

Gabriella Araújo AZEVEDO
Engenheira civil,
gabriellaazevedo26@gmail.com

Luana Ferreira MENDES
Mestranda em Sustentabilidade em Recursos
Hídricos, professora do Centro Universitário do
Sul de Minas, UNIS/MG
engluanaferreira@gmail.com

**Rosângela Francisca de Paula Vitor
MARQUES**
Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas
Agrícolas,
Professora de tempo integral da Universidade Vale
do Rio Verde - UNINCOR
roeflorestal@hotmail.com

PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM NO QUILÔMETRO 29,1 DA RODOVIA MG- 167

Resumo: Este trabalho objetivou analisar os problemas de drenagem de transposição de talvegues do quilômetro 29,1 do trecho Três Pontas/Entr^o BR-491 A (Varginha) da rodovia MG-167. O propósito deste estudo foi diagnosticar os problemas de drenagem que causaram erosões sobre um bueiro de grota, caracterizado como BSTM. Para tanto foram utilizadas pesquisas bibliográficas, levantamento dos dados hidrológicos para caracterização da bacia de contribuição, visitas in loco para aquisição de dados e consultas no órgão responsável pela rodovia. Calculou-se a vazão da bacia de contribuição e comparou-se com a capacidade de transporte do bueiro já existente. A análise comprovou que a vazão da bacia de contribuição é maior do que a vazão que o bueiro é capaz de transportar, o que evidenciou que o mesmo não foi dimensionado para suportar sozinho toda a vazão da bacia. Pela análise dos demais bueiros constados no projeto, os quais atualmente estão todos sem função hidráulica, observou-se que o bueiro estudado não foi mal dimensionado, porém com a deterioração houve uma sobrecarga devido à sua localização na cota mais baixa da bacia hidrográfica. Entendeu-se que a melhor forma de readequar o sistema de drenagem do local seria a substituição do bueiro existente por outro capaz de transportar toda a vazão da bacia. Esse BSCC proposto teria como custo de implantação R\$ 398.857,21.

Palavras-chave: Drenagem de transposição de talvegues, Bueiro Simples Tubular Metálico Dimensionamento.

PROPOSAL FOR REHABILITATION OF THE DRAINAGE SYSTEM IN KM KETTLE 29,1 OF THE HIGHWAY MG-167

Abstract: This work aimed at the analysis of the problems of drainage of slope transposition of kilometer 29.1 of Três Pontas / Entr. BR-491 A (Varginha) of highway MG-167. The objective of this study was to diagnose drainage problems that caused erosion in a grove drain, such as BSTM. For some bibliographical research, hydrological data were collected for the contribution basin characterization, in situ visits for data acquisition and research without the agency responsible for the highway. The flow of the contribution bank was calculated and compared with the transport capacity of the existing bouquet. A proven analysis is a contribution platform that can be scorned and exported so that a copy

of it can be made. The data analysis was not performed in the project, but the indicators were without effect, hydraulic, it was observed that the study was not dimensioned, but with the deterioration of the load due to its location in the lowest quota of the hydrographic basin. The drainage system drag system of the drainage system of a place capable of carrying the entire flow of the basin. This BSCC has a deployment criterion of .R\$ 398,857.21.

Keywords: Drainage transposition of talents ., Simple Tubular Metallic Basin Dimensioning.

Recebido em: 19/06/2018 - Aprovado em: 04/07/2018 - Disponibilizado em: 30/07/2018

INTRODUÇÃO

De acordo com Jabôr (2013), sistema de drenagem é o conjunto de dispositivos cujo a finalidade é assegurar a integridade do corpo estradal e de suas adjacências (meio ambiente), bem como a segurança dos usuários da via.

Para que a finalidade da construção de estradas de rodagem, que é um tráfego incessante sob as condições para o qual foi projetada, seja alcançado com efetividade é de suma importância que a drenagem seja bem planejada.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - DNIT (2006) a drenagem de transposição de talwegues é aquela em que a água tem origem em uma bacia e que por imperativos hidrológicos precisam ser desviadas a fim de não abalar a estrutura da via. Para isso os cursos d'água são transpassados de um lado para outro da

rodovia, utilizando o meio adequado para cada necessidade.

Ainda segundo a definição do DNIT (2006), talvez, nada mais é que a linha que passa na parte mais profunda de um rio ou um vale e à construção de bueiros, pontes e pontilhões, dependendo da carência de cada local, ajuda a vencer essas possíveis dificuldades.

Diagnosticar, avaliar e propor uma readequação do sistema de drenagem de transposição de talwegues requer aplicação de conceitos de hidrologia associados aos dispositivos de micro e macrodrenagem a fim de garantir a eficiência do escoamento de águas pluviais em uma bacia.

Para se desenvolver corretamente os estudos hidrológicos nos projetos rodoviários é de suma importância à escolha da metodologia utilizada para cálculo das vazões máximas prováveis,

visto que uma metodologia inadequada poderá comprometer o dimensionamento das obras (JABÔR, 2013).

De acordo com o DNIT (2006) os métodos recomendados para descarga de bacia são: método racional (para áreas menores que 4 km²); método racional com coeficiente de retardo (para áreas entre 4 km² e 10 km²); Hidrograma Unitário Triangular (para áreas superiores a 10 km²).

Diante do comprometimento de um bueiro de grotta localizado no trecho em estudo, levantou-se a questão sobre quais seriam as causas de ter ocorrido o problema. A principal hipótese é a deficiência do sistema para transportar toda a vazão da bacia de contribuição, acarretando em uma sobrecarga de um dos componentes do sistema.

Conforme estudo de caso realizado por Guerreiro (2017), a bacia hidrográfica em análise apresentou vazões de águas pluviais bem maiores que as capacidades da maior parte dos bueiros instalados, resultando em alagamentos generalizados nas áreas baixas em períodos de chuvas intensas.

Faz-se necessário um estudo sobre drenagem de transposição de talvegues, seus principais componentes e como dimensioná-los, podendo assim avaliar o

sistema existente, bem como, realizar um novo dimensionamento.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o sistema de drenagem de transposição de talvegues no quilômetro 29,1 da rodovia MG-167 - trecho Três Pontas/Entr^o BR-491/A (Varginha) e propor uma readequação do sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

De acordo com o Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais – DEER/MG, a MG-167 é uma rodovia estadual localizada no sul de Minas Gerais, com 96,6 quilômetros de extensão e possui seu marco inicial no entroncamento com a BR-265, no perímetro urbano da cidade de Santana da Vargem, passa pelas cidades de Três Pontas, Varginha, Três Corações e possui seu marco final no entroncamento com a rodovia BR-267, na cidade de Cambuquira. Em alguns trechos é coincidente com as rodovias federais BR-491 e BR-381 (Figura 1).

O local escolhido para estudo encontra-se na rodovia MG-167, no trecho Três Pontas/Entr^o BR-491 A (Varginha), quilômetro 29,1, a uma latitude 21°27'59" sul, a uma longitude 45°30'52" oeste e a uma altitude de 780 metros (Figura 2).

Esse trecho da rodovia é caracterizado por fazer a ligação entre os municípios de Três Pontas e Varginha.

Figura 1 - Rodovia MG-167



Fonte: (Adaptado de GOOGLE, 2017).

Figura 2 - Local de Estudo



Fonte: (Adaptado de GOOGLE, 2017).

A demarcação da área que contribui para a bacia de drenagem do local em estudo foi feita por meio do software de imagem de satélite Google Earth (GOOGLE, 2017). Partindo do eixo da rodovia, e observando as condições topográficas que determinam o sentido do

fluxo do escoamento, foi delimitada a área de contribuição totalizando em aproximadamente 3,1 km², conforme Figura 3.

No local objeto do presente estudo encontra-se um bueiro de grota danificado com diâmetro de 1,60 metros,

comprimento de 17,5 metros, dimensões estas medidas com auxílio de fita métrica e declividade de 0,043 m/m (Figura 4).

Esse bueiro é caracterizado como simples por possuir uma única linha de tubos, tubular já que sua seção é circular, metálico por ser constituído de chapas metálicas corrugadas. Devido à essas características são denominado Bueiro Simples Tubular Metálico - BSTM.

Está situado na cota mais baixa da bacia hidrográfica e possui a finalidade de transpor as águas captadas da bacia de um lado para o outro da rodovia, de maneira a não comprometer o corpo estradal. Em visitas in loco foi possível analisar também a inexistência de outros dispositivos de drenagem capazes de auxiliar a transposição das águas provenientes da bacia de contribuição.

Figura 3 - Bacia de Contribuição do local em estudo



Fonte: (Adaptado de GOOGLE, 2017).

Figura 4 – Erosões sobre o bueiro



Fonte: o autor.

Para a obtenção dos parâmetros K, a, b, c da Equação (1) para o cálculo da intensidade de precipitação foi utilizado o software Plúvio 2.0 (GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS, 2006) desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa:

$$Im = \frac{K \times Tr^a}{(tc+b)^c} \quad (1)$$

Onde:

Im: intensidade média, (mm/h)

Tr: período de retorno, (anos)

Tc: tempo de concentração, (min)

K, a, b e c: Parâmetros relativos à localidade retirada do software Pluvio desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa Minas Gerais- UFV.

Conforme as características da bacia de contribuição, considerando um sistema de macrodrenagem com um bueiro tubular como estrutura hidráulica, foi considerado um período de retorno de 25 anos.

Para o tempo de concentração foi utilizado a fórmula de George Ribeiro, Equação (2) recomendada por Tomaz (2012), podendo ser utilizada para qualquer bacia.

$$tc = \left[\frac{16L}{(1,05 - 0,2\rho) \cdot (100D)^{0,04}} \right] + 10 \quad (2)$$

Onde:

tc: tempo de concentração da bacia, em min.;

L: comprimento do talvegue principal, em

km;

ρ : fração da área da bacia coberta com vegetação, adimensional;

D: declividade média do talvegue principal, em m/m.

Para o cálculo do coeficiente de deflúvio, foi feito usando a média ponderada, conforme a Equação (3).

$$C_{\text{médio}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3)$$

Onde:

$C_{\text{médio}}$: coeficiente de escoamento superficial médio;

C_1, C_2, C_n : coeficientes de escoamento superficial das áreas A_1, A_2, A_n ;

A_1, A_2, A_n : áreas que possuem os coeficientes C_1, C_2, C_n ;

Foi determinado o “C” médio, coeficiente de escoamento superficial, através das áreas e coeficientes unitários de cada uma como mostra Tabela 1:

Tabela 1 - Definição de áreas e coeficientes de escoamento superficial

Tipo de Área	Área (km ²)	“C”
Revestimento Betuminoso	0,31	0,90
Sem Revestimento	2,79	0,30

Fonte: o autor.

$$C_{\text{médio}} = \frac{0,90 \cdot 0,31 + 0,30 \cdot 2,79}{2,79 + 0,31} \quad (3)$$

$$C_{\text{médio}} = 0,36$$

Para o cálculo da vazão da bacia hidrográfica foi utilizado o Método Racional, Equação (4) recomendada pelo

DNIT (2006), para áreas menores que 4 km².

$$Q = 0,0028 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (4)$$

Onde:

Q : Vazão (m³/s)

A : Área drenada (ha)

I : Intensidade de chuva (mm/h)

C : Coeficiente de Deflúvio

Segundo DNIT (2006), o dimensionamento como canal deverá ser feito pela fórmula de Manning associada à Equação da Continuidade, Equação (5).

$$Q = \frac{R^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n} \cdot A \quad (5)$$

Onde:

Q : vazão do bueiro (m³/s);

A : área da seção molhada (m²);

R : raio hidráulico (m);

I : declividade do bueiro (m/m);

n : coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

A área molhada e o perímetro molhado foram obtidos através das equações (6) e (7).

Área molhada:

$$A = \frac{\phi - \text{sen} \phi}{8} \cdot D^2 \quad (6)$$

Onde:

A : Área molhada (m²)

ϕ : Ângulo ϕ (rad) D : Diâmetro (m)

Perímetro molhado:

$$P = \frac{\phi}{2} \cdot D \quad (7)$$

Onde:

P : Perímetro molhado (m)

ϕ : Ângulo ϕ (rad) – como D : Diâmetro da seção transversal (m)

Encontrada a área molhada e o perímetro molhado foi possível obter o raio hidráulico conforme Equação (8).

$$R = \frac{A}{P} \quad (8)$$

Onde:

R : raio hidráulico (m);

A : área da seção molhada (m²);

P : perímetro molhado (m).

Finalmente obtidas tanto a vazão da bacia, quanto a vazão que o bueiro existente em estudo é capaz de transportar sozinho e com a contribuição dos demais bueiros, comparou-se as mesmas, para verificar se estão dimensionadas corretamente.

Os bueiros foram calculados por tentativas de cálculos e verificações. Primeiramente foi feito um pré-dimensionamento e depois os cálculos para verificação.

A velocidade adotada foi de 4m/s, já que de acordo com Diogo (2008) a velocidade ideal para bueiros é aquela que se situa entre a mínima (0,75m/s) e a

máxima (6m/s), tal velocidade também se justifica para atender uma declividade ideal de (0,4% a 5%) exigida pelo DNIT.

O regime de escoamento foi verificado através da declividade crítica e também do número de Froude.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi evidenciado através de visita *in loco* erosões sobre o bueiro, comprometendo a estrutura e a segurança da via, conforme Figura 5.

Foi possível observar uma erosão em estado avançado sobre a montante do bueiro, atingindo metade da pista, colocando em risco os usuários da rodovia (Figura 6).

Está situado na cota mais baixa de sua bacia hidrográfica e possui a

finalidade de transpor as águas captadas da bacia de um lado para o outro da rodovia, de maneira a não comprometer o corpo estradal. Em visitas *in loco* foi possível analisar também a inexistência de outros dispositivos de drenagem capazes de auxiliar a transposição das águas provenientes da bacia de contribuição, visto que os demais bueiros de grota que constavam no projeto não estavam cumprindo sua função. Sendo que o um dos bueiros foi encontrado em situação de assoreamento (Figura 7).

Um segundo bueiro não possui declividade suficiente para escoar a água, acumulando a mesma em sua montante que é escoada no sentido do bueiro em estudo (Figura 8).

Figura 5- Bueiro danificado



Fonte: os autores.

Figura 6 - Erosões sobre o bueiro



Fonte: os autores.

Figura7 - Bueiro obstruído



Fonte: os autores.

Figura 8 - Bueiro 2



Fonte: os autores.

Os demais bueiros não foram encontrados e o DEER/MG não possui o projeto de “as built” dessa rodovia.

O tempo de concentração da bacia foi determinado através da equação de George Ribeiro, após serem obtidos o comprimento do talvegue principal,

porcentagem de cobertura vegetal e declividade do talvegue principal.

As características da bacia hidrográfica são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características morfométricas da Bacia hidrográfica

Comprimento do talvegue (L)	3232 Km
Porcentagem de cobertura vegetal	0,9 %
Declividade do talvegue principal	0,0263m/m
Tempo de concentração	67,45 min

Para determinação da intensidade de chuva, utilizou-se o software plúvio, o qual retornou um valor de $I_m = 71,86 \text{ mm/h}$.

Uma vez obtida a vazão de chuva da bacia de drenagem ($Q = 22,45 \text{ m}^3/\text{s}$ Método Racional), foi realizado o cálculo da capacidade de escoamento da estrutura hidráulica do bueiro existente, considerando as condições de topografia do local, e uma altura de lâmina de água de $0,9.D$, sendo D o diâmetro do bueiro. O coeficiente de rugosidade de Manning foi considerado igual a $0,025$, uma vez que se trata de uma estrutura já existente.

Por meio de cálculos efetuados, encontrou-se uma vazão de $9,61 \text{ m}^3/\text{s}$ para o qual o bueiro suporta. Ao compará-la com a vazão da bacia hidrográfica que é de $22,45 \text{ m}^3/\text{s}$, evidenciou-se que somente

esse bueiro não foi projetado para suportar toda a vazão da bacia.

Os cálculos apontam a necessidade de implantação outros bueiros em campo. Decidiu-se realizar novos cálculos para verificar se com a contribuição de outros bueiros, tal problema não existiria.

Considerou-se a mesma declividade do bueiro em estudo para os demais a serem aplicados, uma altura de lâmina de água de $0,9.D$ e o coeficiente de rugosidade de Manning foi usado para o concreto, visto que é o material desses bueiros.

Somadas todas as vazões obtidas por novos cálculos, obteve-se uma vazão de suporte do sistema de $23,06 \text{ m}^3/\text{s}$ que ao ser comparada com a vazão da bacia de contribuição ($Q = 22,45 \text{ m}^3/\text{s}$) demonstra que o mesmo não foi planejado de forma

incorreta. Porém devido a não instalação dos bueiros auxiliares, sem função hidráulica ou até mesmo, a deterioração dos mesmos, houve uma sobrecarga em um único ponto (BSTM), na cota mais baixa da bacia, podendo inferir que o bueiro estudado (BSTM) possa ter apresentado tal problema.

PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA

Entendeu-se que a solução mais viável para sanar o problema relacionado à drenagem de transposição de talvegues do km 29,1 da rodovia MG-167 seria a substituição do bueiro existente por outro capaz de transportar toda a vazão da bacia de contribuição, salientando que ele está localizado no ponto mais baixo de sua bacia hidrográfica.

Foi descartada a hipótese de recuperar os demais bueiros assoreados e obstruídos existentes no trecho por conta de ser uma rodovia de alto fluxo e a interdição ponto a ponto da mesma causaria muitos transtornos. Sendo que muitos desses bueiros possuem dimensões não recomendadas atualmente pelas diretrizes especificadas do manual técnico do DNIT.

Salienta-se que o foco desse trabalho é a drenagem de transposição de

talvegues e não a drenagem superficial, porém a contribuição de chuva da pista de rolamento foi considerada nos cálculos da vazão da bacia hidrográfica.

Dimensionamento para bueiros tubulares

A tabela 03 apresenta as variáveis do dimensionamento de 03 Bueiros (BTTC) com 1,5m de diâmetro.

Tabela 03 - Características do dimensionamento dos Bueiros Tubulares (BTTC)

Área molhada	1,67 m ²
Perímetro molhado:	3,74 m
Raio Hidráulico:	0,44 m
Vazão suportada total:	24 m ³ .s ⁻¹
Declividade:	0,077 m.m ⁻¹
Velocidade:	13,37 m.s ⁻¹

Percebeu-se através dos cálculos uma velocidade, que supera a velocidade limite máxima estabelecida pelas diretrizes do manual do DNIT de 4,0 m/s. Assim, propôs-se fixar a velocidade em 4,0 m/s, e estabelecer uma outra declividade ao bueiro atendendo-se assim as condições da bacia (TABELA 03).

Dimensionamento para bueiros celulares

A tabela 04 apresenta as variáveis do dimensionamento para Bueiros celulares com dimensões de 2,00 x 3,00 m (BSCC).

Tabela 04 - Características do dimensionamento dos Bueiros Tubulares (BTTC)

Área molhada	4,0 m ²
Perímetro molhado:	5,7 m
Raio Hidráulico:	0,7 m
Vazão suportada total:	54,5 m ³ .s ⁻¹
Declividade:	0,077 m.m ⁻¹
Velocidade:	13,62 m.s ⁻¹

Observou-se que a velocidade de 13,62 m/s, superou a velocidade limite máxima estabelecida pelas diretrizes do manual do DNIT de 4,0 m/s. Propondo-se fixar a velocidade em 4,0 m/s, e estabelecer outra declividade ao bueiro atendendo-se assim as condições da bacia, conforme observado para os Bueiros tubulares (BTTC) (TABELA04).

Especificação dos serviços

Conforme foi comprovado por meio dos cálculos um BTTC com 1,5 de diâmetro e um BSCC de 2,00 x 3,00 m atenderiam a demanda de vazão da bacia de contribuição para a solução do problema.

No estudo realizado por Guerreiro (2017), utilizou-se para solução de

drenagem da bacia dois bueiros tubulares com 1,8 metros de diâmetro cada e um segundo bueiro com 1,6 metros de diâmetro com o intuito de atender a uma vazão de 21,6 m³/s.

Contudo, Tomaz (2013) nos indica que a boa prática em situações de drenagem de transposição de talwegues se dá por evitar a composição de múltiplos bueiros. Assim sendo, para este estudo, optou-se pela escolha do bueiro BSCC de 2,00 x 3,00 m para solucionar o problema de drenagem no trecho em análise.

Para a execução da obra seria necessário remanejar o tráfego para uma das pistas fazendo-a trabalhar com o esquema de pare e siga, assim seria possível trabalhar em esquema de meia seção, executando os serviços necessários em duas etapas, metade da rodovia em cada etapa, salientando que a junta de encaixe tipo macho-fêmea desse tipo de bueiro nos permite esse tipo de execução.

Conforme pode-se analisar por intermédio de um relatório de sondagem de solo a percussão (SPT) analisado para composição da proposta ideal, foi encontrado uma grande camada de solo considerado “moles”, destacando-se assim que para a estabilização do terreno deveria ser executado uma fundação direta (empredamento fortemente compactado).

Decidiu-se também utilizar grama

em placa nos taludes dos aterros com intuito de evitar e combater problemas de erosões do solo.

CONCLUSÕES

Para o sistema de drenagem objeto deste estudo, chegou-se à conclusão que o fator causador do problema apresentado na Rodovia MG-167 foi a sobrecarga de um dos componentes do sistema, já que os demais elementos estavam sem função hidráulica. Isso pode ter ocorrido devido a uma série de fatores, dentre os quais destaca-se a má conservação da rodovia ou até mesmo erros de execução.

Entendeu-se que a solução mais viável para sanar o problema relacionado à drenagem seria a substituição do bueiro existente por outro capaz de transportar toda a vazão da bacia de contribuição, salientando que ele está localizado no ponto mais baixo de sua bacia hidrográfica.

Para um sistema de drenagem eficiente é necessário um projeto adequado ao local aliado a um bom planejamento e a uma conservação periódica, efetuando-se a limpeza e a desobstrução dos dispositivos.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **AutoCAD**. Version 2016. [S.l.]: Autodesk, 2016. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/free-trial>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, 2000. 669 p.

BLUE MARBLE GEOGRAPHICS.: **Global Mapper™**. version 18.1.0. [S.l.]: Blue Marble Geographics, 2017. Disponível em: <<http://www.bluemarblegeo.com/index.php>>. Acesso em 26 abr. 2017

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011. 300 p.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. Bacia Hidrográfica. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Cap. 3, p. 15-32. Disponível em: <<http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017

COSTA, Alfredo Ribeiro da; MENEZES FILHO, Carlos Martins de. Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: uma Abordagem Alternativa. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.l.], v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/18162>>. Acesso em: 23 abr. 2017

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Manual de procedimentos para elaboração de estudos e projetos de engenharia Rodoviária**. Volume VII. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/institucion>>

al/legislacao/normas-tecnicas-dermg>. Acesso em: 17 abr. 2017

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Rodovias Estaduais**. Disponível em:<<http://der.mg.gov.br/saiba-sobre/rede-rodoviaria>>. Acesso em: 22 abr. 2017

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Tabelas referenciais de obras de edificações e rodoviárias**. Disponível em: <http://www.der.mg.gov.br/images/2017/A_sessoria-de-custos/tabela_referencial_%2007_2017.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2017

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**. Rio de Janeiro, 2006. 482 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Manual de drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. 327 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Manual de hidrologia básica para estradas de drenagem**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.

DIOGO, Francisco José d'Almeida; SCIAMMARELLA, José Carlos. **Manual de pavimentação urbana**. Drenagem: manual de projetos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

FERNANDES, Carlos. Sistema de drenagem urbana. **Microdrenagem**: um estudo inicial. Campo Grande: Universidade Federal de Campina Grande,

2012. Cap. 1. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 356 p.

GUERREIRO, Eginaldo Alves; et.al. **Estudo do Sistema de Drenagem para Transposição de Talvegue por Bueiros na BR-324/BA, na Região de Porto Seco Pirajá**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 08. Ano 02, Vol. 01. pp 73-87, Novembro de 2017. ISSN:2448-0959.

GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.1.8.30.36 [S.l.]: Google, 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4. ed. [S.l.]: Trilha, 2015. 544 p.

GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS. **Plúvio**. Version 2.1. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. Disponível: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em 28 abr. 2017.

JABÔR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias**: Estudos hidrológicos e projeto de drenagem. [S.l.: s.n.], 2013. 178 p.

MORALES, Paulo Roberto Dias. **Curso de drenagem urbana e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2003. 176 p. Apostila.

OLIVEIRA, Francisco Maia de. **Drenagem de estradas**. [S.l.]: Associação Rodoviária do Brasil, 1947. 181 p.

PEREIRA, Djalma Martins et al. **Composição de custos para obras**

rodoviárias. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <http://www.engwhere.com.br/empreiteiros/Apostila_Custos_2010_UFPR.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2017.

TOMAZ, Plinio. **Bueiros ou Travessias.** [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/bueiros_travessia/capitulo_97_Routing_de_bueiros.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

TOMAZ, Plinio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro07calculo_hidrologico.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana.** [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 428 p.

Gabriella Araújo Azevedo
Engenheira civil

Luana Ferreira Mendes
Mestranda em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, professora do Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS/MG

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Engenheira Florestal, Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Professora em tempo integral Universidade Vale, do Rio Verde.
