

LAUDO TÉCNICO

AVALIAÇÃO HÍDRICA DO CÓRREGO ARRAIAL Novo



Requerente: **Bambuí Bioenergia S.A.**
CNPJ: **07.930.999/0001-17**

Município: **Bambuí**
Bacia Federal: **Rio São Francisco**
Bacia Estadual: **Alto do Rio São Francisco**
Recurso Hídrico: **Córrego Arraial Novo**

Lat: **20°15'27.10"S**
Long: **45°57'46.40"O**

UTM X = **399437.98 m E**
Y = **7759727.66 m S**

26 de outubro de 2023

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	3
IDENTIFICAÇÕES.....	3
VIAS DE ACESSO.....	4
DIAGNOSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO.....	4
MEIO ABIOTICO.....	4
MEIO BIÓTICO.....	5
VEGETAÇÃO.....	5
FAUNA.....	5
ESTIMATIVAS DAS DISPONIBILIDADES HIDRÍCAS.....	6
OUTROS CALCULOS RELATIVOS À VAZÃO DO AFLUENTE DO CÓRREGO QUEBRA RABICHO.....	9
DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES.....	9
TEMPO DE CONCENRAÇÃO.....	9
INTENSIDADE DA CHUVA CRÍTICA.....	9
MÉTODO RACIONAL.....	10
MÉTODO RACIONAL MODIFICADO.....	11
CÁLCULO DAS DIMENSÕES DO CANAL DA PONTE.....	11
MÁXIMA CHEIA DE VESTÍGIO.....	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	14
RESPONSÁVEL TÉCNICO.....	14
ANEXOS.....	15
ANEXO I – Mapas Deflúvios Superficiais no estado de Minas Gerais	

1. APRESENTAÇÃO

Este constitui o laudo avaliativo para determinação das vazões máximas do córrego Arraial Novo, e tem como objetivo dimensionar as estruturas da ponte que irá transpô-lo, garantindo a segurança da obra sob as condições de cheia do córrego.

2. IDENTIFICAÇÕES

Requerente					
Nome	Bambuí Bioenergia S.A.				
CNPJ	07.930.999/0001-17	I.E.	-----		
Endereço	Rodovia LMG-827, Km 10 – Zona rural				
Município	Bambuí	UF	MG	CEP	38900-000
Fone					

Responsável Técnico					
Nome	Marcos Barbosa de Carvalho	CFT-BR	0720437261-1	ART	
Endereço para Correspondência					
Empresa	Geologia e Soluções Ambientais				
Endereço	Av. Armando Franco, N°186, Sl 06 - Centro				
Município	Bambuí	UF	MG	CEP	38900-000
Fone	(37)99903-5982	giulianvieira@yahoo.com.br			

Recursos Hídricos			
Nome	Córrego Arraial Novo		
Bacia Estadual	Alto do Rio São Francisco	UPGRH	SF1
Bacia Federal	Rio São Francisco		
Coordenadas do Barramento			
Latitude / Longitude SIRGAS 2000		UTM SIRGAS 2000	
Lat: 20°15'27.10"S		X: 384707.18 m E	
Long: 45°57'46.40"O		Y: 7760634.88 m S	

3. VIAS DE ACESSO

O acesso ao local pode ser feito saindo da cidade de Bambuí pela Rua José Rodrigues Moreira, sentido o distrito de Pedra Branca, direção sul, seguir em estrada vicinal por 21,8 e virar à direita, seguir por 7,1 Km até o local onde será construído a ponte.

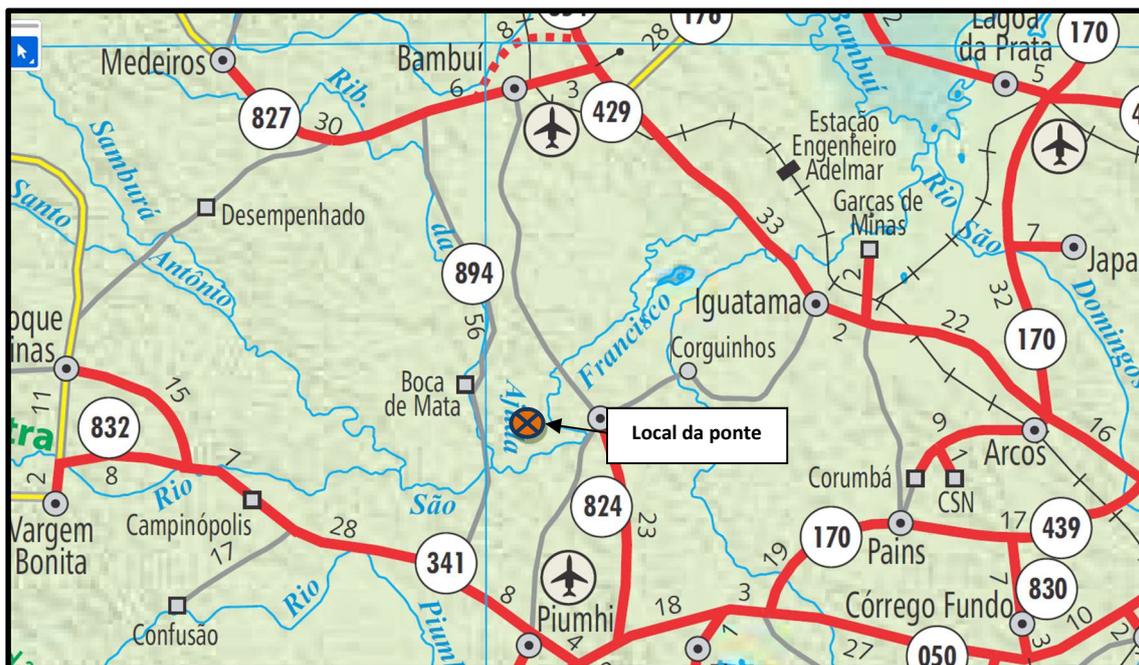


Figura 01 – Via de acesso até a propriedade.

4. DIAGNOSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

4.1 MEIO ABIOTICO

Geograficamente, a área da propriedade, está inserida na bacia federal do Rio São Francisco e estadual do Alto do Rio São Francisco, pertencendo a UPGRH SF1. Geologicamente a área é formada por rochas da era Pré-Cambriana Superior, pertencentes ao grupo Bambuí – Formação Lagoa Formosa, fazendo parte do cráton São Francisco. As rochas mais comumente encontradas na região são os metapelitos com cor de alteração roxa a rosada, em menor proporção bege e amarelada, frequentemente sedosos e os metapelitos arenosos, com cor de alteração amarela e bege. Apresentam intercalações de arenitos finos a grossos, amarelados, marrom-claros e beges. Os solos predominantes são os Latossolos. Segundo a SECTES - Secretária do Estado de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – (1938), a Bacia está inserida na Unidade Geomorfológica do Planalto do São Francisco, onde as superfícies de aplainamento, os topos das colinas e das cristas apresentam caimento na direção nordeste, com elevado grau de controle estrutural. O clima dominante é o clima tropical típico, onde predominam áreas de relevo menos elevados. Existem basicamente duas estações no clima tropical: uma estação seca, de maio a agosto, que possui uma temperatura mais amena e uma umidade relativa do ar mais baixa; e uma estação chuvosa, de novembro a março, que demonstram uma temperatura e uma umidade

relativa do ar maior do que a estação seca. O A precipitação média anual é de 1427 mm e a temperatura média anual é em torno de 21,8°C.

4.2 MEIO BIÓTICO

4.2.1 VEGETAÇÃO

O bioma Cerrado é a segunda maior formação vegetacional do Brasil, abriga mais de 11.000 espécies vegetais, das quais 4.400 são endêmicas. A típica vegetação do Cerrado se caracteriza pelos troncos tortuosos, baixo porte, ramos retorcidos, cascas espessas e folhas grossas. Destaca-se que a vegetação do Cerrado “sensu lato” não possui uma fisionomia única em toda a sua extensão. Ela é bastante diversificada, apresentando desde associações campestres abertas, até associações florestais densas, como os cerradões. Entre estes dois extremos fitofisionômicos, viceja uma gama de associações intermediárias. Dentro das diferentes espécies, observadas no município, que caracterizam esta tipologia florestal, podemos citar: *Caryocar brasiliense* (Pequi), *Miconia albicans* (Canela de Velho), *Sangra D'Água* (Croton urucurana), *Hymenaea stigonocarpa* (Jatobá-do-cerrado), *Copaifera langsdorffii* (pau de óleo), *Psidium guajava* (goiabeira) *Annona crassiflora* (Araticum grande), *Acrocomia aculeata* (Macaúba), *Attalea geraensis* (Andaia, indaiá).

4.2.2 FAUNA

As peculiaridades climáticas e a distribuição da cobertura florestal regional propiciam a existência de uma fauna diversificada. Foi levada a probabilidade de ocorrência das seguintes espécies na região:

Aves: *Nyctidromus albicollis* (curiango), *Playa cayana* (alma de gato), *Cariama cristata* (seriema), *Scardafella squammata* (fogo-pagou), *Tangara sp.* (sanhaço), *Volatinia jacarina* (Tisiu), *Zonotrichia capensis* (tico-tico), *Pitangus sp.* (bem-te-vi), *Furnarius rufus* (João de barro), *Colonia colonus* (viuvinha), *sporophila nigricollis* (coleirinha), *Phoeocestes robustus* (picapau da cabeça vermelha), *Leptotila verreauxi* (juriti), *Crotophaga ani* (anu preto), *Turdus rufiventres* (sabiá laranjeira) *phaethornis petrei* (beija-flor), *Aratinga leucophthalmus* (maritaca), *Dendrocygna viduata* (marreco), *Venellus chilensis* (quero-quero), *Sicalis flaveola*(canário da terra).

Mamíferos: *Dusicyon vetulus* (raposa), *Dasyus novemcinctus* (tatu-galinha), *Cuniculus paca* (paca), *Conepatus semistriatus* (jaritataca), *Puma concolor* (suçuarana), *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira), *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara), *Nasua nasua* (quati).

Répteis: *Tupinambis tepacaquixim* (teiu), *Bothrops jararaca* (jararaca), *Lachesis muta* (surucucu), *Crotalus durissus* (cascavel).

Fauna Aquática: *Astyanax bimaculatus* (lambari), *Hoplias malabaricus* (traíra), *Rhamdia* sp (bagre).

5. ESTIMATIVAS DAS DISPONIBILIDADES HIDRÍCAS

Vazão Característica Mínima Residual, Média de Longo Termo e Máxima do Córrego Arraial Novo.

Estando o ponto de captação situado nas coordenadas, Latitude: **20°15'27.10"S** e Longitude: **45°57'46.40"O**, foi caracterizada a Tipologia Regional Homogenia **221** (mapa em anexo) e um Rendimento Específico Médio Mensal – mínimas com 10 anos de recorrência de 2,8 litros/segundo. Km². (Re_{10,M} – mapa em anexo)

A área da bacia hidrográfica (Ad) a montante do ponto de captação é de **21,3 Km²**.

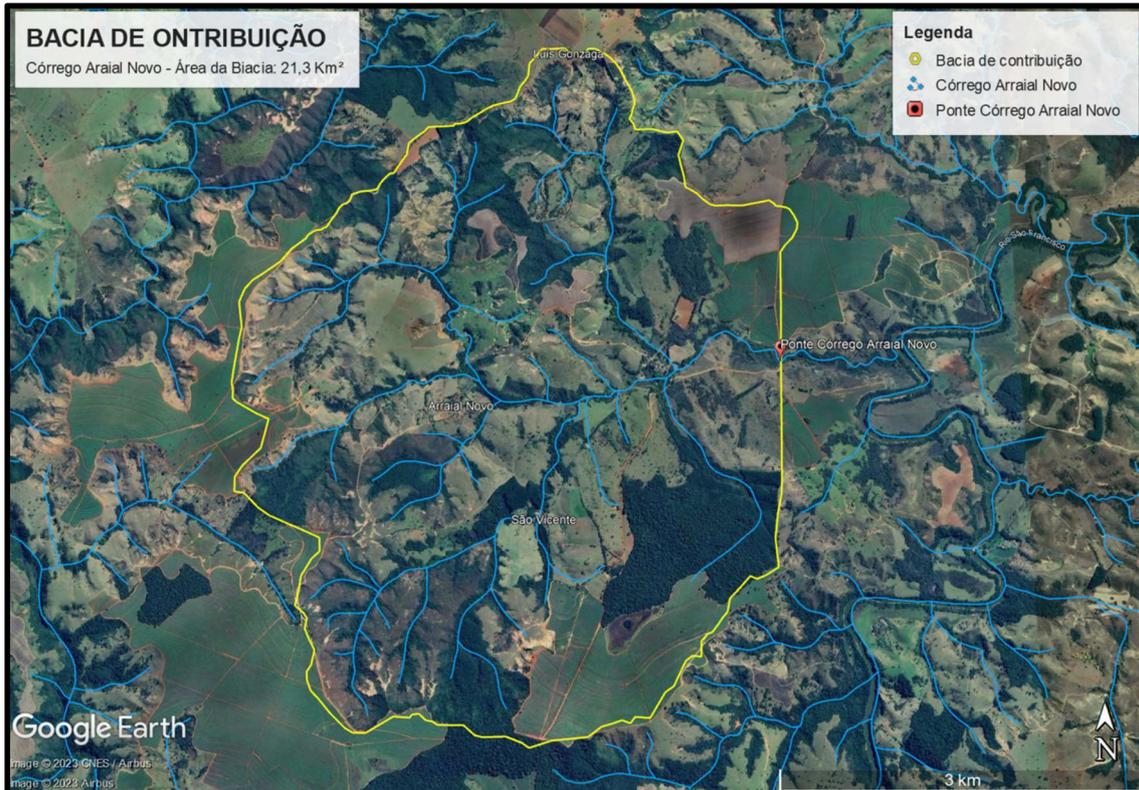


Figura 04 – Bacia de contribuição à montante.

A vazão mínima de duração mensal e recorrência decendial (**Q_{10,M}**), foi determinada pela seguinte equação:

$$Q_{10,M} = Re_{10,M} \cdot Ad, \text{ onde:}$$

$$Q_{10,M} = 2,8 \text{ L/s.Km}^2 \cdot 21,3 \text{ Km}^2$$

$$Q_{10,M} = 59,64 \text{ L/s}$$

O Fator de Proporção Fornecido pela Função de Interferência Regionalizada, foi determinado pela seguinte equação:

$$F_{10,7} = \alpha + \beta \cdot \gamma^7$$

Utilizando valores paramétricos tabelados para a função de interferência, onde:

$$\alpha = 0,500785$$

$$\beta = 0,392361$$

$$\gamma = 1,006300$$

Logo:

$$F_{10,7} = 0,91078$$

Logo, a Vazão Mínima Natural de dez Anos de Recorrência e Sete Dias de Duração ($Q_{10,7}$), foi determinada pela expressão:

$$Q_{10,7} = F_{10,7} \cdot Q_{10,M}$$

Onde:

$$Q_{10,7} = 0,91078 \cdot 59,64 \text{ L/s}$$

$$Q_{10,7} = 54,31 \text{ Litros / segundo, ou seja } 0,0543 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinação da Vazão Média do Longo Termo – (Q_{MLT}), o Rendimento Específico Médio de Longo Termo identificado é $Re = 15 \text{ L/s} \cdot \text{Km}^2$. (Mapa em anexo)

A Vazão Média do Longo Termo – (Q_{MLT}), foi determinada pela seguinte equação:

$$Q_{MLT} = Re \cdot Ad \cdot F_{10,7}$$

$$Q_{MLT} = 20,0 \text{ L/s} \cdot \text{Km}^2 \cdot 21,3 \text{ Km}^2 \cdot 0,91078$$

$$Q_{MLT} = 388,0 \text{ L/s, ou seja } 0,3880 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinação da Vazão Máxima de Duração Mensal e Recorrência Decedial, o Rendimento Específico Médio Mensal – Máximas com 10 anos de recorrência identificado é de $Re = 75 \text{ L/s} \cdot \text{Km}^2$. (Mapa em anexo).

A vazão Máxima de Duração Mensal e Recorrência Decedial ($Q_{10,Max}$), foi determinada pela seguinte equação:

$$Q_{10Max} = Re \cdot Ad \cdot F_{10,7}$$

$$Q_{10Max} = 75,0 \text{ L/s} \cdot \text{Km}^2 \cdot 21,3 \text{ Km}^2 \cdot 0,91078$$

$$Q_{10Max} = 1454,97 \text{ L/s, ou seja } 1,4549 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. OUTROS CALCULOS RELATIVOS À VAZÃO DO AFLUENTE DO CÓRREGO ARRAIAL NOVO

6.1 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

Para obtenção da vazão de projeto neste caso foi utilizado o *método racional* e o *método racional modificado* de acordo com a literatura “Escoamento Superficial” publicada pela Universidade Federal de Viçosa (2º edição, 2004).

Para utilização deste método foi necessário calcular primeiramente o tempo de concentração da bacia hidrográfica em questão e a intensidade crítica da chuva utilizando a curva de Intensidade, Duração e Frequência, considerando um período de retorno de 100 anos.

A bacia hidrográfica no ponto apresenta-se com área de drenagem delimitada de 21,3 Km².

6.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (T_c)

6.2.1 - A equação de Ven te Chow foi utilizada pois se adapta bem às bacias de pequeno porte.

$$T_c = 52,64 \cdot (L / i^{0,5})^{0,64} \text{ (min)}$$

Em que: L = comprimento horizontal do talvegue, Km; e

i = Declividade média do talvegue, m Km⁻¹

Para a bacia em questão os valores de L e i são respectivamente 6,7 Km e 14,92 m Km⁻¹.

Então:

$$T_c = 52,64 \cdot (6,54 / 18,35^{0,5})^{0,64}$$

$$T_c = 69,0 \text{ min}$$

6.3 INTENSIDADE DA CHUVA CRÍTICA (i)

Para o cálculo da chuva crítica, adotando-se o tempo de duração igual ao tempo de concentração e um tempo de retorno de 100 anos (T), foi utilizada a equação que relaciona intensidade, duração e frequência de precipitação para a localidade de interesse, que apresenta a seguinte forma:

$$i = (K \cdot T^a) / (T_c + b)^c$$

Para obtenção dos parâmetros K, a, b e c foi utilizado o software Plúvio 2.1 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. A partir das coordenadas geográficas inseridas nos respectivos campos, o software expõe os parâmetros seguintes:

$$K = 1897,211$$

$$a = 0,171$$

$$b = 16,459$$

$$c = 0,888$$

6.3.1 - Considerando o Tc determinado pela equação de Ven te Chow a intensidade de chuva crítica é a seguinte:

$$i = (1897,211 \cdot 100^{0,171}) / (69,0 + 16,459)^{0,888}$$

$$i = 80,30 \text{ mm/h}$$

6.4 MÉTODO RACIONAL

$$Q_p = C i A / 3,6$$

Onde: Q_p = Vazão de projeto (m^3/s);

C = Coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

A = Área de drenagem da bacia hidrográfica (Km^2); e

O valor adotado para C é de 0,35 que corresponde a áreas predominantemente de plantações e pastagens.

Então:

$$Q_p = 0,35 \cdot 80,30 \cdot 21,3 / 3,6$$

$$Q_p = 166,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.5 MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Objetivando melhorar a estimativa da vazão máxima de escoamento superficial em bacias hidrográficas na região sul de Minas Gerais, Euclides (1987) introduziu um

coeficiente denominado coeficiente de retardamento, na equação do método racional, passando a vazão máxima de escoamento superficial a ser obtida pela equação.

$$Q_p = C \cdot i \cdot A \cdot \Phi / 3,6$$

Onde: Q_p = Vazão de projeto (m^3/s);

C = Coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

A = Área de drenagem da bacia hidrográfica (Km^2); e

Φ = Coeficiente de retardamento.

O valor adotado para C é de 0,35 que corresponde a áreas predominantemente de plantações e pastagens e o valor de Φ é de 0,27.

Então:

$$Q_p = 0,35 \cdot 80,30 \cdot 21,3 \cdot 0,27 / 3,6$$

$$Q_p = 44,90 \text{ m}^3/\text{s}$$

CONSIDERAÇÃO: Pelo nosso entendimento, nesse caso, devemos aplicar os dados obtidos pela equação de Vem Te Chow, utilizando-se o Método Racional Modificado, uma vez que o Método Racional é aplicável para bacias que apresentam uma variável de 50 a 500 hectares.

Dessa forma iremos considerar a vazão de projeto pela equação de Vem Te Chow obtido pelo Método Racional Modificado: **$Q_p = 44,90 \text{ m}^3/\text{s}$**

6.6 CÁLCULO DAS DIMENSÕES DO CANAL DA PONTE

Para o dimensionamento do canal foram utilizadas técnicas consagradas, usualmente empregadas em projetos de drenagem urbana:

Equação de Manning:

$$V = \left(\frac{Rh^{0,667} \cdot i^{0,5}}{n} \right)$$

Onde:

V = velocidade média (m/s)

Rh = Raio hidráulico (m)

i = declividade média (m/m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico (m)

Am área molhada (m²)

Pm = perímetro molhado (m)

A declividade média (i) do trecho do canal é o quociente entre o desnível do fundo do canal e o seu comprimento medido no plano horizontal. Para o canal em questão a declividade média é de 0,018 m/m.

Equação da Continuidade:

$$Q = V \cdot Am$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

Assim,

$$Q = \left(\frac{Rh^{0,667} \cdot i^{0,5} \cdot Am}{n} \right)$$

O valor do coeficiente de rugosidade de Manning obtido para canais de terra, retilíneo, uniforme, regulares, e recentemente construído é de 0,018.

Para canal trapezoidal podemos fazer algumas considerações

$$L = b + 2 \cdot m \cdot h$$

$$c = h(1 + m^2)^{1/2}$$

$$Am = b \cdot h + m \cdot h^2$$

$$Pm = b + 2 \cdot h(1 + m^2)^{1/2}$$

$$RH = Am/P$$

Sendo assim:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot RH^{0,667} \cdot \sqrt{i}$$

Adotou-se:

- Vazão máxima de projeto = 44,9 m³/s

- Declividade = 0,018 m/m
- Coeficiente de rugosidade = 0,035
- Inclinação do Talude = 1,12 m/m
- Largura da base: 2,8 m

Considerando os dados adotados e substituindo os demais valores, encontramos as dimensões do canal extravasor, o qual comporta a vazão máxima de cheia prevista:

- Profundidade máx. = 2,06 m
- Largura do nível da água: 7,42 m
- Comprimento do canal: 5,8 m
- Área volume máximo = 10,54 m²
- Perímetro molhado = 8,99 m
- Velocidade = 4,26 m/s

7. MÁXIMA CHEIA DE VESTÍGIO

Através de levantamento em campo pode ser constatado nos pilares da ponte indícios no nível máximo da água em situações de cheia, a cota encontrada foi de: 636,70 metros.



Figura 05 – Ponte sobre o Córrego Rancho Novo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Vazão Mínima Natural de dez Anos de Recorrência e Sete Dias de Duração ($Q_{10,7} = 0,0543 \text{ m}^3/\text{s}$), A Vazão Média de Longo Termo ($Q_{MLT} = 0,3880 \text{ m}^3/\text{s}$) e a Vazão Máxima de Duração Mensal e Recorrência Decenal ($Q_{10Max} = 1,4549 \text{ m}^3/\text{s}$) foram obtidas, utilizando-se o trabalho Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais, elaborado por Souza (1993), e permite a estimativa das variáveis hidrológicas sob a forma de rendimentos específicos e levando também em consideração a área a montante da bacia em questão.

Considerando ainda outra proposta de cálculo, para a determinação da vazão de projeto (Parâmetros K, a, b e c – software Plúvio 2.1 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa) foi identificada uma $Q_p = 44,9 \text{ m}^3/\text{s}$, muito superior a vazão máxima anteriormente identificada.

Considerando as cotas levantadas em campo temos:

Cota de rodagem da ponte: 641,07 m

Cota do fundo do talvegue sob a ponte: 635,52 m

Cota do nível da água: 635,37 m

Cota do nível máximo da água em situação de cheia: 636,70 m

Comprimento Hidráulico mínimo: 18,0 m – início estaca 0+51,88m e final 0+69,88m.

Altura estrutural: 1,0 m

Colchão de ar mínimo: 1,0 m

10. RESPONSÁVEL TÉCNICO

Marcos Barbosa de Carvalho
CFT-BR: 0720437261-1