das precipitações se torna de extrema importância tendo em vista ser o principal fator que permite a manutenção da quantidade de água nos recursos hídricos da superfície terrestre.

2.2 Monitoramento hidrológico

A Terra conta com um complexo sistema de organismos vivos, em que a água é essencial e insubstituível. É um dos elementos físicos de maior relevância na composição da paisagem terrestre, relacionando fenômenos atmosféricos e litosféricos, proporcionando a vida vegetal, animal e humana partindo da relação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem (CARVALHO *et al.*, 2014).

Na atualidade, dois terços da população mundial vivenciam a escassez hídrica em pelo menos um mês do ano, tornando a falta d'água uma realidade em diversos países, agravada em razão da degradação ambiental que altera a característica de áreas produtivas (SANTOS; FERREIRA, 2019).

Recentemente, uma das maiores questões humanas é o gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, em razão dos diversos problemas relacionados à quantidade e qualidade desses recursos, tanto em escala global quanto regional (CARVALHO *et al.*, 2014).

Com base nesses dados e considerando que o crescimento populacional é seguido por incremento na demanda por água doce no planeta, é fácil concluir pela necessidade urgente de planos de manejo de bacias hidrográficas, objetivando a preservação da água como um recurso natural, a sustentabilidade de sua utilização e a autossuficiência econômica do país ou de certa região (LINHARES, 2006).

Estudos hidrológicos em bacias hidrográficas têm sido intensamente implementados com base na necessidade de compreensão de processos que influenciam sobre a disponibilidade e qualidade das águas (BLAINSK; ACOSTA; NOGUEIRA, 2017).

A realização de tais estudos é o que gera dados capazes de embasar os parâmetros para sua gestão e tomadas de decisão. Essas avaliações são dependentes diretas das medidas e observações obtidas em campo de modo contínuo e preciso, sem as quais a representação das características do regime hídrico de qualquer bacia hidrográfica torna-se impraticável (ÁVILA *et al.*, 2016).

A gestão dos recursos hídricos pode ser conceituada como o emprego e administração racional, democrática e participativa das águas. Ainda pode ser definida como uma atividade voltada à elaboração de princípios, metas e documentos orientadores e normativos, à formação de sistemas gerenciais e à estruturação de resoluções, com o propósito de promover

o uso consciente, controle e salvaguarda dos recursos hídricos mediante planejamentos (BERNARDI *et al.*, 2013).

A compreensão do funcionamento do regime de vazões de uma bacia e sub-bacia é essencial para a eficácia da gestão, haja vista que torna possível a obtenção de dados suficientes ao atendimento dos diversos usos possíveis das águas.

As redes de monitoramento são responsáveis pela obtenção de dados quantitativos referentes aos corpos d'água que constituem uma bacia hidrográfica, com base no registro de séries de dados cuja relevância é proporcional a sua extensão temporal. Seu principal propósito é disponibilizar dados de precipitação, nível d'água e vazão que tornem possível a caracterização hidrológica da região. As informações produzidas pela rede de monitoramento são empregadas em estudos hidráulicos e hidrológicos para o desenvolvimento de projetos de obras hidráulicas, cálculos de disponibilidade hídrica, demarcações de Faixa Marginal de Proteção (FMP), dentre outros (BAHIENSE *et al.*, 2015).

Um programa de monitoramento de sucesso deve levar em conta fatores além do corpo hídrico como: usos, fauna e flora em seu entorno, área de influência e características da área de estudo; e a caracterização do mesmo deve considerar suas utilizações principais como: consumo humano, preservação da vida aquática, irrigação dessedentação de animais, abastecimento industrial, recreação entre outros; pois estes elementos são especificados pela legislação. (MARTINEZ; PAPROCKI, 2017).

Nessa perspectiva, para um plano de gestão de sucesso, o monitoramento contínuo e preciso dos recursos hídricos no espaço e tempo, e a análise de seus dados são essenciais em todas as fases. Sem tal monitoramento sistemático, seguido pela avaliação, perde-se a chance de realizar ajustes com base em novos dados, saberes e experiência (PEREIRA *et al.*, 2020).

Há diversas metodologias utilizadas para a obtenção de dados de vazão: algumas mais simples, como o método do vertedor e flutuador, outras mais precisas como os molinetes, ecosonda, doppler acústicos e até mesmo por meio de satélites (SANTOS; FERREIRA, 2019). Quando se torna necessário obter dados de vazão por períodos sistemáticos, são utilizadas estruturas como réguas linimétricas ou linígrafos, montadas em local favorável da seção de controle, podendo ser utilizados controles artificiais para estabilização da cota-vazão (PINTO *et al.*, 1976).

A obtenção de dados hidrológicos, de boa qualidade e quantidades adequadas, torna-se importante para uma boa gestão dos recursos hídricos, a depender do desenvolvimento de estudo que se pretende realizar. O monitoramento hidrológico em microbacias oferece dados relevantes do ponto de vista qualitativo e quantitativo. Ressalta-se que os processos hidrológicos na área dependem de outros fatores como o tipo e uso do solo, vegetação local e topografia (SILVA, 2012).

Em um estudo comparativo entre os usos de água em plantações de eucalipto e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) realizado por Almeida e Soares (2003), em que foi realizado monitoramento hidrológico além de outros métodos para obtenção de dados, obteve-se como resultados que o consumo de água pelo eucalipto é similar ao de florestas densas, e se comparar ao crescimento como um tempo, tomando um período de sete anos, o consumo pode ser até menor em eucaliptos.

2.3 Fatores que influenciam a vazão de cursos d'água

Segundo Maciel (2017), compreende-se por vazão o volume de água escoado em dado período de tempo partindo de dada seção do curso d'água. No geral é expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em litros por segundo (l/s).

As estimativas de vazão em uma bacia hidrográfica contribuem na previsão de enchentes e dimensionamento de empreendimentos hidráulicos, possuindo grande relevância no desenvolvimento de projetos que minimizem o impacto ambiental no que se refere ao recurso hídrico (SIMEDO *et al.*, 2015).

Segundo Silva (2012), existem vários fatores que influenciam ou desfavorecem a ocorrência do escoamento superficial e assim a vazão dos cursos d'água, podendo ser por fatores edafoclimáticos, fisiográficos, sendo eles de acordo com as características físicas da bacia em questão, uso e manejo do solo.

Atividades antrópicas que causam alterações na estrutura da paisagem interferem diretamente nas propriedades do solo, afetando por consequência nas propriedades das águas em qualidade e quantidade. Com isso, é possível dizer que a ausência ou presença de vegetação, os diferentes usos do solo e as práticas utilizadas para seu manejo, refletem nas características dos recursos hídricos a jusante (MAFFIA, 2010).

Os cursos d'água revelam os efeitos do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. A inconstância na distribuição temporal das chuvas e a degradação ambiental dos recursos naturais de uma bacia podem afetar as reservas superficiais e subterrâneas. As ações antrópicas sobre o uso e ocupação do solo podem influenciar os processos hidrológicos terrestres, como a diminuição ou incremento da vazão média, máxima e mínima e alterações na qualidade da água de uma bacia hidrográfica (SIMEDO *et al.*, 2015).

Acerca dos fatores fisiográficos, os de maior relevância são a área, a forma, a permeabilidade e a capacidade de infiltração, e, ainda, a topografia da bacia hidrográfica (MACIEL, 2017). A área, pois sua extensão está diretamente relacionada com sua capacidade de captar água; a forma relaciona-se ao tempo de concentração da água na bacia; a permeabilidade, pois quanto maior for sua capacidade de infiltração maior será a quantidade de água absorvida e diminuindo o volume escoado superficialmente; e a topografia relaciona-se com a velocidade de escoamento das águas (MAFFIA, 2011).

De acordo com Vannote *et al.* (1980) os rios possuem um gradiente de variáveis ambientais que se modificam ao longo de sua dimensão longitudinal. Dentre eles são citados profundidade, temperatura, largura, padrões de transporte, tipo de solo e declividade, sendo que todos esses são fatores que influenciam na vazão do curso d'água. A partir desses fatores, pode-se dividir os recursos hídricos superficiais em três regiões geomorfológicas: cabeceira, médio curso e baixo curso.

Em bacias hidrográficas, a região de cabeceira é caracterizada por rios mais estreitos que possuem menores vazões. Em direção ao médio e baixo curso, um fator que interfere no gradiente longitudinal é a contribuição dos tributários ou afluentes, que promovem o aumento no volume de água que escoam na seção (Brigante e Espíndola, 2003; Press *et al.*, 2006).

Para qualquer tipo de plantação, seja ela florestal ou não, tem-se o efeito no consumo de água em diversos níveis, a depender da espécie plantada. Florestas nativas, para sua manutenção e sobrevivência, necessitam consumir água dos mananciais e do solo, assim como as monoculturas; entretanto, quando se fala de eucalipto, a polêmica no meio social é muito maior (OLERIANO; DIAS, 2007).

Os plantios de eucalipto sempre estiveram no centro de controvérsias e ainda suscitam debates acerca de seus impactos no meio ambiente. Na maioria dos casos, as críticas referem-se aos efeitos sobre o solo (empobrecimento e erosão), a água (impacto sobre a umidade do

solo, os aquíferos e lençóis freáticos) e a reduzida biodiversidade observada em monoculturas (VITAL, 2007).

Em trabalhos realizados com diferentes coberturas vegetais como, mata nativa, pastagem e eucalipto, com objetivo de avaliar a interferência do regime hídrico do solo, Leite *et al.* (1997) concluíram que o eucalipto, se comparado aos outros tipos de vegetação, não interferiu de modo negativo no regime hídrico do solo.

Os impactos causados pelo plantio de eucalipto sobre pequenos cursos d'água e lençóis freáticos dependem da região a qual está inserida a plantação, sendo importante levar em conta sua distancia do recurso hídrico e da profundidade do lençol freático. O eucalipto é capaz de causar ressecamento do solo apenas em regiões com baixa pluviosidade, abaixo da faixa de 400 mm/ano. Portanto, em regiões que possuem maior volume pluviométrico, essas plantações recebem mais água do que consomem, não causando ressecamento do solo (VITAL, 2007).

Almeida e Soares (2003) apresentaram estudo que compara dinâmica da água em florestas de mata atlântica e florestas de eucalipto. As medições específicas de componentes do ciclo de água no sistema solo-planta-atmosfera foram realizadas por sete anos de 1995 a 2001. Os resultados mostram que do total de chuva sobre a mata atlântica, cerca de 24% é interceptado pelas folhas e retornam para atmosfera após se evaporar, enquanto em florestas de eucalipto o valor foi próximo de 11% do volume precipitado, fato explicado pela maior área foliar da mata atlântica.

A partir desses dados, pode-se concluir que, em florestas de eucalipto, o volume de água da chuva que alcança o solo é maior, se comparado a florestas de mata atlântica, sendo um ponto positivo se pensar no aumento da umidade do solo e conseqüentemente a infiltração e recarga dos lençóis freáticos. De modo geral, com exceção de regiões e períodos secos, o regime hídrico sob plantações de eucalipto e área de mata atlântica não difere sistematicamente (ALMEIDA; SOARES, 2003).

Maffia (2011) realizando o monitoramento hidrológico em uma bacia reflorestada com monocultura de eucalipto, na cidade de Francisco Dumont – MG, conclui que este tipo de plantio não compromete a hidrologia da bacia local, tendo em vista que em seu estudo, realizado no período de três anos, a vazão mínima não diminuiu, mesmo havendo uma diminuição da precipitação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo em questão, foi realizada caracterização da área a partir de dados secundários e dados primários, obtenção de dados históricos de precipitação, e o monitoramento quantitativo do Ribeirão do Gama, na Fazenda do Gama, onde foram realizadas medições de vazão com utilização de instrumento móvel (micromolinete) e monitoramento do nível d'água (régua linimétrica). A seguir serão especificados os métodos empregados para realização do presente estudo.

3.1 Caracterização da área

O monitoramento hidrológico foi realizado no curso hídrico denominado Ribeirão do Gama, em uma seção de controle que foi implantada na Fazenda do Gama, a qual abrange três municípios, sendo eles Várzea da Palma, Corinto e Lassance – MG. A seção de controle foi implantada nas coordenadas geográficas 18°02'34,23'' e 44°52'32,50''.

3.2 Tipos de solo

Na área de drenagem da seção de controle, existem dois tipos de solo conforme base de dados da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IDE-SISEMA, disponibilizados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM e Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Os solos existentes na área são latossolo vermelho-amarelo distrófico (LVAd12) e neossolo litólico distrófico (RLd3), segundo a classificação adotada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS (Embrapa, 1999)

Os latossolos vermelho-amarelo, predominantes na área de estudo, se apresentam de modo geral profundos, bem drenados, friáveis a muito friáveis, textura variando de arenosa, silte-argilosa a argilosa (mais restrita) com porosidade muito alta e/ou alta.

3.3 Recursos hídricos

A Fazenda do Gama está localizada Bacia Hidrográfica dos Rios Jequitai e Pacuí (SF6), na região Bacia São Francisco Sudoeste, que tem uma extensão de 6.980 km² e abrange seis municípios, sendo um deles Lassance. O Ribeirão do Gama deságua no rio de Janeiro,

que, por sua vez deságua na margem direita do rio São Francisco, que forma uma das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil.

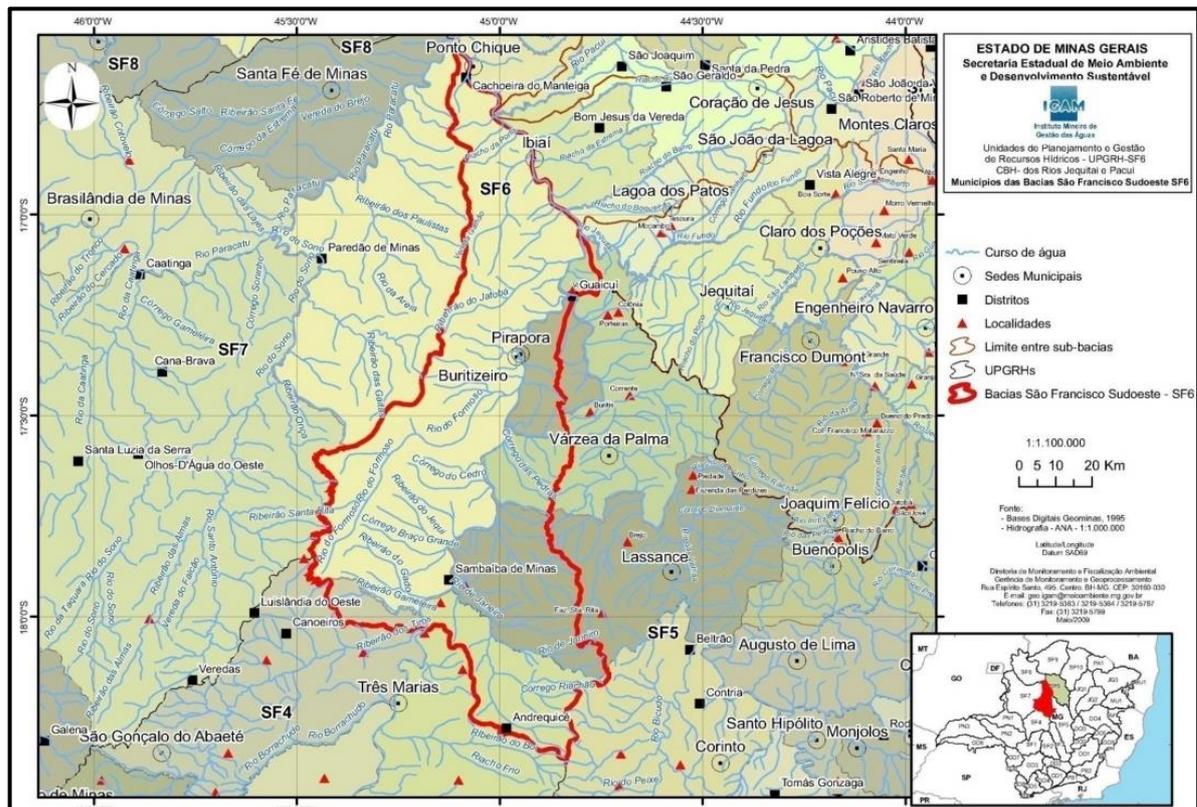


Figura 1. Bacia Hidrográfica São Francisco Sudoeste. **Fonte:** IGAM, 2009.

3.4 Características morfométricas

A área de drenagem (A_d) de um determinado ponto é uma projeção horizontal da área geográfica entre os divisores topográficos deste ponto. A partir de sua delimitação, obtiveram-se diferentes características físicas, como: perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude e densidade de drenagem.

Para a delimitação da área de drenagem foi utilizado imagens do satélite *Alos Palsar*, fornecidos pelo site da NASA, *EarthData*, que contém informações de elevação do terreno. Com a imagem *.tif* baixada, é utilizado software QGIS para processamento dos dados. A partir da imagem do modelo digital de elevação (MDE), são extraídas as curvas de nível, que possibilitam realizar a delimitação da área de drenagem.

O perímetro (P) da bacia consiste no comprimento, em km, da linha imaginária ao longo do divisor de águas. Já o comprimento total dos cursos d'água (L_t) corresponde ao somatório do comprimento de todos os tributários e o curso de água principal até o ponto de estudo, dado em km.

A densidade de drenagem D_d , dada em km/km^2 , indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, ou seja, a eficiência da drenagem da bacia, tendo influencia da geologia, topografia, solo e vegetação. Sua formula é dada por:

$$D_d = \frac{L_t}{A_d}$$

O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu K_c for mais próximo da unidade. O K_c foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A_d}}$$

Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. Assim, pode-se interpretá-lo da seguinte forma:

- 1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes
- 1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes
- > 1,50 = bacia com menor propensão a grandes enchentes

O fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (L). O comprimento axial da bacia é igual ao comprimento da foz ao ponto mais longínquo da área. A largura média \bar{L} é calculada pela expressão:

$$\bar{L} = \frac{A_d}{L}$$

e portanto, o fator de forma K_f é determinado por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} = \frac{A_d}{L^2}$$

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75 = sujeito a enchentes
- 0,75 – 0,50 = tendência mediana
- < 0,50 = menor tendência a enchentes

Para a elaboração do mapa hipsométrico e do mapa de declividade foi utilizado o mesmo MDE do qual foram extraídas as curvas de nível.

3.5 Climatologia

O clima de uma região é caracterizado com base na análise de dados coletados em estações com sensores de variáveis meteorológicas como temperatura, umidade do ar, radiação solar, velocidade e direção dos ventos, além da precipitação.

Na área de influência indireta da fazenda do GAMA, existe uma estação meteorológica com sistema de coleta, arquivamento e distribuição das informações meteorológicas, sob a responsabilidade técnica do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, localizada no distrito de Andrequicé, pertencente ao município de Três Marias.

Com base nas normais climatológicas, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ou média histórica, a precipitação anual na região de abrangência da represa de Três Marias corresponde a aproximadamente 1300 mm.

Segundo a classificação de Koopen, o clima da região onde está inserido o Ribeirão do Gama, é do tipo Tropical com Estação Seca (Aw), estação chuvosa no verão, de outubro a março, e uma nítida estação seca no inverno, de abril a setembro. O período chuvoso tem uma precipitação total média de 1200 mm, já o período seco tem precipitação em torno de 100 mm. Ambos os valores apresentados representam médias climatológicas, os quais possuem variabilidade interanual.

Na área de influência do empreendimento, a média histórica de temperatura é de 23°C. A temperatura média mínima anual da é em torno 16°C. Considerando-se somente o inverno este valor cai para 14°C. A temperatura máxima anual é de 30°C.

3.6 Pluviometria

Para um melhor entendimento dos dados de vazão, torna-se necessário um conhecimento de dados pluviométricos da região, tendo em vista que quanto maior a pluviometria durante o decorrer do mês, maior tende a ser os dados de vazão coletados durante o monitoramento hidrológico, assim como uma diminuição em épocas de estiagem.

Para coleta de dados pluviométricos da área de Fazenda do Gama, foi realizada consulta à plataforma digital INMET, sendo utilizados os dados do pluviômetro instalado no município de Três Marias – MG. Para a realização da análise do regime pluvial, os dados de precipitação foram tabulados e gráficos foram gerados utilizando planilhas eletrônicas do software Excel[®].

3.7 Vazão com micromolinete fluviométrico

A vazão ou descarga de um rio é determinada pelo volume de água que se desloca em um determinado período de tempo [L^3/T] ou ainda pela velocidade do fluxo que passa através de uma seção transversal durante certo tempo [$L/T \times L^2$].

A metodologia de cálculo de vazão com utilização do micromolinete se baseia na medição de velocidade do fluxo da água, em segmentos da seção do rio. Assim, as somatórias dos produtos entre a velocidade de fluxo e os segmentos de seção totalizam a descarga do curso d'água no momento da medição.

$$\text{Vazão (m}^3/\text{s)} = \text{Área da Seção (m}^2\text{)} \times \text{Velocidade (m/s)}$$

O micromolinete mede a velocidade do fluxo em vários pontos da mesma vertical e em várias verticais da seção do leito definidas como bases. Para obter a quantidade de bases se mede a largura exata do leito, além de realizar a medida da profundidade em cada vertical. A Figura 2 ilustra esta situação.

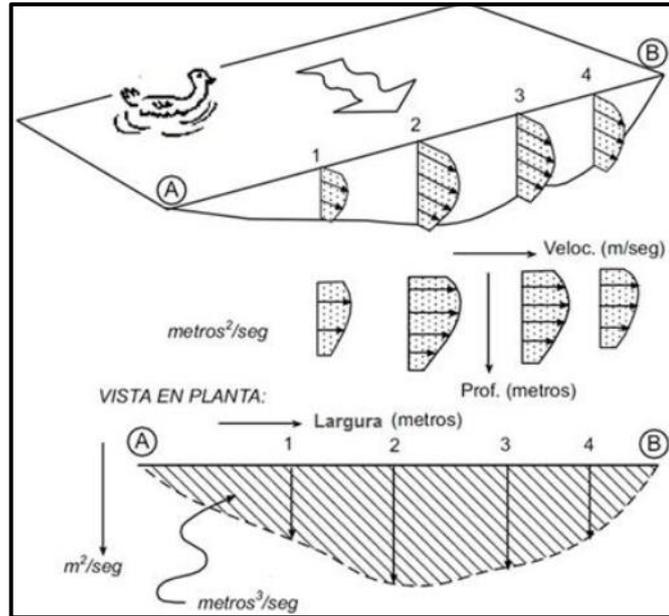


Figura 2. Modelo da seção par medição de vazão com micromolinete. **Fonte:** MDGeo, 2019.

Para realização da medição de vazão superficial são necessárias algumas precauções. São evitadas medições em seções com fundos pedregosos e margens com reentrâncias, de forma que a distribuição das medidas de velocidade, tanto horizontal quanto vertical, possa traduzir com fidelidade a vazão do corpo d'água e seu escoamento linear.

As distâncias entre as seções verticais são definidas de acordo com a largura total do curso d'água, conforme Tabela 1, definindo assim, a quantidade de bases onde serão realizadas as medidas verticais da velocidade de fluxo. Já o número de pontos, e a posição do equipamento para cada seção vertical, são definidos de acordo com a profundidade das seções verticais (Tabela 1).

Tabela 1. Distância entre as bases da seção (Santos, *et al.* 2001).

LARGURA DO RIO (m)	DISTÂNCIA ENTRE AS SEÇÕES VERTICAIS (m)
< 3	0,3
3 a 6	0,5
6 a 15	1
15 a 30	2
30 a 50	3
50 a 80	4
80 a 150	6
150 a 250	8
> 250	12

Tabela 2. Posicionamento vertical do micromolinete e equação da velocidade média nas verticais (Santos *et al.* 2001).

PROFUNDIDADE (m)	NÚMERO DE PONTOS	POSIÇÃO DO EQUIPAMENTO	CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA NA VERTICAL
0,15 a 0,60	1	0,6p	$\bar{V} = V_{0,6}$
0,61 a 1,20	2	0,2p e 0,8p	$\bar{V} = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2}$
1,21 a 2,00	3	0,2p; 0,6p e 0,8p	$\bar{V} = \frac{V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}}{4}$
2,01 a 4,00	4	0,2p; 0,4p; 0,6p e 0,8p	$\bar{V} = \frac{V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8}}{6}$
> 4,01	6	S; 0,2p; 0,4p; 0,6p; 0,8p e F	$\bar{V} = \frac{V_s + 2(V_{0,2} + V_{0,4} + V_{0,6} + V_{0,8})V_f}{10}$

Obs: p = profundidade; \bar{V} = Velocidade média; V_s = Velocidade na superfície (medida a 10 cm de profundidade); V_f = Velocidade no fundo (medida entre 15 e 25 cm acima do fundo); V_x = Velocidade na posição x.

O equipamento é posicionado no mesmo sentido do fluxo d'água com as conchas/hélices voltadas para direção oposta ao fluxo. Durante a medição, deve-se atentar para que não haja interferência na velocidade do fluxo da vazão próximo ao equipamento (Figura 3).



Figura 3. Medição de vazão com uso do micromolinete modelo MCN-1C. **Fonte:** ASP Engenharia, 2018.

Em seguida, é anotado em planilha batimétrica de campo (Figura 4) o número de revoluções ou rotações produzidas pelo fluxo em cada seção vertical, bem como o tempo de medição. Para reduzir os erros intrínsecos deste método, são realizadas várias medidas por seção a fim de se obter dados confiáveis.

Planilha Batimetria										
Data:			Larg. Rio	Dist. Vert. (m)	Nº verticais	PROFUNDIDADE (m)	NÚMERO DE PONTOS	POSIÇÃO DO EQUIPAMENTO		
Localidade:			≤ 3	0,3	10	0,15 a 0,60	1	0,6p		
Larg. Da Seção:			3 a 6	0,5	6 a 12	0,61 a 1,20	2	0,2p e 0,8p		
Número hélice:			6 a 15	1	6 a 15	1,21 a 2,00	3	0,2p; 0,6p e 0,8p		
Temp. ambiente:			15 a 30	2	7 a 15	2,01 a 4,00	4	0,2p; 0,4p; 0,6p e 0,8p		
Temp. do curso d' água:			30 a 50	3	10 a 16	> 4,01	6	S; 0,2p; 0,4p; 0,6p; 0,8p e F		
			50 a 80	4	12 a 20					
DADOS DO CURSO D' ÁGUA			20% PROF. VERTICAL (CM)	60% PROF. VERTICAL (CM)	80% PROF. VERTICAL (CM)	NUMERO DE ROTAÇÃO			TEMPO (S)	VELOC. (M/S)
VERTICAIS	DISTÂNCIA (M)	PROF. VERT. (CM)				REPETIÇÃO 1	REPETIÇÃO 2	REPETIÇÃO 3		
MARGEM DIREITA										
1ª vertical										
2ª vertical										
3ª vertical										
4ª vertical										
5ª vertical										
6ª vertical										
7ª vertical										
8ª vertical										
9ª vertical										
10ª vertical										
11ª vertical										
12ª vertical										
13ª vertical										
14ª vertical										
15ª vertical										
16ª vertical										
17ª vertical										
18ª vertical										
19ª vertical										
20ª vertical										
MARGEM ESQUERDA										
TOTAL										

Figura 4. Planilha batimétrica utilizada para coleta de dados em campo. **Fonte:** ASP Engenharia, 2018.

Após anotar todas essas medidas, os dados são lançados em planilha padrão que converte as revoluções das hélices/conchas em velocidade por meio de fórmula padrão fornecida pelo fabricante do equipamento.

Para o cálculo da vazão total na seção, é utilizado o método da seção média (Santos, 2001), em que são medidas as vazões parciais em cada uma das subseções entre verticais, a partir da largura, média das profundidades e da média das velocidades entre as verticais, conforme equação abaixo. A velocidade média da subseção é obtida por meio da velocidade média das verticais adjacentes. A vazão total será obtida a partir do somatório das vazões em cada subseção. Para o cálculo da vazão nas extremidades (primeira e última subseção) é utilizada a seguinte fórmula:

$$Q_x = \frac{\bar{V}_{px}}{2} * A_x$$

Já para o cálculo da vazão nas subseções intermediárias, é utilizada a seguinte equação:

$$Q_x = \frac{\bar{V}_{px} + \bar{V}_{px+1}}{2} * A_x$$

Onde Q_x = Vazão na subseção x (m^3/s); \bar{V}_{px} = Velocidade média na vertical x (m/s); A_x = Área da subseção x (m^2).

Para o cálculo das áreas seccionais nos pontos de medição da vazão do córrego, foram medidas as profundidades das verticais, com espaçamento a depender da largura total da seção, conforme tabela 1, e a largura da seção do córrego. Para cada uma dessas secções, foi calculada uma área em m^2 , multiplicando o espaçamento entre as verticais e a profundidade média das verticais adjacentes; o somatório de todas as áreas resulta na área total, ou seja, representa a área seccional do ribeirão.

$$A_x = (d_{x+1} - d_x) \left(\frac{p_{x+1} + p_x}{2} \right)$$

$$A_T = \sum A_x$$

Em que A_x = área da subseção x (m^2); p_x = profundidade na vertical x (m); d_x = distancia da margem até a profundidade da vertical x (m); A_T = área total da seção de controle (m^2).

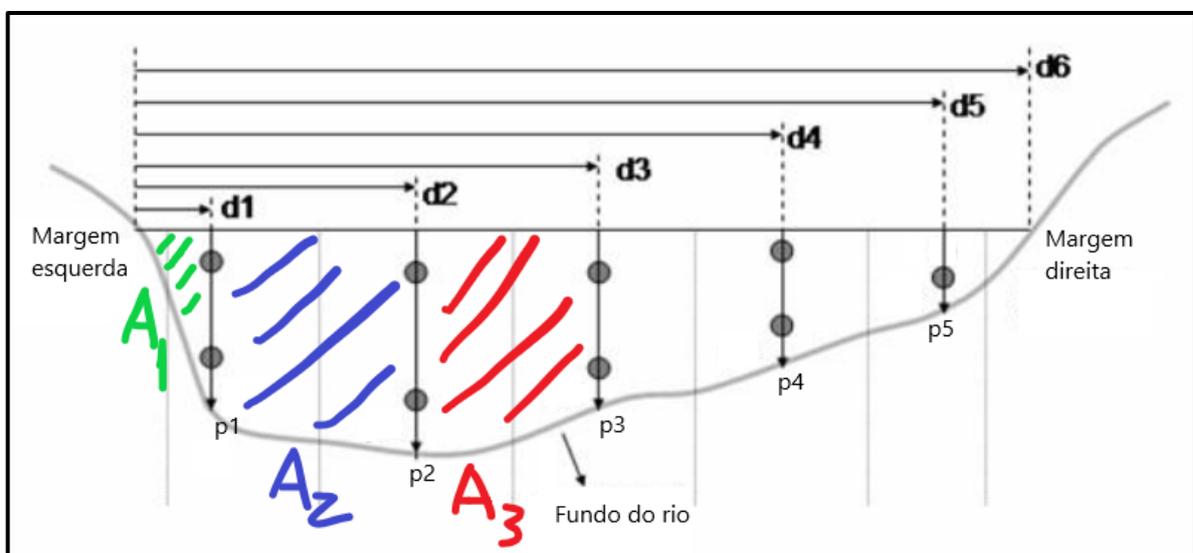


Figura 5. Representação da seção de controle com indicação das verticais, os pontos que indicam as posições onde é coletado dado de velocidade, as distancias (d), profundidades (p) e as áreas das subseções.

3.8 Monitoramento de nível – régua linimétrica

A leitura do nível linimétrico foi realizada por meio de réguas linimétricas, que foram instaladas na seção de controle, mesmo local onde foram realizadas as medições de vazão. Para a instalação das réguas, deve-se escolher uma seção regular e a régua deve ser bem fixada, em local com o mínimo de variações morfológicas (erosão e/ou assoreamento) possível, para que se evitem possíveis movimentações. Após a instalação, o monitoramento de cota consiste na simples leitura no nível linimétrico na escala centimétrica da régua (Figura 6).



Figura 6. Régua Linimétrica instalada no Ribeirão do Gama.

3.9 Elaboração de curva-chave

Segundo Tucci (2013), a relação cota-descarga de uma determinada seção fluviométrica permite calcular a vazão correspondente a uma dada altura de água, ou seja, a partir de dados do nível d'água e vazão é possível construir um gráfico que permite o cálculo indireto da vazão em uma determinada cota. Esta relação pode ser apresentada na forma de uma curva de calibragem, denominada comumente de curva-chave, traçada em um sistema de eixos retangulares sob a forma $Q = f(h)$.

O contínuo monitoramento e a aquisição dos dados cota-descarga são necessários para o estabelecimento de uma ou mais curvas-chave representativas, que consigam estabelecer a relação unívoca ou não unívoca entre estas duas variáveis.

A relação de univocidade depende das características geométricas do curso d'água, bem como sua variação ao longo do tempo, além do tipo de fluxo desenvolvido na seção (laminar ou turbulento).

Seguindo tais recomendações, a curva-chave se mantém válida por muito tempo e a vazão pode ser obtida medindo-se apenas o nível do rio, no caso utilizando as réguas linimétricas. O acúmulo das pequenas variações das características da seção ao longo dos anos faz com que a relação determinada seja associada a um período de validade.

Portanto, pode-se aproximar a relação $Q \times h$ por uma expressão potencial do tipo:

$$Q = a \cdot h^b$$

Em que “a” e “b” são parâmetros de ajuste de modelo, “h” é a leitura da régua linimétrica expressa em metros, e “Q” a vazão expressa em m^3/s .

Para verificar se a minimização dos desvios entre vazão medida e calculada pela expressão obtida é válida, utilizou-se o coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe, que é considerado umas das estatísticas mais sensíveis a valores extremos (Legates e McCabe, 1999).

De acordo com Machado e Vettorazzi (2003), o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe, é um dos mais importantes critérios estatísticos para avaliar o ajuste de modelos hidrológicos.

$$NS = 1 - \frac{\sum(Q_{med} - Q_{cal})^2}{\sum(Q_{med} - \bar{Q}_{med})^2}$$

Em que NS é o coeficiente de Nash-Sutcliffe sendo adimensional, Q_{cal} é a vazão calculada pela equação potencial (m^3/s) e Q_{med} é a vazão medida em campo (m^3/s). O NS pode variar do negativo infinito a 1, sendo o valor 1 indicativo de perfeito ajuste.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da sub-bacia hidrográfica

A área de drenagem a montante da seção de controle possui 28,55 km², equivalentes a 2855 hectares. Seu perímetro possui 22,57 km de extensão. O comprimento total dos cursos d'água a montante da seção de controle é de 20,45 km, sendo assim, possui uma densidade de drenagem de 0,716 km/km². De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas, indicando, assim, que a sub-bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem.

O índice de densidade de drenagem encontrado na bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, em MG, foi de 4,6 km/km², mostrando que aquela bacia apresenta elevada capacidade de drenagem (SANTOS, 2001).

O coeficiente de compacidade obtido foi no valor de 1,183, sendo que quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia. Esse valor indica um baixo tempo de concentração, sendo este definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle. O K_c obtido indica alta propensão a grandes enchentes.

Já o fator de forma K_f obtido foi de 0,53 indicando uma menor tendência de cheias para a seção de controle em questão. Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

O K_c expressa dimensão da cheia, e o K_f indica tendência a enchentes, sendo assim são considerados índices complementares. A partir disso pode-se dizer que a bacia em questão possui baixa tendência a apresentar enchentes, porém se estas ocorrerem, poderão ser de grande proporção.

Cardoso *et al* (2006), realizando caracterização morfométrica na bacia hidrográfica do rio Debossan, com área de drenagem de 9,9156 km² encontrou coeficiente de compacidade igual a 1,5842 e fator de forma 0,3285, chegando aos resultados que a bacia de estudo mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação. A densidade de drenagem encontrada foi de 2,35 km/km², chegando a conclusão que a bacia do rio Debossan possui média capacidade de drenagem.

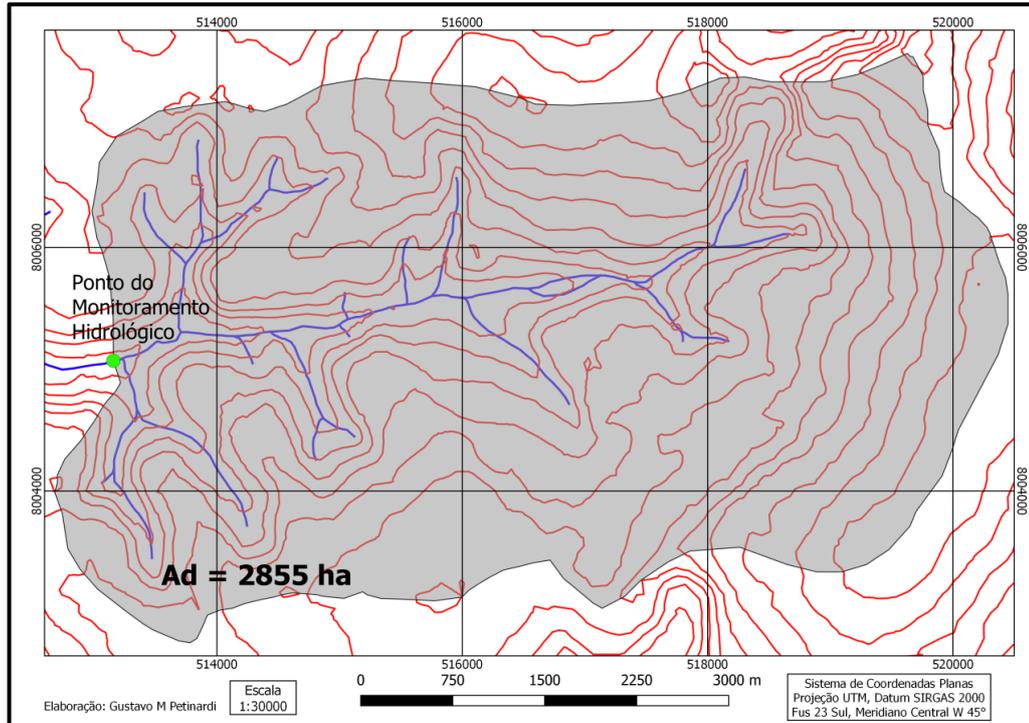


Figura 7. Área de drenagem a montante da seção de controle. **Fonte:** Autor, 2021.

Do total de 2855 hectares da área de drenagem, 76,5% é ocupado pela monocultura de eucalipto, com área de 2184,5 ha. Esta área possui um remanescente de vegetação nativa de 670,5 ha, totalizando 23,5% da área total, sendo que 323,6 ha são classificados como área de preservação permanente.

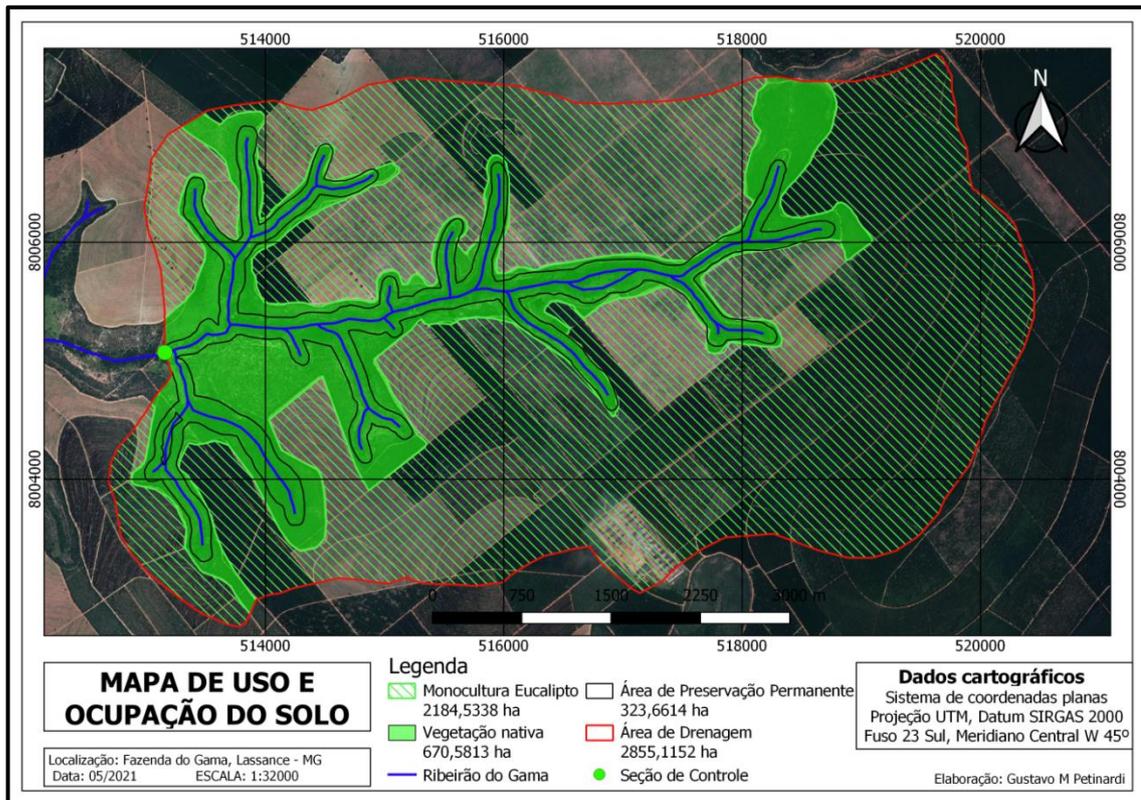


Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo da área de drenagem a montante da seção de controle. **Fonte:** Autor, 2021

A cota mais alta da área de drenagem é 940 metros e a cota mais baixa, onde se localiza o ponto de monitoramento é 783 metros. A cota média obtida pela média ponderada do MDE foi de 858 metros.

A seção de controle recebe água de 12 tributários e está a uma distancia de 5,84 km da nascente, que se encontra na cota 846 m, sendo a declividade média do talvegue de 0,01078 m/m.

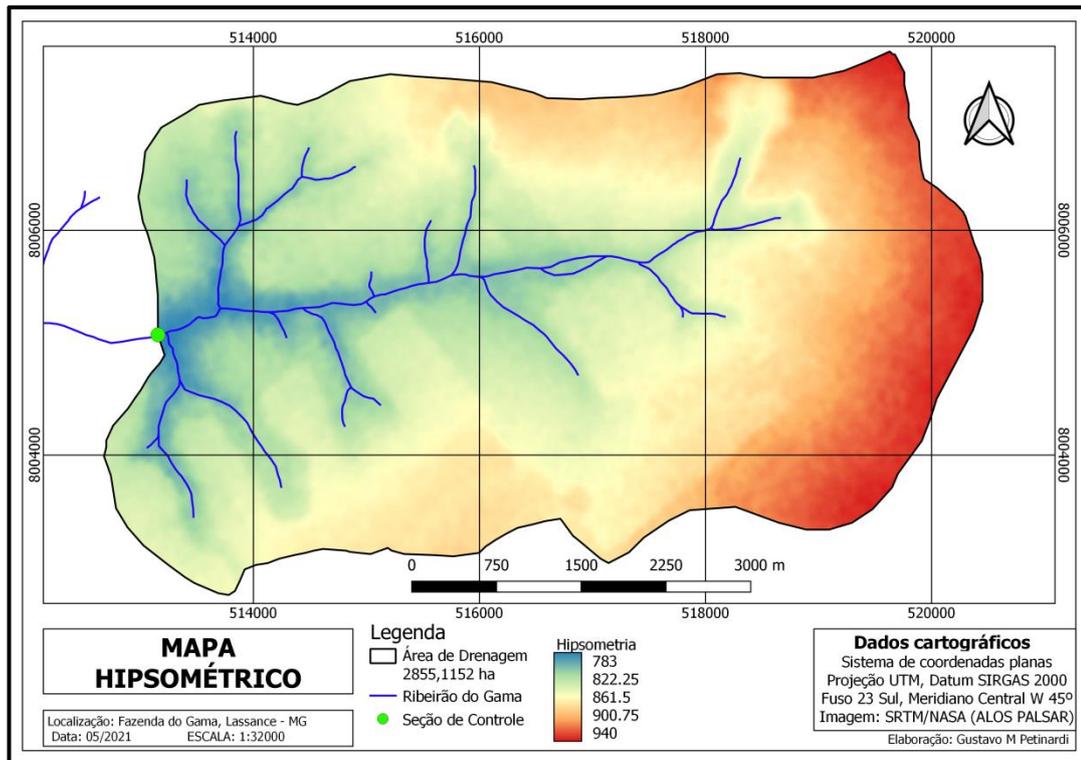


Figura 9. Mapa Hipsométrico da área de drenagem. **Fonte:** Autor, 2021.

A declividade da área de drenagem varia de 0 a 43,56% sendo predominante declividades planas e suavemente ondulado, que variam entre 0 e 8%. A média das declividades presentes na área de estudo foi de 7,43%.

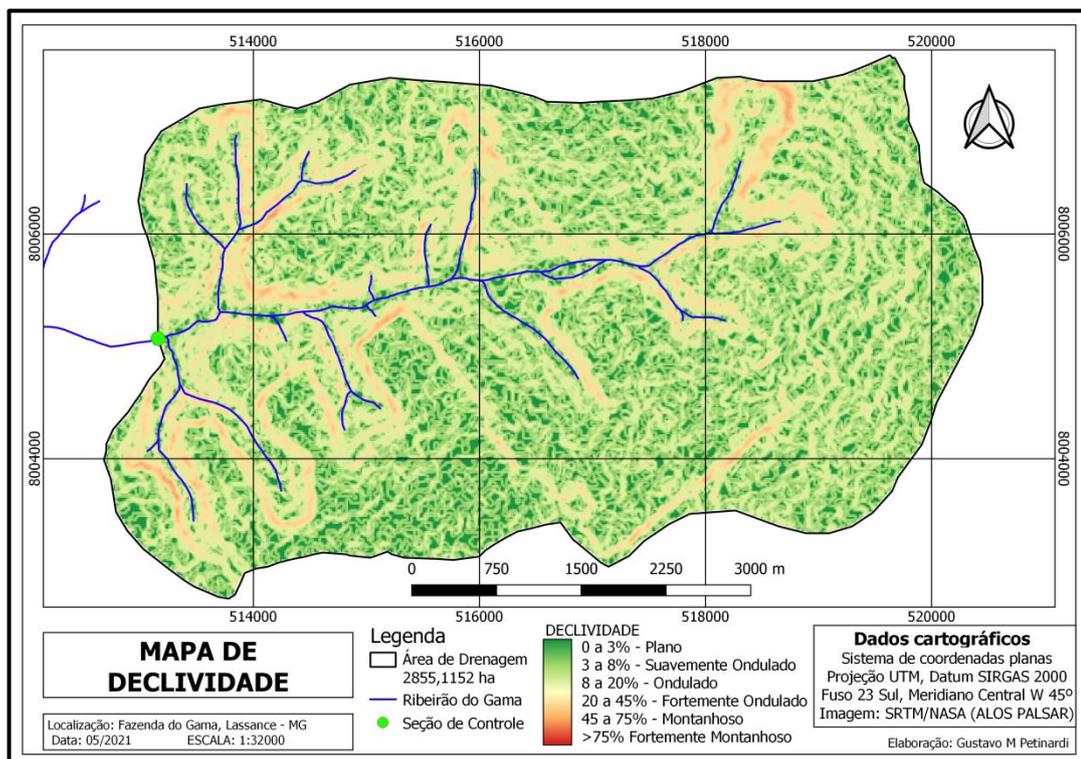


Figura 10. Mapa de declividade da área de drenagem. **Fonte:** Autor, 2021.

Dos 2.855 ha da área de drenagem, 2.717,28 ha são compostos por latossolos vermelhos-amarelo, representando 95,17% da área total. Essa representatividade indica um grande potencial de infiltração de água no solo, sendo que os latossolos vermelhos-amarelo apresentam alta porosidade. O restante da área de drenagem, sendo de 137,83 ha, tem a ocorrência de neossolo litólico distrófico.

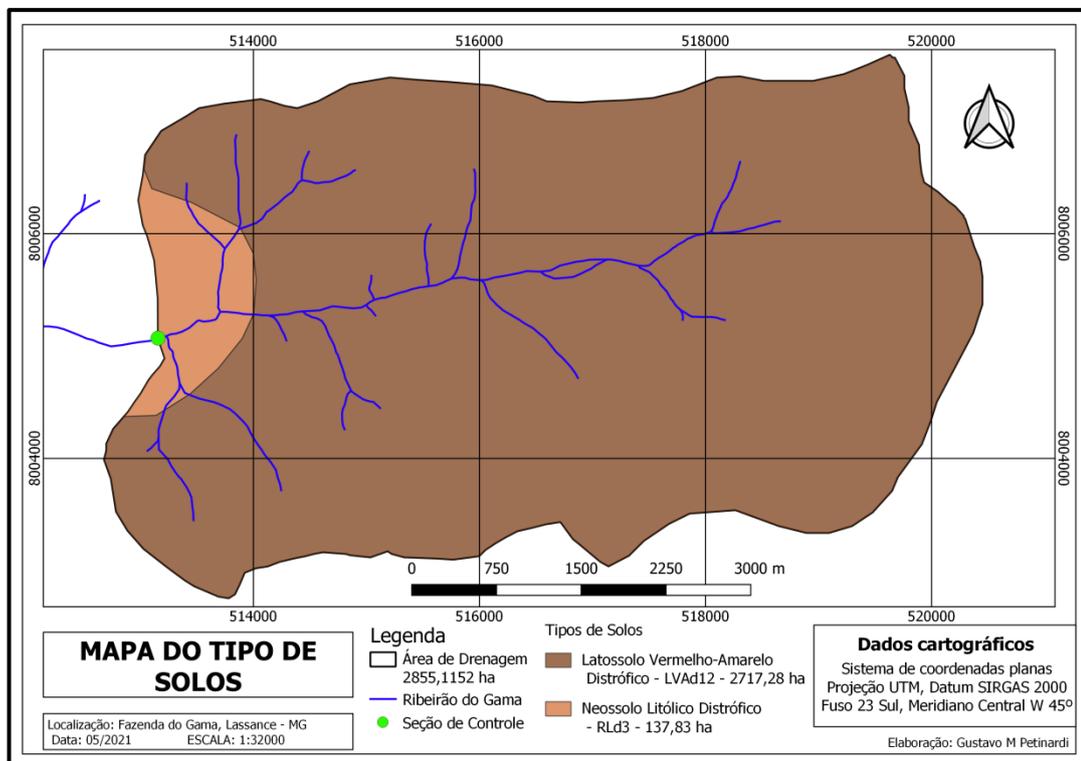


Figura 11. Mapa dos tipos de solo que compõem a sub-bacia de estudo. **Fonte:** Autor, 2021.

4.2 Precipitação

A seguir serão apresentados os dados pluviométricos da região onde se encontra a Fazenda do Gama. Estas informações foram retiradas da plataforma digital INMET, sendo que o pluviômetro está instalado no município de Três Marias – MG. A Tabela 3 apresenta os valores de média pluviométrica para cada mês, assim como o total anual em mm, dos anos de 1983 a 2020.

Tabela 3. Dados pluviométricos dos anos de 1983 a 2020.

ANO	PLUVIOMETRIA MENSAL TOTAL (mm)												Total anual (mm)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1983	198,8	73,4	88,3	42,8	5,7		6,4	0,0	8,0	78,2	87,1	209,6	798,3
1984	80,3	4,3	141,9	89,3	0,0	0,0	0,0	9,3	71,0	131,3	251,5	280,9	1059,8
1985	488,3	65,6	117,5	32,4	75,1	0,0	0,0	0,0	62,4	144,7	207,6	291,7	1485,3
1986	393,0	204,1	59,2	19,7	19,0	2,4	44,0	34,5	6,0	2,8	88,8	267,0	1140,5
1987	245,0	12,0	72,6	162,0	9,0	7,0	1,0	1,0	53,0	80,0	97,6	275,4	1015,6
1988	183,8	212,6	66,4	73,0	4,4	0,0	0,0	0,0	19,0	124,0	136,6	212,0	1031,8
1989	155,6	139,4	169,1	7,8	0,2	48,8	20,8	17,5	8,0	80,5	275,8	280,1	1203,6
1990	183,8	151,5	114,9	25,1	54,1	1,5	29,4	27,2	29,2	33,0	98,2	165,2	913,1
1991	470,7	192,6	265,4	90,5	4,0	0,0	0,0	0,0	54,8	106,8	135,5	159,6	1479,9
1992	402,1	359,3	118,1	48,3	60,1	0,0	0,0	9,6	114,3	86,5	148,4	247,1	1593,8
1993	104,0	149,7	44,2	117,4	10,9	33,2	9,2	2,5	87,5	36,6	127,1	450,2	1172,5
1994	385,8	30,0	332,9	34,1	57,0	7,8	0,0	0,0	0,0	84,8	217,9	201,8	1352,1
1995	153,4	283,4	268,6	60,2	66,4	0,4	0,0	0,0	14,0	129,8	226,0	504,1	1706,3
1996	215,8	135,2	99,8	47,8	19,8	1,2	0,0	16,6	44,0	16,4	290,4	286,2	1173,2
1997	429,5	182,9	209,2	104,9	48,4	47,1	0,0	0,0	40,7	38,4	230,5	385,4	1717,0
1998	254,3	224,8	8,9	46,2	123,4	1,9	0,0	22,4	0,0	88,9	286,8	189,7	1247,3
1999	254,0	106,0	219,0	4,4	0,0	6,7	1,0	0,0	16,8	64,6	238,5	232,8	1143,8
2000	223,8	218,5	328,3	39,0	5,0	1,0	7,7	20,8	0,0	34,5	333,2	195,8	1407,6
2001	83,6	35,1	118,0	8,2	21,1	0,0	1,2	32,3	40,4	126,1	261,1	290,4	1017,5
2002	207,2	331,9	164,8	110,2	36,6	0,0	32,3	12,6	87,3	57,2	152,3	201,5	1393,9
2003	239,7	32,1	169,2	21,8	18,7	0,0	0,0	16,2	12,8	35,1	85,4	240,9	871,9
2004	305,4	258,4	196,0	147,4	19,2	1,1	28,1	0,0	0,0	32,5	134,8	414,8	1537,7
2005	450,0	199,5	277,5	50,2	31,0	13,6	0,0	0,0	31,7	11,4	272,0	282,8	1619,7
2006	199,4	114,0	277,0	84,6	8,6	0,0	1,9	11,2	69,9	177,3	372,6	489,7	1806,2
2007	461,1	201,5	11,8	133,6	0,0	0,0	2,0	0,0	2,4	16,8	54,2	299,4	1182,8
2008	250,0	157,6	387,6	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	42,5	8,2	215,1	357,0	1488,6
2009	188,2	139,8	325,3	201,6	11,5	8,0	30,8	45,2	65,6	266,4	89,2	239,4	1611,0
2010	160,0	79,0	200,0	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	106,0	162,0	234,5	1035,5
2011	178,6	73,2	443,8	64,4	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	118,6	168,2	339,7	1395,2
2012	278,1	186,9	163,0	57,8	23,4	0,0	0,0	1,0	2,4	40,6	397,4	110,0	1260,6
2013	326,4	118,1	181,1	135,8	30,0	10,0	0,0	0,0	35,0	61,8	163,6	488,6	1550,4
2014	104,0	16,4	236,8	64,8	6,5	0,0	0,0	5,0	3,0	29,4	256,8	83,1	805,8
2015	105,8	196,6	183,8	34,2	34,4	1,6	0,0	0,0	0,0	130,0	129,4	135,8	951,6
2016	305,0	29,8	64,8	57,8	0,6	0,0	0,0	10,8	51,8	104,8	362,8	224,6	1212,8
2017	118,4	96,2	116,8	48,8	104,4	0,0	0,0	0,0	2,6	85,6	154,8	442,2	1169,8
2018	243,4	197,2	292,4	41,8	21,0	0,0	0,0	0,8	32,4	106,0	420,0	401,0	1756,0
2019	41,6	199,6	130,2	155,0	51,4	0,0	0,0	2,4	17,6	28,0	220,2	183,4	1029,4
2020	380	403,2	197	14,2	0,8	0	0	3,2	0,6	101,6	140,2	91,8	1332,6

Para que se facilitasse a análise e discussão dos dados históricos pluviométricos, foram obtidos os valores das pluviometrias médias, máximas e mínimas entre os anos de 1983 a 2020 que estão demonstrados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Dados pluviométricos de média, máximo e mínimo.

ANO	PLUVIOMETRIA MENSAL TOTAL (mm)												Total anual (mm)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Média	248,6	152,9	180,5	69,5	26,1	5,1	5,7	7,9	29,7	79,1	202,3	273,3	1280,8
Máximo	488,3	359,3	443,8	201,6	123,4	48,8	44,0	45,2	114,3	266,4	420,0	504,1	1806,2
Mínimo	41,6	4,3	8,9	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	54,2	83,1	798,3

A Figura 12 a seguir, apresenta por meio de um gráfico os valores de pluviometria para cada ano hidrológico assim como a média anual calculada a partir dos dados totais expostos na Tabela 4.

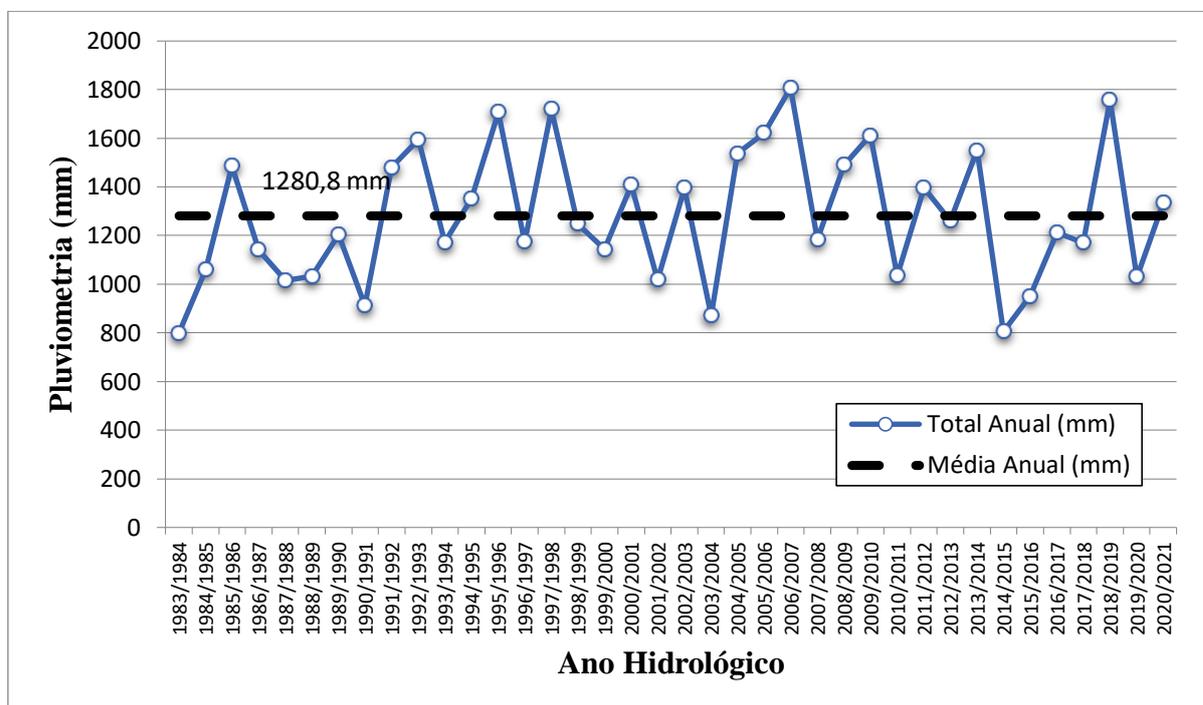


Figura 12. Pluviometria por ano hidrológico.

Na Figura 13 abaixo são ilustradas as pluviometrias máximas e mínimas para cada mês dentro do período já especificado. Dessa forma, é possível estabelecer o período chuvoso de outubro a março e o período seco de abril a setembro.

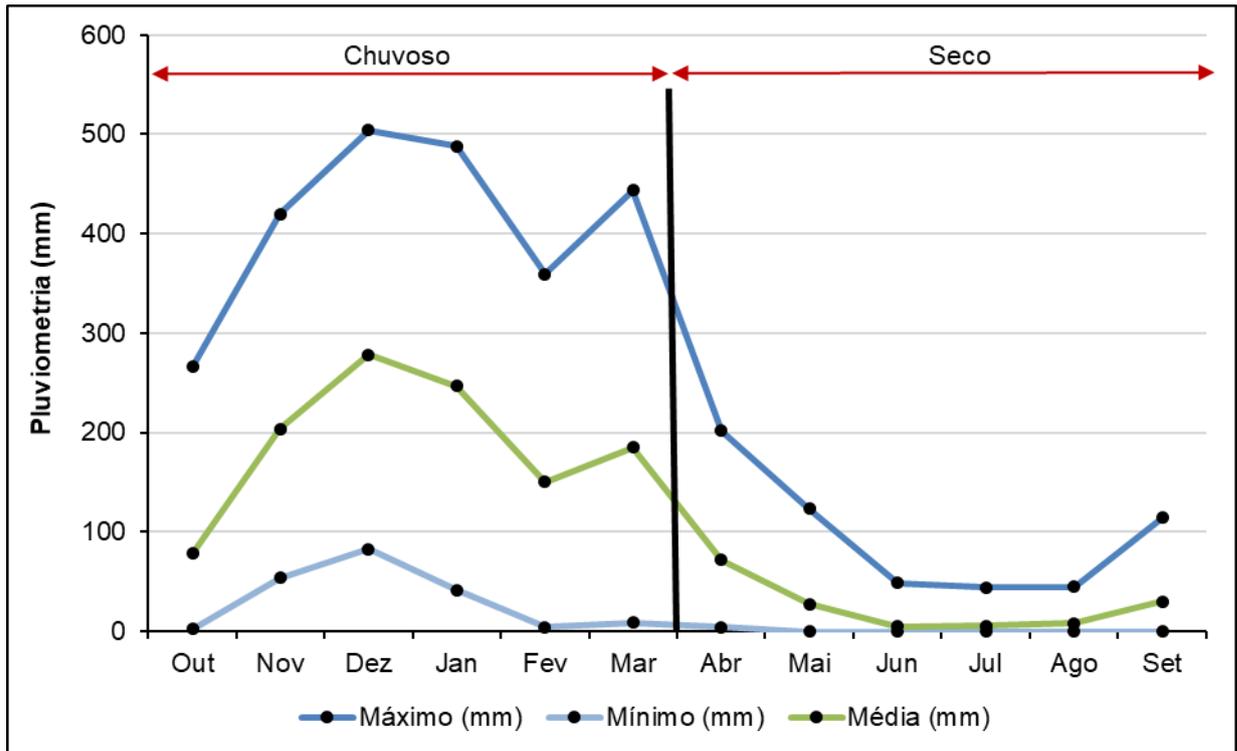


Figura 13. Máximas, mínimas e médias pluviométricas.

O período chuvoso da região ocorre entre os meses de outubro a março, em que ocorrem os maiores valores de precipitação. Em média, tomando como base do ano de 1983 a 2020 no mês de outubro é precipitado 79,1 mm, equivalentes a 6,17% da precipitação total anual média. No mês de novembro o valor médio de precipitação é de 202,3, equivalentes a 15,79% do valor total. Em dezembro, mês com maior média de precipitação, foi encontrado valor de 273,3 mm, equivalentes a 21,34% da precipitação anual. Janeiro, o segundo mês mais chuvoso, precipita em média 248,6 mm, que equivalem a 19,41% do total. Fevereiro e março possuem respectivamente a média de 152,9 mm e 180,5 mm, equivalentes a 11,94% e 14,09% da precipitação média total anual.

Com base nos valores apresentados acima, tem-se que 88,75% da precipitação média total anual, sendo o valor de 1136,7 mm, é precipitado durante o período chuvoso, o que mostra uma grande concentração de chuvas no período de outubro a março. O restante dos meses, de abril a setembro, caracterizado como período seco, possui precipitação de 144 mm se somados o valor de cada mês, totalizando 11,26% da precipitação total anual.

Costa e Costa (2020), realizando estudo de precipitação no município de Pirapora – MG, caracterizou o mesmo período, de abril a setembro como estação seca, encontrando menores valores de pluviosidade em junho, julho e agosto. O período chuvoso da região de

Pirapora ocorre também nos meses de outubro a março, sendo que os meses com maiores volumes de precipitação são novembro, dezembro e janeiro, sendo possível concluir que o regime de precipitação do local estudado por Costa e Costa é bem semelhante ao de Lassance.

Vieira *et al.* (2010), estudando a precipitação em Diamantina – MG, com série histórica de 1977 a 2006, também classificou período chuvoso de outubro a março, observando uma concentração de 88% do total anual precipitado neste período. De acordo com a série histórica, a precipitação média nesses meses é de 1292.6 mm, enquanto o total anual é de 1468 mm.

A partir dos dados de precipitação obtidos, podem-se notar níveis muito baixos de precipitação no período de estiagem, sendo preocupante se pensar em escassez de água. A partir da série histórica obtida, nota-se que na região é comum encontrar valores zero de precipitação nos meses de junho, julho e agosto. No mês de julho foi encontrado valor zero de precipitação de 56,76% dos dados obtidos, sendo que o referido mês apresenta o restante dos valores menores que 2 mm. No mês de julho, não há ocorrência de chuva desde o ano de 2010, passando 10 anos consecutivos sem precipitação. No total entre os anos de 1983 a 2020, 64,86% dos valores são iguais à zero. Com relação ao mês de agosto, em 45,94% dos anos não houve precipitação.

Tendo como base os baixos índices de chuva no período de estiagem para a região de Três Marias, local onde fica instalada a estação pluviométrica que originou os dados em discussão, aconselha-se que programas de manejo e conservação do solo sejam adotados em toda região, a fim de se obter uma melhora nos níveis de infiltração de água no solo, objetivando garantir vazão de água suficiente para o período seco.

De acordo com Linhares (2006), os planos de manejo de bacias hidrográficas e conservação do solo tornam-se essenciais a fim de preservar a água visando à sustentabilidade de sua utilização, tendo em vista ser um recurso natural essencial para vida e que se encontra escasso em algumas regiões.

Hewllet (1982) citado por Almeida e Soares (2003), diz que uma forma de preservar a qualidade de quantidade de água, além de proteger o solo contra erosões, é realizar o manejo integrado em bacias hidrográficas, incluindo a plantação de eucalipto e manutenção dos remanescentes de Mata Atlântica, devendo ser mais intensiva em áreas de maior declividade.

4.3 Monitoramento hidrológico e obtenção da curva-chave

A Tabela 5 a seguir apresenta os de dados de vazão calculada para cada uma das campanhas realizadas em campo do ano de 2017 e 2018.

Tabela 5. Histórico de dados do monitoramento hidrológico.

Data	Régua (m)	Vazão (m ³ /s)	Vazão (m ³ /h)	Vazão (L/s)	Área (m ²)	Largura (m)	Prof. Média (m)	Veloc Média (m/s)
8/03/2017	0,27	0,012	43,2	12	0,49	3,7	0,36	0,0243
29/05/2017	0,27	0,010	36,0	10	0,46	3,7	0,32	0,0217
23/08/2017	0,26	0,008	29,2	8,1	0,34	3,7	0,18	0,0239
12/12/2017	0,31	0,023	83,5	23,2	0,34	3,8	0,47	0,0689
11/06/2018	0,37	0,041	147,6	41	0,88	3,5	0,24	0,0466
05/10/2018	0,28	0,014	50,4	14	0,31	3,1	0,21	0,0453

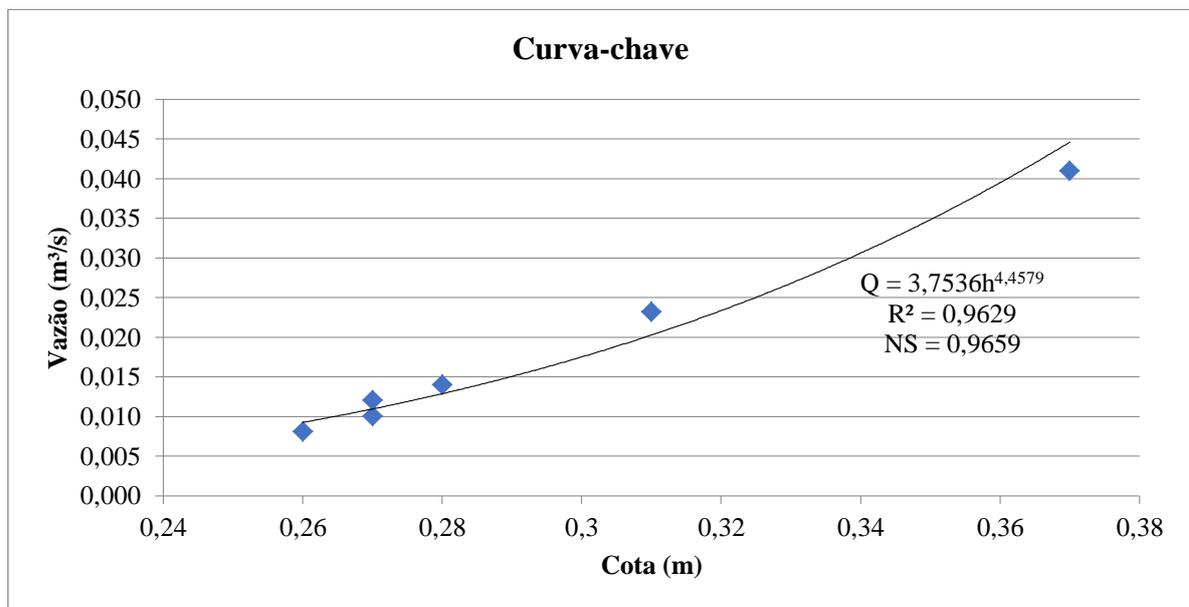


Figura 14. Curva-chave construída com dados de cota e vazão.

Para avaliar a qualidade do modelo por meio do coeficiente de Nash-Sutcliffe, utilizou-se a equação da curva-chave para obter as vazões calculadas, que estão representadas na tabela 6 a seguir.

Tabela 6. Valores da vazão calculada pela equação obtida por meio da curva-chave para cálculo do coeficiente de Nash-Sutcliffe.

Q_{med} (m ³ /s)	Q_{calc} (m ³ /s)	h (m)
0,012	0,0110	0,27
0,010	0,0110	0,27
0,008	0,0093	0,26
0,023	0,0203	0,31
0,041	0,0446	0,37
0,014	0,0129	0,28

A cota, obtida através da leitura da régua linimétrica, variou de 0,26 a 0,37 m, já os valores calculados de vazão variaram de 0,008 a 0,041 m³/s. Dentro deste intervalo, a curva-chave construída apresentou um ótimo ajuste, determinado pelo $R^2 = 0,9629$ e $NS = 0,9659$, sendo possível notar que a vazão calculada por meio da equação da curva-chave se aproxima bastante da vazão calculada em campo. Isto possibilita que sejam realizadas previsões mais próximas do real valor de vazão para o período em questão.

Entretanto, a curva-chave obtida pode ser considerada pouco representativa, pelo fato de conter poucos dados, e medições em poucas épocas do ano, não sendo possível determinar se existem épocas mais críticas, com pequenas vazões, ou mesmo eventos de cheias com cotas maiores. Para construção de uma curva-chave representativa, é importante que sejam feitas várias campanhas de medição de vazão principalmente em períodos de chuvas.

Sefione (2002) relata sobre a importância de frequentes ajustes da curva-chave, apoiados em uma continuidade na medição de vazões na seção de controle, tendo em vista que os cursos hídricos superficiais sofrem alterações do seu perfil, devido à erosão, deposição de sedimentos, ações antrópicas, vegetação, entre outros fatores capazes de modificar a área da seção transversal do local de estudo.

O processo de alteração da calha é mais acentuado em cursos d'água cujo leito é formado de materiais finos e pouco coesos. Algumas cheias podem escavar a seção ao passo que outras, de igual magnitude, causam deposição, não havendo uma lógica aparente ou de fácil explicação.

Sefione (2002) diz ainda que as medições de vazão devem ser feitas na maior amplitude de cotas que se possa alcançar e com a maior precisão possível, de forma a diminuir a faixa de cotas de extrapolação e ter-se maior confiança na calibração da curva.

A instalação de um linígrafo na seção de controle, ou sensor de nível ultrassônico, seria interessante para obtenção de uma série histórica, podendo avaliar dados de vazões máximas e mínimas anuais, e assim obter com maiores detalhes o comportamento do escoamento superficial e dos níveis de água do ribeirão.

Tendo em vista o Ribeirão do Gama estar inserido em local com grande influência da monocultura do eucalipto, por meio de uma série histórica, com dados diários de cota e vazão, seria possível realizar uma discussão sobre o impacto da monocultura no regime de

escoamento, realizando uma análise das vazões mínimas ano a ano e verificando se está havendo uma diminuição na média dessas vazões.

Portanto, recomenda-se que o monitoramento hidrológico no Ribeirão do Gama tenha continuidade para obtenção de uma série histórica capaz de trazer mais detalhes do comportamento do ribeirão, além da implantação de um linígrafo para coleta de dados diários de cota para construção de uma curva-chave mais representativa, permitindo uma estimativa diária de vazão.

5. CONCLUSÃO

A partir da caracterização morfométrica e dados de declividade, foi possível concluir que o relevo da sub-bacia é classificado de forma geral como plano e suave ondulado, com tendência maior a infiltração de água, além de possuir pouca propensão a eventos de enchente.

Com base nos dados de precipitação, pode-se concluir que a região onde foi realizado o monitoramento hidrológico possui períodos bem definidos de chuvas e estiagem, com cerca de 88,75% da precipitação ocorrendo entre os meses de outubro a março. Com isso, a região sofre com períodos de estiagem, existindo meses na série histórica com grande presença de precipitações zero. Portanto é recomendado que sejam implantados planos de manejo de bacias hidrográficas e de conservação do solo, a fim de preservar a qualidade e a quantidade de água nos períodos mais secos.

Em relação aos dados do monitoramento hidrológicos, os dados de vazão em função da leitura da régua linimétrica (curva-chave), apresentaram um ótimo ajuste, conforme verificado pelos altos valores de $R^2 = 0,9629$ e $NS = 0,9659$. Entretanto, pelo fato de existirem poucos dados de cota-descarga, além do fato que a relação cota e vazão apresenta certo dinamismo, recomenda-se dar continuidade ao monitoramento, bem como a implantação de um linígrafo para coleta de dados diários de cota, até que se obtenha de uma curva-chave consistente e representativa.

Vale salientar que, para estudos relacionados a demanda e disponibilidade hídrica também é necessária série histórica de vazão, sendo o monitoramento hidrológico para obtenção de dados de vazão, um trabalho essencial a ser realizado no âmbito de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Auro Campi de; SOARES, João Vianeí. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, ano 2003, v. 27, ed. 2, p. 159-170, 19 fev. 2003.

AVANZI, J. C. **Modelagem do escoamento superficial e erosão hídrica em uma microbacia hidrográfica na região dos tabuleiros costeiros**. 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

ÁVILA, M. W. Gestão qualitativa dos recursos hídricos. Proposta metodológica para o planejamento de uma rede de estações para monitoramento da qualidade de águas superficiais. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Muriaé. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 21, n. 2, abr/jun 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016000200401&script=sci_arttext. Acesso em: 27 jan. 2021.

BACIA Hidrográfica São Francisco Sudoeste. Minas Gerais: [s. n.], 2009. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Escala 1:1.100.000. Plano Diretor das Bacias Hidrográficas dos Rios Jequitaiá, Pacuí e trechos do rio São Francisco: Relatório Final. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/672>. Acesso em: 22 maio 2021.

BACIA Hidrográfica. In: CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. [S. l.: s. n.], 2006.

BAHIENSE, J. M. *et al.* Monitoramento Hidrológico Quantitativo do estado do Rio De Janeiro: Importância, Histórico E Modernização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XXI., 2015, Brasília, DF. **Anais do evento** [...]. Brasília, DF: [s. n.], 2015. p. 1-8.

BERNARDI, E. C. S. *et al.* Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, RS, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2013.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**, 2ª edição. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, p. 177-231, 2000.

BLAINSKI, E.; ACOSTA, E.; NOGUEIRA, P. C. P. Calibração e validação do modelo SWAT para simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica do litoral norte catarinense. **Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v. 12, n. 2, p. 226-237, mar/abr 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92849898006.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2021.

BRIGANTE, J., ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, p. 1-13, 2003.

CARDOSO, Christiany Araujo. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Arvore**, [s. l.], ano 2006, v. 30, ed. 2, p. 241-248, 10 nov. 2005.

CARVALHO, R. R. *et al.* Monitoramento da vazão em rios da região sul do Amazonas. **Revista EDUCAmazônia**, Manaus, AM, ano 7, v. 12, p. 8-27, jun/jul 2014.

- COSTA, Álvaro Henrique Gomes da; COSTA, Luis Ricardo Fernandes da. Dinâmica climática e impactos das precipitações na vazão do rio São Francisco no município de Pirapora - norte de Minas Gerais. **Revista Cerrados**, Montes Claros, MG, ano 2020, v. 18, n. 1, p. 66-82, 8 abr. 2020.
- GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G. A.; **Hidrologia**. Editora Edgard Blucher, São Paulo, SP, 1ª reimpressão, 1988, 291p.
- HEWLETT, J. D. Principles of forest hydrology. Athens, EUA: The University of Georgia Press, 1982. 183 p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Iba 2020**. São Paulo, SP, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Regime hídrico do solo sob povoamento de eucalipto, floresta nativa e pastagem, na região de Guanhães-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 455-62, 1997.
- LINHARES, C. A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Rio Ji-Paraná / RO**. 2006. 219 f. Tese (Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) - São José dos Campos, SP, [S. l.], 2006. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/09.06.13.50/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- MACIEL, S. A. **Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil**. 2017. 214 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18164/1/AnaliseRelacaoChuva.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2021.
- MAFFIA, Vanessa Pataro. **Monitoramento hidrológico da bacia hidrográfica do córrego Águia, Francisco Dumont, MG**. 2010. 96 p. Dissertação (Pós Graduação em Ciência Floresta) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- MARTINEZ, J. H. I. A.; PAPROCKI, H. Características de um Rio Cárstico na Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1576-1594, 2017.
- OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1., 2007. Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. P. 215-222.
- PEREIRA, M. A. F. *et al.* Importância do monitoramento e disponibilização de dados hidrológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 32, p. 308-320, 2020. Disponível em: <http://200.19.146.79/index.php/sociedadennatureza/article/view/43458/28846>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- PINTO, N.L.S; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S.; **Hidrologia Básica**, editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, SP, 1976, 278p.
- PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra**. Tradução: MENEGAT, R. (coord.). 4a edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole, 1. ed. São Paulo, 1990. 188 p.

- SANTOS, C. O.; FERREIRA, J. A. Método do flutuador como ferramenta para monitoramento do comportamento hidrológico de córrego urbano. **Holos Environment**, v. 19, n. 4, p. 614-639, 2019.
- SANTOS, E. P.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, F. D.S. **Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index)**. Engenharia Ambiental, v.8, p.315-330, 2011.
- SANTOS, I. *et al.*. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba - Pr: Lactec, 2001. 372 p.
- SEFIONE, André Luiz. **Estudo comparativo de métodos de extrapolação superior de Curvas-chave**. 2002. 240 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- SILVA, W. *et al.*. “Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária”. Curitiba: Floresta (UFPR), v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004.
- SILVA, Ana Rubia de Carvalho Bonilha. **Monitoramento hidrológico e determinação dos atributos físico-hídricos do solo de uma microbacia do rio São Lourenço**. 2012. 73 p. Dissertação (Pós-graduação em Recursos Hídricos) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá/MT, 2012.
- SIMEDO, M. B. L. *et al.* O monitoramento da vazão como ferramenta para o plano de gestão ambiental em microbacias hidrográficas. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, p. 1-15, 2015.
- SORIANO, B. M. A.; GALDINO, S. **Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação para a sub-região da Nhecolândia**, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2002.
- TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013. 943 p.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R. & CUSHING C.E. **The river continuum concept**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37, 130–137, 1980.
- VIEIRA, João P. G. *et al.* Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - AGRIAMBI**, [s. l.], ano 2010, v. 14, ed. 7, p. 762-767, 18 fev. 2010.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, RJ, v. 14, n. 28, p. 235-278, dez 2007. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/12554/2/RB%2028%20Impacto%20Ambienta%20de%20Florestas%20de%20Eucalipto_P_BD.pdf. Acesso em: 25 jan. 2021.
- WISLER, C. O.; BRATER, E. F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Centro de Publicações Técnicas da Aliança, 1964. 484 p.