

**MACRO DRENAGEM**

**ZONA RURAL**

**DO MUNICÍPIO DE SANTA LÚCIA**

**AGOSTO DE 2012**

## ANÁLISE RURAL

### 1 – LEVANTAMENTO CADASTRAL

#### Travessia 01

Encontra-se rompida, inutilizando o acesso da Estrada Municipal SLC-235, sobre o córrego Anhumas, deverá ser proposta uma ponte.

Foto 1: Vista do Recurso Hídrico no local do barramento rompido.



Foto 2: Vista do Recurso Hídrico á jusante do barramento rompido.



### **Travessia 02**

Encontra-se estabelecida na estrada municipal SLC 133, sobre o Afluente sem Denominação do Ribeirão das Anhumas.

Segundo vistoria in loco, constatou-se que a travessia é construída em concreto, sendo suas cabeceiras de sustentação constituídas do mesmo material. Tanto a travessia quanto as alças de sustentação, encontram-se em bom estado de conservação. Ressalta-se que na área de inserção da travessia, não são observados processos erosivos evidentes.

Recomenda-se, portanto, que seja realizada na área da obra a manutenção constante da travessia, de maneira a mantê-la em bom estado de conservação.

Foto 3: Detalhe da Travessia sobre a SLC 133



Foto 04: Passagem da água se dá através de tubo de concreto de diâmetro de 1,20 m



### **Travessia 03**

Encontra-se inserida na estrada municipal SLC 226, sobre o Afluente sem Denominação do Córrego do Engenho Velho.

Esta travessia é construída em concreto, sendo suas cabeceiras construídas em alvenaria que se apresentam em estado regular de conservação, não sendo observados ao seu redor, processos erosivos evidentes.

Recomenda-se, portanto, que seja realizada a manutenção de tal obra, a fim de que esta não venha sofrer desgastes precoces.

Foto 6: Travessia sobre Córrego do Engenho Velho



Foto 8: Vegetação em APP na área da travessia.



#### **Travessia 04**

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 116, estando inserida sobre o Córrego do Engenho Velho.

O aterro desta obra é constituído por tubulação de ferro, com diâmetro de 0,40 metros, por onde escoa a água do referido recurso hídrico.

As cabeceiras de sustentação são constituídas por terra. Portanto, o estado de conservação da travessia é considerado regular.

Recomenda-se a realização de manutenção preventiva, quanto a processos erosivos em sua cabeceira e adjacências, evitando quaisquer riscos aos usuários da referida travessia.

Foto 9: Travessia sobre o Córrego da Cabeceira na Estrada SLC 116, vista à jusante



Foto 10: Vista à montante



Foto 11: Vegetação em APP na área da travessia



#### **Travessia 05**

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 040, estando inserida sobre o Afluente sem denominação do Córrego do Cruzeiro.

Esta obra é constituída por concreto e não apresenta as defensas mínimas de segurança que permitam a passagem de quaisquer veículos com segurança. Ressalta-se que ao redor da área onde a obra encontra-se inserida, não são observados processos erosivos.

Existe a montante da travessia estrutura de ponte que foi levada pela força da água pouco depois de construída.

Foto 12: Vista da travessia à montante.



Foto 13: Sobre a travessia



Foto 14: A vegetação em APP e antiga travessia levada pela força da água.



#### **Travessia 06**

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 040, estabelecida sobre o Córrego Monjolinho.

Travessia composta por aterro escorado por troncos de madeira com travamento realizado por trilhos.

Não são observados processos erosivos evidentes.

A situação da obra é regular, recomenda-se, portanto, que seja providenciada a manutenção periódica de tal travessia a fim de mantê-la em condições adequadas de segurança aos seus usuários.

Foto 15: Imagem da travessia composta por aterro escorado por troncos de madeira com travamento realizado por trilhos.



Foto 16: Detalhe da travessia.



Foto 17: Vegetação em APP na área da travessia



#### **Travessia 07**

Encontra-se inserida sobre a estrada municipal denominada SLC 080, sobre o Afluente sem denominação do Córrego Ponte Alta.

Esta Travessia é constituída por toras de madeira escoradas em pilares de alvenaria. Suas cabeceiras são construídas em terra, apresentando sinais claros erosão em curso.

Pode-se classificar, portanto, que o estado de conservação desta travessia como ruim.

Considerando as condições descritas para a referida travessia é recomendada a reforma de tal obra, a fim de sejam substituídos e/ou reforçados seus apoios de sustentação. Além disso, cabe providenciar a inserção de dispositivos em seu entorno, que proporcionem a paralisação dos processos erosivos.

Foto 18: Detalhes construtivos em alvenaria da travessia



Foto 19: Detalhe de vigas de madeira escorada sobre estrutura de alvenaria



Foto 20: Evidência de processo erosivo na travessia



Foto 21: Parte da estrutura de sustentação da travessia levada pela força das águas.



Foto 22: A vegetação em APP na área da travessia



#### **Travessia 08**

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 070, sobre o Córrego das Contendas.

A referida travessia é constituída por toras de eucalipto, cuja amarração é feita por cabos de aço. As cabeceiras apresentam sinais evidentes de desgaste sendo observado processo erosivo em curso, além de ser observado sinais de fogo nas vigas de sustentação da travessia.

Assim, em análise das descrições acima, pode-se considerar que a travessia em questão, encontra-se em estado ruim de conservação, estando esta passagem interdita pelo risco eminente de queda.

Recomenda-se, portanto, a substituição da referida travessia de maneira que seja implantada passagem adequada que suporte o transito de veículos automotores, que não ofereça risco aos usuários.

Foto 23: Vista geral da estrutura da travessia interdita



Foto 24: Evidências dos processos erosivos presentes



Foto 25: Evidências da precariedade da travessia



Foto 26: Evidências da precariedade da travessia



Foto 27: Processos erosivos atuando na travessia



Foto 28: Processos erosivos atuando na travessia



Foto 29: Vegetação em APP na área da travessia



### Travessia 09

Encontra-se estabelecida na estrada municipal SLC 336, sobre o Córrego das Contendas.

Foto 30: Vista inferior da travessia à jusante.



### Travessia 10

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 336, sobre o Córrego da Ponte Alta. Esta travessia encontra-se em bom estado de conservação, tendo sido doada pelo Governo do Estado de São Paulo, cabendo apenas a manutenção de tal obra, a fim de que esta se mantenha em bom estado de uso.

Foto 31: A travessia sobre o Córrego da Ponte Alta na Estrada SLC 336



Foto 32: Detalhes construtivos das estruturas de apoio da travessia



Foto 33: A vegetação em APP na área da travessia



### **Travessia 11**

Encontra-se inserida na estrada municipal denominada SLC 185, sobre o Córrego da Fazenda Santa Isabel. Esta travessia encontra-se em bom estado de conservação, tendo sido doada pelo Governo do Estado de São Paulo, cabendo apenas a manutenção de tal obra, a fim de que esta se mantenha em bom estado de uso.

Foto 34: Travessia sobre o recurso Córrego da Fazenda Santa Izabel – Estrada SLC 185



Foto 35: Detalhes construtivos da travessia



Foto 36: A vegetação em APP na área da travessia



### **Travessia 12**

Encontra-se inserida na estrada municipal de SLC 185, sobre o Ribeirão do Rancho Queimado.

A referida travessia é construída em concreto. Observam-se processos erosivos na área da ponte, o que provocou a queda de um dos lados de suas cabeceiras.

O estado de conservação da referida travessia é considerado ruim, sendo, portanto indicada avaliação urgente de suas reais condições.

Foto 37: Vista da travessia sobre o Ribeirão do Rancho Queimado indicando o estado de conservação ruim



Foto 38: Evidências de processos erosivos nas estruturas de sustentação da travessia



Foto 37: Vista da travessia sobre o Ribeirão do Rancho Queimado indicando o estado de conservação ruim



Foto 38: Evidências de processos erosivos nas estruturas de sustentação da travessia



Foto 39: Parte da estrutura de sustentação da travessia levada pela força das águas em função de processos erosivos.



## **2. DIAGNÓSTICO DAS TRAVESSIAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE SANTA LÚCIA**

Para realização do diagnóstico das travessias rurais, inseridas nas estradas municipais de Santa Lúcia, foi realizada vistoria de campo para observação das reais condições de cada travessia. Assim, foram vistoriadas 12 (doze) travessias, cuja localização das coordenadas geográficas em UTM, Nomenclatura das estradas municipais, bem como nomenclatura dos recursos hídricos, dos quais as travessias estão inseridas, seguem descritos na tabela abaixo.

Nº da Travessia	Coordenada UTM		Nome da Estrada Municipal	Nome do Recurso Hídrico
	Km N	Km E		
01	7.602,470	809,347	SLC - 235	Ribeirão das Anhumas
02	7.602,493	808,795	SLC - 133	Afluente sem denominação do Ribeirão das Anhumas
03	7.602,851	815,079	SLC - 226	Afluente sem denominação do Córrego do Engenho Velho
04	7.602,040	814,534	SLC - 116	Córrego do Engenho Velho
05	7.597,818	806,244	SLC - 040	Afluente sem denominação do Córrego do Cruzeiro
06	7.598,209	805,832	SLC - 040	Córrego do Monjolinho
07	7.601,246	800,256	SLC - 080	Afluente sem denominação do Córrego da Ponte Alta
08	7.598,186	800,592	SLC - 070	Córrego das Contendas
09	7.599,108	799,372	SLC - 336	Córrego das Contendas
10	7.600,495	798,994	SLC - 336	Córrego da Ponte Alta
11	7.598,740	796,673	SLC - 185	Córrego da Fazenda Santa Isabel
12	7.601,472	795,103	SLC - 185	Ribeirão do Rancho Queimado

Tabela 04 – Lista de localização das Travessias.

## MÉTODO DE CÁLCULO

### 3. ESTUDO HIDROLÓGICO

O estudo hidrológico tem por objetivo fornecer as vazões máximas para cada ponto de interesse destacado no projeto (sob as Travessias), já que estas se encontram instaladas sobre os recursos hídricos superficiais que cortam as estradas municipais de Santa Lúcia.

Através desses estudos tornam-se possível verificar a capacidade hidráulica de escoamento de cada seção e a possibilidade de readequação das obras de arte. Cada uma das 12 (doze) travessias registradas teve tanto a sua

localização, quanto a sua área de bacia de contribuição calculada, como pode ser evidenciado a seguir.

## **PRINCIPAIS TERMOS HIDROLÓGICOS**

As definições e conceitos a seguir representam um conteúdo mínimo necessário à compreensão da hidrologia de projetos de obras hidráulicas.

### **• Hidrologia**

Ciência que trata da água na Terra.

### **• Ciclo Hidrológico**

Fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre, a atmosfera e o solo.– Precipitação atmosférica (chuva) (P)

– escoamento superficial (ES)

– Infiltração no solo (I)

– Evaporação e evapotranspiração (EV)

O volume precipitado (P), ou a chuva que cai em uma bacia qualquer, resulta em escoamento superficial (ES), em escoamento subterrâneo (I) pela infiltração de parte da chuva, e em evaporação e evapotranspiração (EV).

$$P = ES + I + EV$$

As enchentes são provocadas pela parcela ES, ou escoamento superficial, e decorrem de precipitações intensas, entendidas como ocorrências naturais extremas.

Quanto piores as condições de retenção de água pela vegetação e de infiltração dos solos e maior a impermeabilização de partes da bacia de contribuição, tanto maior será a parcela ES resultante.

### **• Área de Drenagem**

Área da bacia hidrográfica, ou área de contribuição, é a região de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos superficiais e subsuperficiais para um único ponto de saída. Expressa-se, usualmente, em hectares (ha) ou em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>). A linha do divisor de águas que delimita a bacia hidrográfica pode ser definida como a que separa as águas pluviais entre duas vertentes. Numa carta topográfica, é a linha

imaginária que passa pelos pontos altos e cotados, que corta perpendicularmente as curvas de nível e não cruza nenhum curso d'água, a não ser na seção que define o limite de jusante da bacia de contribuição (Figura 2).

#### • Talvegue

É a linha por onde correm as águas no fundo de um vale, definida pela interseção dos planos das vertentes. Assim se denomina, também, o canal mais profundo do leito de um curso d'água.

#### • Precipitação

Toda água que provém do meio atmosférico e atinge a superfície da bacia. Nesta publicação considera-se precipitação como sinônimo de chuva.

#### • Altura Pluviométrica

Quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal, medida pela altura que a água atingiria se fosse mantida no local (sem se infiltrar, escoar ou evaporar).

A unidade de medição habitual é o milímetro (mm) de chuva, definido como quantidade de precipitação que corresponde ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície (Figura 4).

As medições de precipitação atmosférica (chuva, no caso) são feitas com o uso de um pluviômetro (Figura 5), aparelho formado por um recipiente cilíndrico com medidas padronizadas que, exposto às intempéries, armazena a água da chuva precipitada no período decorrido entre as leituras. Na parte superior, um funil que recebe a água da chuva tem uma entrada com diâmetro (D) padronizado e área conhecida.

Uma proveta graduada permite a medição do volume de água acumulado dentro do pluviômetro. Esse volume, dividido pela área de captação do pluviômetro, resulta em uma altura equivalente de chuva, dada em milímetros. As leituras são feitas diariamente, sempre no mesmo horário.

Para a obtenção de dados contínuos, com informações de início, final e quantidade das precipitações, são usados os pluviógrafos, aparelhos

registradores que acumulam os volumes captados e os representam em um gráfico num cilindro movido por equipamento de relojoaria.

Atualmente dissemina-se o uso de estações telemétricas que transmitem informações por rádio, telefone ou satélite, ou que acumulam digitalmente dados de longos períodos para recuperação posterior.

### **Metodologias**

Para a aplicação da metodologia adequada, em primeiro lugar deve-se verificar a extensão da série histórica de dados fluviométricos existente e também, se necessário, o tamanho da área de drenagem (AD) da bacia em estudo (DAEE, 1994), conforme a seguinte classificação (Figura 6):

Extensão da série histórica de dados fluviométricos superior a 3 anos:

- Método CTH (3 a 10 anos), empírico: baseia-se na técnica do hidrograma unitário;
- Método Gradex (10 a 25 anos): correlaciona o resultado da análise de freqüência de dados de precipitações intensas e de vazões máximas;
- Método Estatístico (> 25 anos): emprega análise estatística com ajuste de distribuições de probabilidade à série de dados.

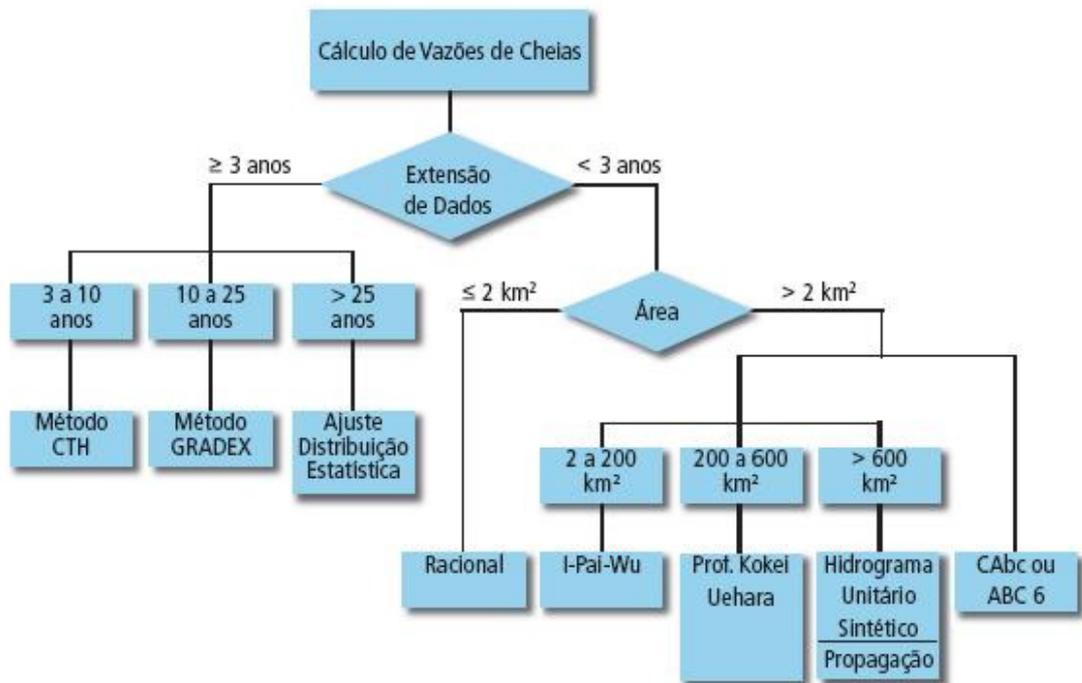
Extensão da série histórica de dados fluviométricos inferior a 3 anos:

Métodos sintéticos:

- Método Racional ( $AD \leq 2 \text{ km}^2$ )
- Método I-PAI-WU ( $2 < AD \leq 200 \text{ km}^2$ )
- Método Prof. Kokei Uehara ( $200 < AD \leq 600 \text{ km}^2$ )
- Hidrograma Unitário - Propagação ( $AD > 600 \text{ km}^2$ )

Modelos matemáticos de simulação de ondas de cheias: CAbc ou ABC6 ( $AD > 2 \text{ km}^2$ ).

Figura 6: Diagrama das metodologias adotadas para a estimativa de vazões de enchente.



### Método Racional

É utilizado para a estimativa de vazões de enchente em bacias que não apresentem complexidade, e tenham até 2 km<sup>2</sup> de área de drenagem, por meio da seguinte expressão (DAEE, 1994):

com:  $Q = 0,1667 C i AD$

Q = vazão de enchente (m<sup>3</sup>/s)

AD = área de drenagem (ha)

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff)

i = intensidade de precipitação (mm/min)

Na seqüência, a caracterização e análise dos parâmetros AD, C e i.

### Método I-PAI-WU

É utilizado para a estimativa de vazões de enchente em bacias tenham áreas de Drenagem  $02 < AD \leq 200 \text{ km}^2$ . Portanto:

$$Q_{\max} = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$$

onde:

$Q_{\max}$  = Vazão máxima = m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente de escoamento superficial Run Off

$i$  = Intensidade da chuva crítica = mm/hora

$A$  = Área da Bacia de Contribuição = km<sup>2</sup>

$D$  = Coeficiente de Distribuição Espacial da Chuva (K)

#### • Área de Drenagem

O valor da área da bacia hidrográfica é determinado mediante o desenho de seus limites, ou da linha do divisor de águas, em uma planta planialtimétrica. A medição da área da figura resultante pode ser feita por qualquer método que permita razoável precisão, com o uso de planímetro, softwares, figuras geométricas, etc. Esses procedimentos são comentados no Capítulo 3.

#### • Coeficiente de Escoamento Superficial Direto

Um dos princípios do Método Racional é a adoção de um coeficiente único (C), ou runoff, estimado com base em características da bacia, e que representa o seu grau de impermeabilização ou de urbanização. Quanto menor a possibilidade de a água precipitada infiltrar-se no solo, ou de ficar retida pela vegetação, maior será a parcela que se transformará em Escoamento Superficial Direto, resultando um valor mais elevado para o coeficiente C. A tabela 1 apresenta faixas de valores de C para uso em projetos.

Situação	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

**Tabela 1:** Valores recomendados para o coeficiente C (DAEE, 1994).

#### • Fator de Forma da Bacia

Coeficiente de Forma da Bacia (F)

$$F = (0.886 * (L / A^{0.5}))$$

$$\text{Coeficiente } C1 = 4/(2+F)$$

Coeficiente C2 (Adotado)

Coeficiente C =  $(2/(1+F)) * (C2/C1)$

#### • Intensidade da Precipitação

As estimativas de intensidade de precipitação são feitas pela análise estatística de séries de dados pluviométricos relativos à região de estudo. Dados referentes a longos períodos permitem que se considere freqüência como probabilidade, levando ao traçado de “Curvas I-D-F”, que representam as três características fundamentais das precipitações: intensidade, duração e freqüência. Portanto, para estimar a intensidade da chuva crítica a ser adotada na determinação de uma vazão de projeto, é preciso, antes de tudo, definir qual período de retorno e duração caracterizam o evento de precipitação.

Como se verá a seguir, a escolha do período de retorno relaciona-se ao risco que se irá adotar para a segurança da obra projetada. Para a duração, adota-se o valor do tempo de concentração da bacia.

#### • Período de Retorno

Representa o risco a ser assumido no dimensionamento de uma obra hidráulica. Vincula à obra ou empreendimento o grau de segurança que se deseja proporcionar, refletindo a freqüência com que a chuva ou vazão utilizada no dimensionamento venha a ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer. Essa freqüência é igual ao inverso do valor do período de retorno ou tempo de recorrência (TR).

É importante notar que a escolha do período de retorno para o dimensionamento de uma obra deve ser precedida de análises relativas aos prejuízos tangíveis e intangíveis que possam vir a ser causados por eventos críticos como enchentes.

OBRA	SEÇÃO GEOMÉTRICA		TR (anos)	
			Área Urbana	Área Rural
Canalização	A céu aberto	Trapezoidal	50	(a)
		Retangular	100	
	Contorno fechado		100	
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	Qualquer		100	100 (b)
Borda livre (f)				
Canais a céu aberto: $f \geq 10\%$ da lâmina líquida de cheia ( $H_{TR}$ ), com $f \geq 0,4$ m				
Canais em contorno fechado: $f \geq 0,2 H_{TR}$ .				

**Tabela 2:** Recomendações para valores mínimos de períodos de retorno<sup>1</sup>.

Análise caso a caso - TRs menores. (b) Para rodovias de menor importância e obras de menor porte e risco poderão ser utilizados TRs menores que 100 anos ( $TR \geq 25$  anos), com análise caso a caso.

#### • Duração da Chuva Crítica

Na aplicação do Método Racional, como em vários outros, considera-se a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração da bacia. Quando se observa tal igualdade, admite-se que a bacia é suficientemente pequena para que essa situação ocorra (a duração é inversamente proporcional à intensidade). Em bacias pequenas, as condições mais críticas se devem a precipitações convectivas, de pequena duração e grande intensidade.

#### • Tempo de Concentração

É o tempo que a partícula de chuva que cai no ponto mais distante da bacia demora para chegar até a seção de interesse – pontos M e S da Figura 7. O desnível e a distância entre esses dois pontos são expressos por ( $\Delta h$ ) e ( $L$ ). Para determinar o tempo de concentração ( $t_c$ ) há vários métodos.<sup>3</sup> O DAEE recomenda a utilização da fórmula do “California Culverts Practice” (TUCCI, 1993):

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (2)$$

t  
L  
Δh

onde:

$t_c$  = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue do curso d'água (km);

$\Delta h$  = desnível do talvegue entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m);

Essa equação simplificada pode ser usada quando não há dados topográficos que permitam um melhor detalhamento do perfil do talvegue. Havendo informações topográficas, com a definição de pontos intermediários entre a seção de estudo e o ponto mais distante, é possível conhecer melhor o perfil longitudinal do talvegue, com as diferentes declividades de cada trecho.

Nesses casos, calcula-se  $t_c$  utilizando-se a declividade equivalente ( $l_{eq}$ ) na equação (2), resultando a expressão abaixo que fornece valores mais representativos para  $t_c$  (min):

$$t_c = 57 \left( \frac{L^2}{l_{eq}} \right)^{0,385} \quad (3)$$

com:

$l_{eq}$  = declividade equivalente, em m/km

L =  $L_1 + L_2 + \dots + L_n$  = comprimento (km) total do talvegue (trecho S-M na Figura 7)

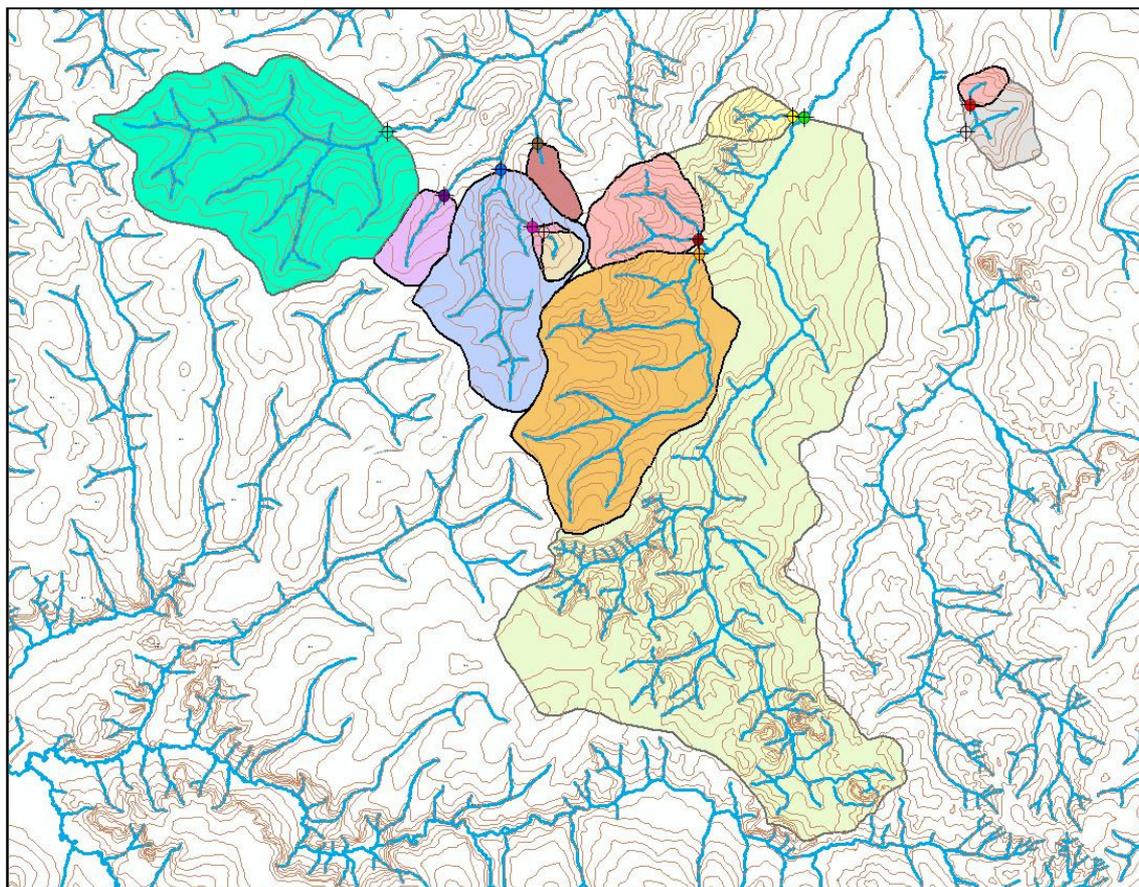
$$l_{eq} = \left( \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{j_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{j_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{j_n}}} \right)^2 \quad (4)$$

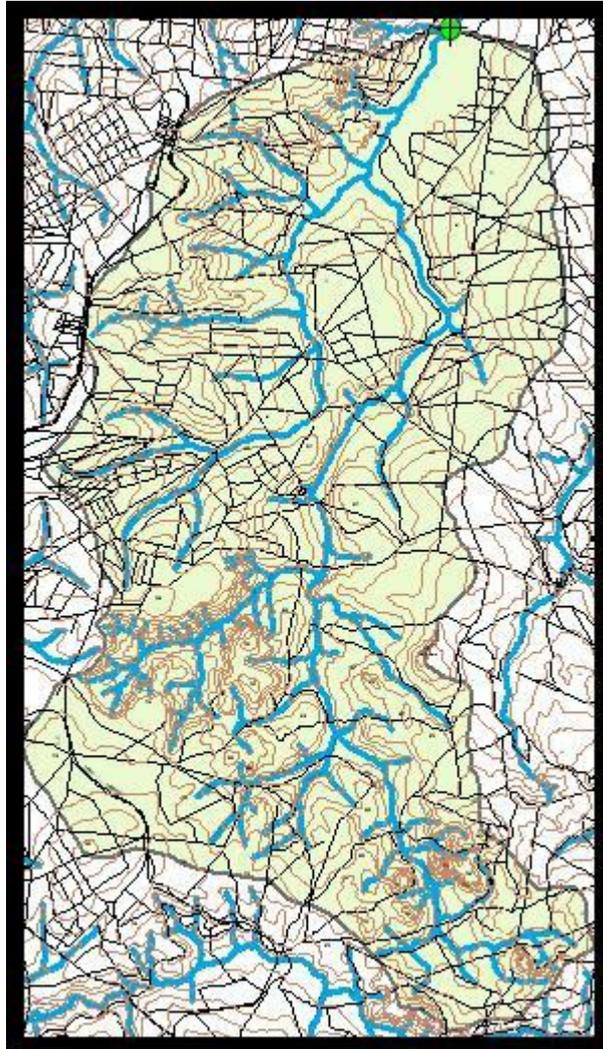
l  
L  
F  
j

Declividade (m/km) de cada trecho n

## LOCALIZAÇÃO E ÁREAS DE BACIAS DE DRENAGEM

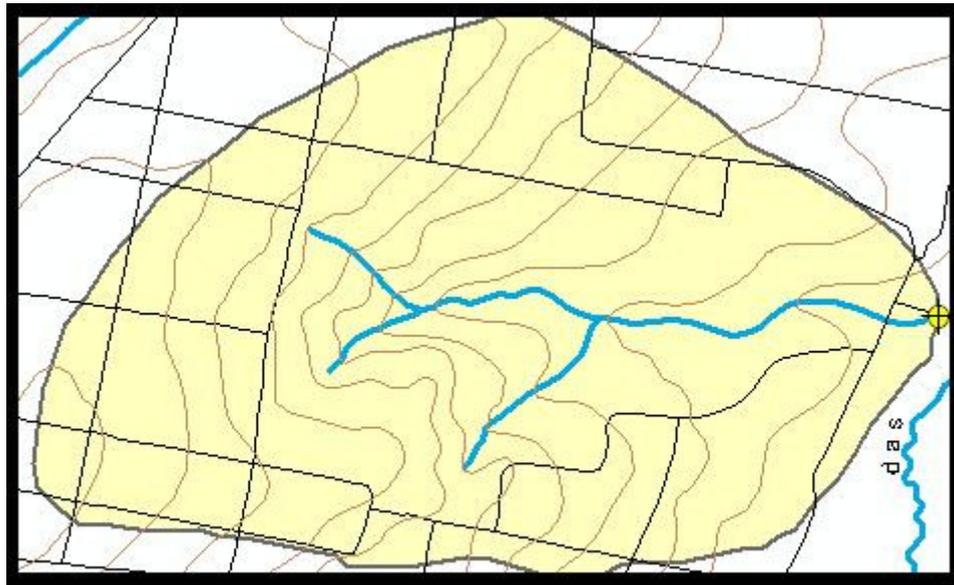
Localização geral das travessias - pontes



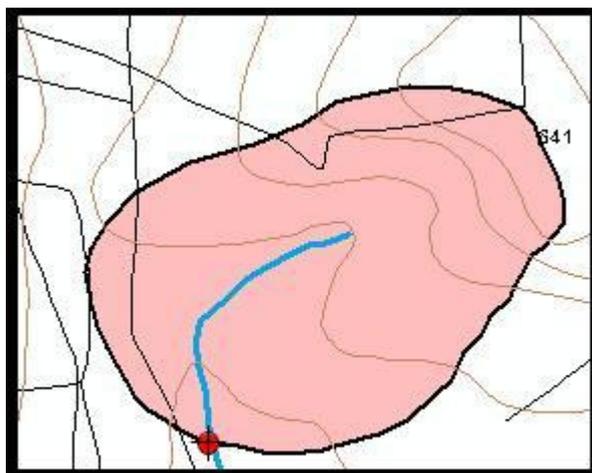


**Travessia 01**

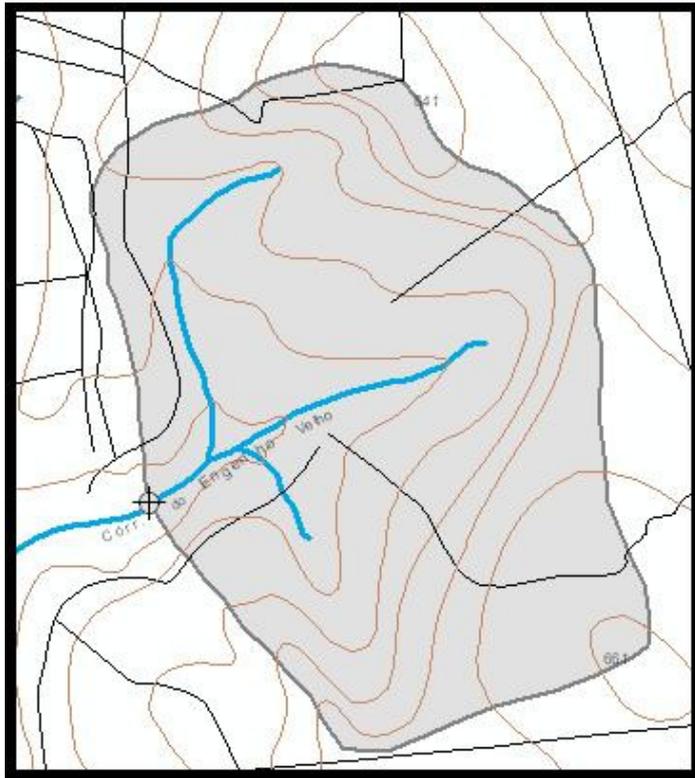
**Área de Drenagem: 221,558 Km<sup>2</sup>**



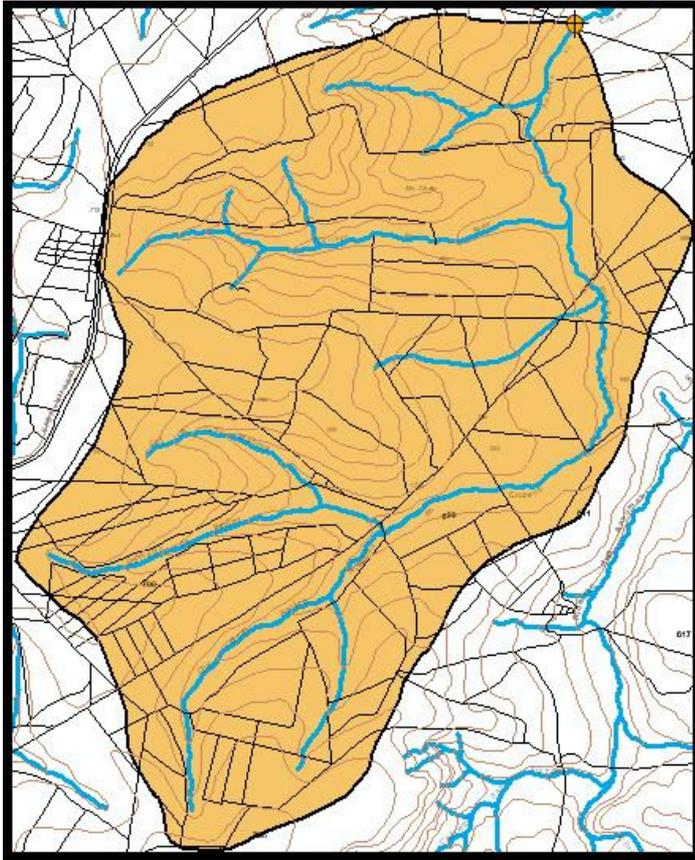
**Travessia 02**  
**Área de Drenagem: 3,95 Km<sup>2</sup>**



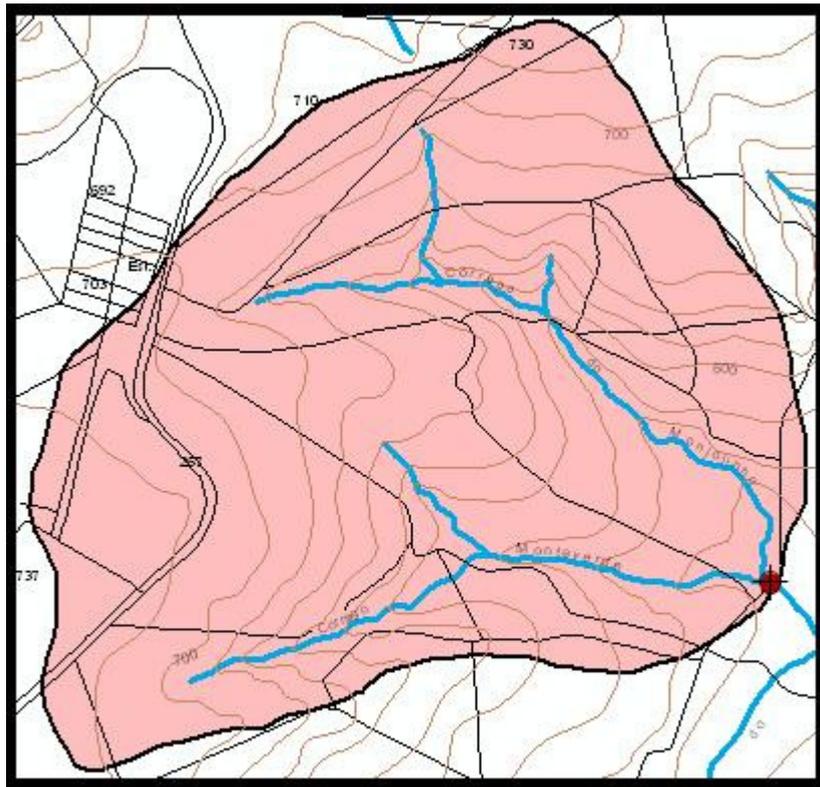
**Travessia 03**  
**Área de Drenagem: 1,64 Km<sup>2</sup>**



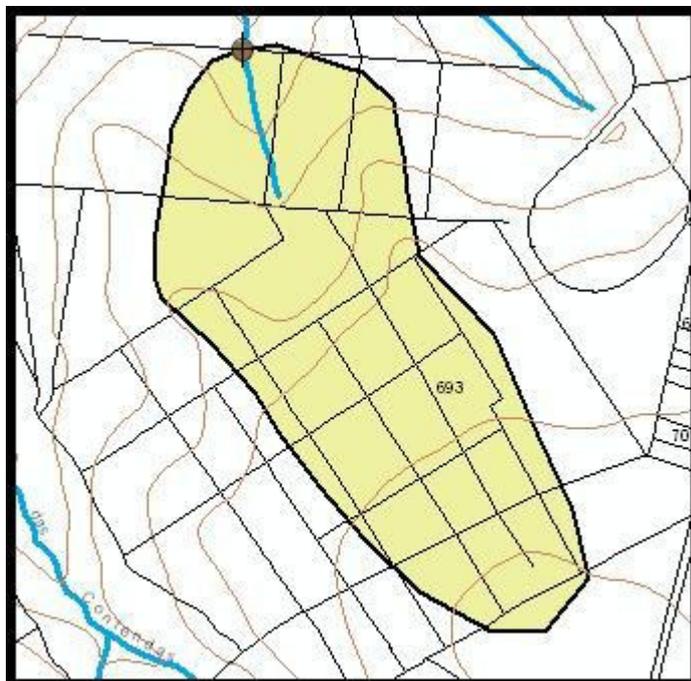
**Traversia 04**  
**Área de Drenagem: 6,94 Km<sup>2</sup>**



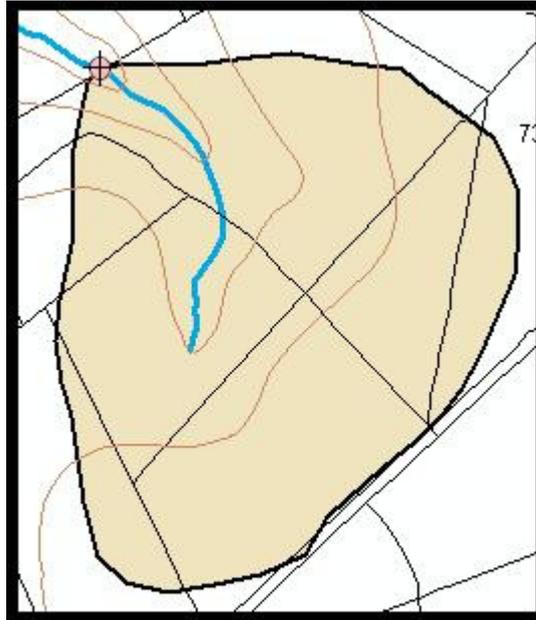
Travessia 05  
Área de Drenagem:46,62



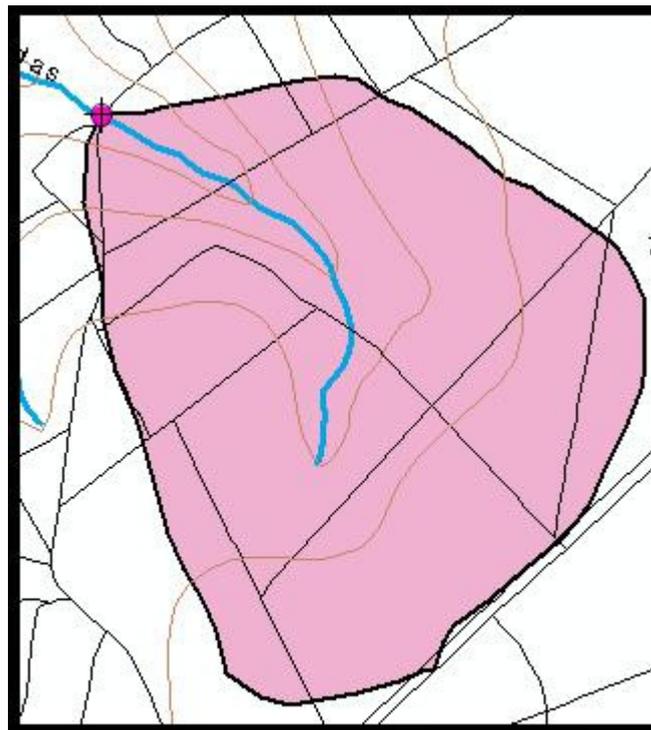
**Travessia 06**  
**Área de Drenagem: 10,9 Km<sup>2</sup>**



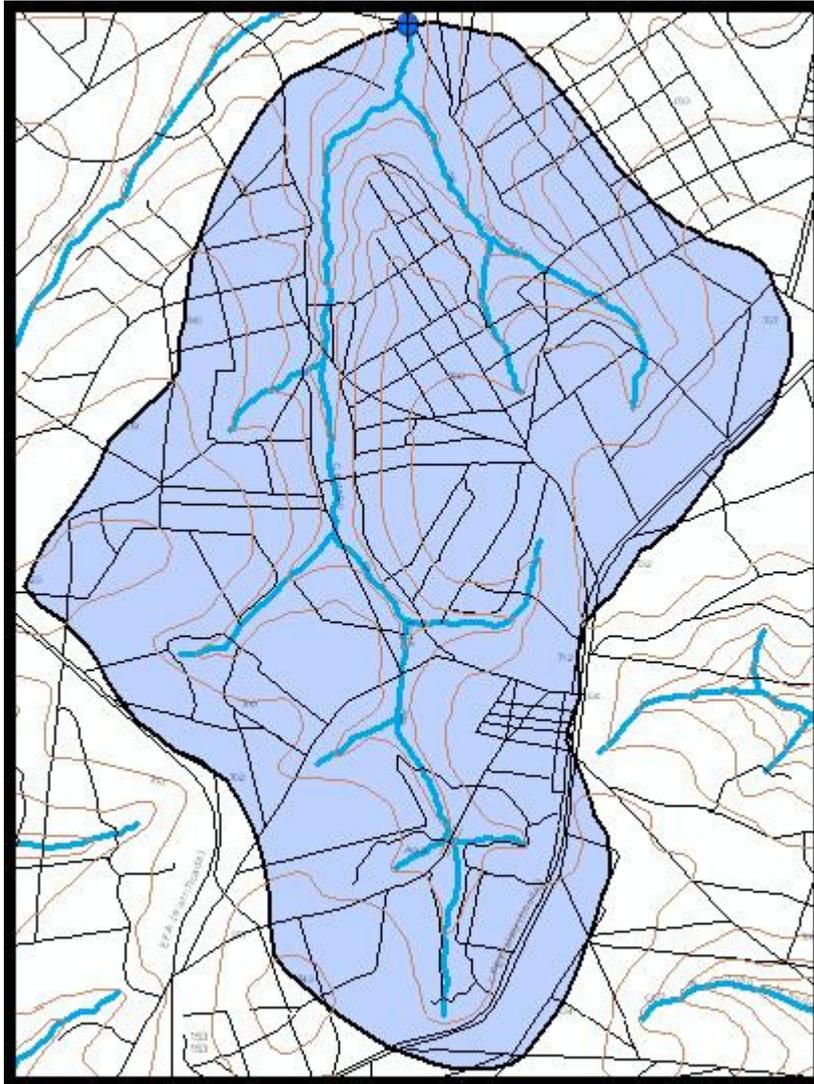
**Travessia 07**  
**Área de Drenagem: 2,67 Km<sup>2</sup>**



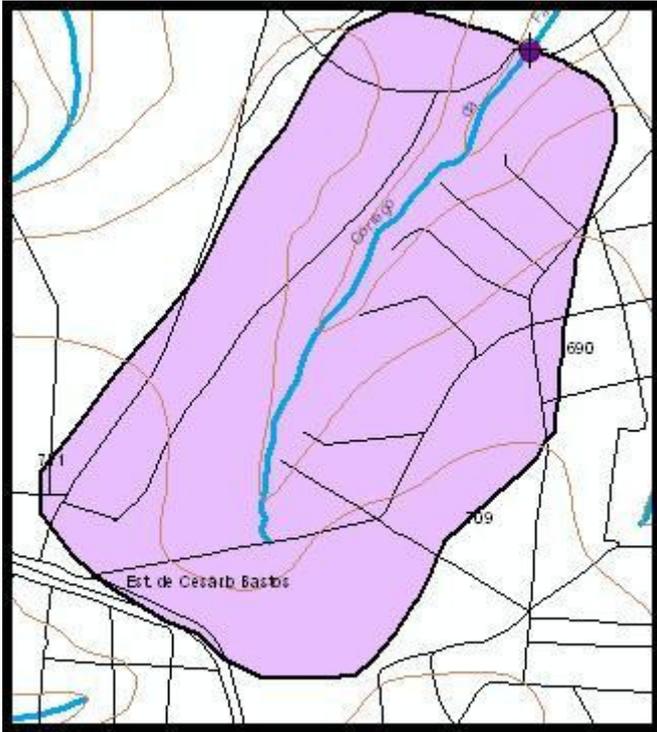
**Travessia 08**  
**Área de Drenagem: 1,92 Km<sup>2</sup>**



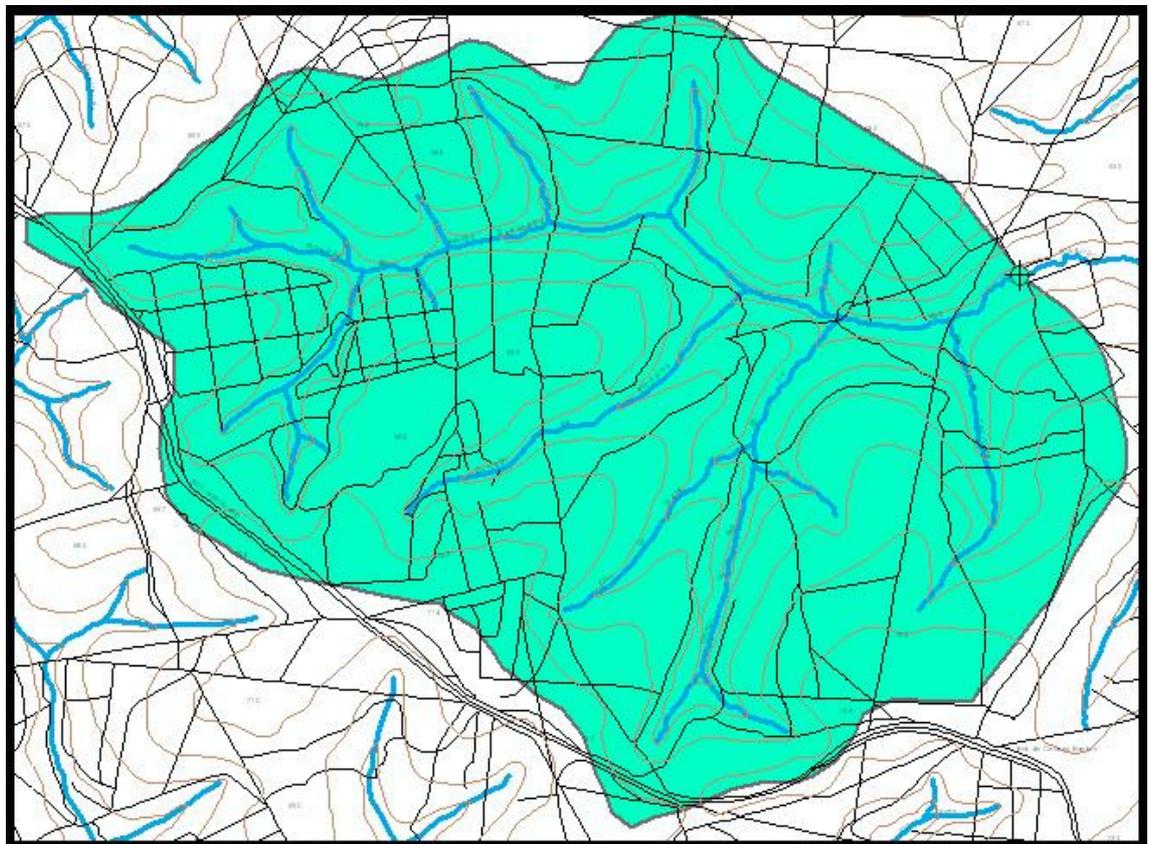
**Travessia 09**  
**Área de Drenagem: 2,5 Km<sup>2</sup>**



**Travessia 10**  
**Área de Drenagem: 28,72 Km<sup>2</sup>**



**Travessia 11**  
**Área de Drenagem: 5,62 Km<sup>2</sup>**



**Travessia 12**  
**Área de Drenagem: 10,233 Km<sup>2</sup>**

## PLANILHAS DE CÁLCULO HIDROLÓGICO

ESTUDO HIDROLOGICO					
Método I-PAI-WU					
<b>1. Informações do empreendimento</b>					
Nome do usuário	TRAVESSIA 01				
Local	SANTA LUCIA				
Identificação	TRAVESSIA				
<b>2. Informações da Bacia</b>					
Nome do córrego					
Coordenadas da seção	7.601,913 <b>Km N</b>				
	808,681 <b>Km E</b>				
	51 <b>MC</b>				
Área da bacia (A)	221,558 Km²				
Comprimento do leito principal (L)	16,013 Km				
Diferença de nível (D)	205 m				
Declividade média (S)	9,26 m/Km				
Coefficiente de forma da bacia (F)	0,95				
F = (0,886 * (L / A <sup>0,5</sup> ))					
Coefficiente C1 = 4/(2+F)	1,36				
Coefficiente C2 (Ádotado)	0,25				
Coefficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	0,19				
Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
730	X	X	X	X	X
720	10	228	0,044	0,21	1074,39
700	20	218	0,092	0,30	719,73
680	20	376	0,053	0,23	1630,30
660	20	1177	0,017	0,13	9029,21
640	20	1120	0,018	0,13	8381,31
620	20	441	0,045	0,21	2070,82
600	20	2978	0,007	0,08	36338,92
580	20	2300	0,009	0,09	24664,75
560	20	3047	0,007	0,08	37609,16
540	20	2330	0,009	0,09	25148,89
525	15	1800	0,008	0,09	19718,01
<b>Somatória</b>	<b>205</b>	<b>16013,00</b>			<b>166385,51</b>
<b>3. Condições da chuva de projeto</b>					
Tempo de retorno (TR)	* 100 <b>anos</b>				
Tempo de concentração da bacia (tc)					
tc = 57 * ((L <sup>2</sup> ) / S) <sup>0,385</sup> =	* 204,71 <b>minutos</b>				
Chuva crítica de projeto	36,8 <b>mm/h</b>				
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	0,88				
Vazão máxima			Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) =	218,60 <b>m³/s</b>	
Q = 0,278 * C * i * A * 0,9 * K			Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) =	240,46 <b>m³/s</b>	

## ESTUDO HIDROLOGICO

Método I-PAI-WU

### 1. Informações do empreendimento

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 02</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 02</b>

### 2. Informações da Bacia

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.601,813 <b>Km N</b>
	808,417 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	3,95 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	3,303 Km
Diferença de nível (D)	192 m
Declividade média (S)	36,03 m/Km
Coefficiente de forma da bacia (F) $F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	1,47
Coefficiente C1 = $4/(2+F)$	1,15
Coefficiente C2 (Adotado)	0,25
Coefficiente C = $(2/(1+F)) * (C2/C1)$	0,18

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
727	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
720	7	227	0,031	0,18	1292,68
700	20	287	0,070	0,26	1087,20
680	20	214	0,093	0,31	700,01
660	20	195	0,103	0,32	608,89
640	20	144	0,139	0,37	386,39
620	20	108	0,185	0,43	250,97
600	20	171	0,117	0,34	500,01
580	20	200	0,100	0,32	632,46
560	20	609	0,033	0,18	3360,55
540	20	665	0,030	0,17	3834,58
535	5	483	0,010	0,10	4747,18
<b>Somatória</b>	<b>192</b>	<b>3303,00</b>			<b>17400,91</b>

### 3. Condições da chuva de projeto

Tempo de retorno (TR)	*	100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc) $t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385}$	*	35,98 minutos
Chuva crítica de projeto		118,7 <b>mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)		0,99
Vazão máxima $Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	$Q_{máx.} = (Q_b) =$	19,75 m <sup>3</sup> /s
	$Q_{máx.} = (Q_p) =$	21,73 m <sup>3</sup> /s

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método Racional

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 03</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 03</b>

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	<b>7.602,209 Km N</b>
	<b>814,492 Km E</b>
	<b>51 MC</b>
Área da bacia (A)	<b>1,64 Km²</b>
Comprimento do leito principal (L)	<b>1,87 Km</b>
Diferença de nível (D)	<b>86 m</b>
Declividade média (S)	<b>25,52 m/Km</b>
Coefficiente C (Adotado)	<b>0,25</b>

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
641	X	X	X	X	X
640	1	170	0,008	0,08	2216,53
620	20	107	0,187	0,43	247,49
600	20	163	0,123	0,35	465,34
580	20	320	0,063	0,25	1280,00
560	20	802	0,025	0,16	5078,63
555	5	308	0,016	0,13	2417,36
<b>Somatória</b>	<b>86</b>	<b>1870,00</b>			<b>11705,34</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	<b>100 anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)	
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	<b>26,52 minutos</b>
Chuva crítica de projeto	<b>139 mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	<b>0,99</b>
Vazão máxima $Q = 166,67 * C * i * A * D$	<b>15,70 m³/s</b>
$Q_{máx.} = (Q_b) =$	

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método I-PAI-WU

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	TRAVESSIA 04
Local	SANTA LUCIA
Identificação	TRAVESSIA 04

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.601,274 <b>Km N</b>
	814,321 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	6,94 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	3,112 Km
Diferença de nível (D)	126 m
Declividade média (S)	18,44 m/Km
Coefficiente de forma da bacia (F)	1,05
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coefficiente C1 = 4/(2+F)	1,31
Coefficiente C2 (Adotado)	0,25
Coefficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	0,19

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
661	X	X	X	X	X
660	1	267	0,004	0,06	4362,82
640	20	559	0,036	0,19	2955,31
620	20	240	0,083	0,29	831,38
600	20	216	0,093	0,30	709,85
580	20	114	0,175	0,42	272,17
560	20	258	0,078	0,28	926,65
540	20	769	0,026	0,16	4768,42
535	5	689	0,007	0,09	8088,05
<b>Somatória</b>	<b>126</b>	<b>3112,00</b>			<b>22914,65</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	*	100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)		
$tc = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	*	44,48 minutos
Chuva crítica de projeto		106,9 <b>mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)		0,99
Vazão máxima	Qmáx. = (Qb) =	31,29 m <sup>3</sup> /s
$Q = 0,278 * C * i * A * 0,9 * K$	Qmáx. = (Qp) =	34,41 m <sup>3</sup> /s

## ESTUDO HIDROLOGICO

Método I-PAI-WU

### 1. Informações do empreendimento

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 05</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 05</b>

### 2. Informações da Bacia

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.597,064 <b>Km N</b>
	805,195 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	46,62 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	13,23 Km
Diferença de nível (D)	191 m
Declividade média (S)	7,88 m/Km
Coeficiente de forma da bacia (F)	1,72
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coeficiente C1 = 4/(2+F)	1,08
Coeficiente C2 (Adotado)	0,25
Coeficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	0,17

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
726	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
720	6	128	0,047	0,22	591,21
700	20	256	0,078	0,28	915,89
680	20	233	0,086	0,29	795,28
660	20	648	0,031	0,18	3688,48
640	20	1138	0,018	0,13	8584,17
620	20	1031	0,019	0,14	7402,41
600	20	854	0,023	0,15	5580,48
580	20	3199	0,006	0,08	40458,18
560	20	3732	0,005	0,07	50979,72
540	20	433	0,046	0,21	2014,73
535	5	1578	0,003	0,06	28033,38
<b>Somatória</b>	<b>191</b>	<b>13230,00</b>			<b>149043,94</b>

### 3. Condições da chuva de projeto

Tempo de retorno (TR)	*	100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)		
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	*	188,07 minutos
Chuva crítica de projeto		39,5 <b>mm/h</b>
Coeficiente de dispersão de chuva (K)		0,96
Vazão máxima	$Q_{máx.} = (Q_b) =$	57,22 m <sup>3</sup> /s
$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	$Q_{máx.} = (Q_p) =$	62,94 m <sup>3</sup> /s

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método I-PAI-WU

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 06</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 06</b>

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	<b>7.597,570 Km N</b>
	<b>805 Km E</b>
	<b>51 MC</b>
Área da bacia (A)	<b>10,9 Km²</b>
Comprimento do leito principal (L)	<b>5,539 Km</b>
Diferença de nível (D)	<b>202 m</b>
Declividade média (S)	<b>28,85 m/Km</b>
Coefficiente de forma da bacia (F)	<b>1,49</b>
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coefficiente C1 = 4/(2+F)	<b>1,15</b>
Coefficiente C2 (Adotado)	<b>0,25</b>
Coefficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	<b>0,18</b>

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
737	X	X	X	X	X
720	17	708	0,024	0,15	4569,04
700	20	567	0,035	0,19	3018,98
680	20	437	0,046	0,21	2042,71
660	20	248	0,081	0,28	873,30
640	20	448	0,045	0,21	2120,32
620	20	329	0,061	0,25	1334,38
600	20	362	0,055	0,24	1540,10
580	20	416	0,048	0,22	1897,25
560	20	724	0,028	0,17	4356,05
540	20	681	0,029	0,17	3973,80
535	5	619	0,008	0,09	6887,33
<b>Somatória</b>	<b>202</b>	<b>5539,00</b>			<b>32613,26</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	*	<b>100 anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)		
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	*	<b>58,37 minutos</b>
Chuva crítica de projeto		<b>91,8 mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)		<b>0,98</b>
Vazão máxima	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) =	<b>37,61 m³/s</b>
$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) =	<b>41,37 m³/s</b>

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método I-PAI-WU

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 07</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 07</b>

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.600,856 <b>Km N</b>
	799,658 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	2,67 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	3,011 Km
Diferença de nível (D)	120 m
Declividade média (S)	34,09 m/Km
Coefficiente de forma da bacia (F)	1,63
F = (0,886 * (L / A <sup>0,5</sup> ))	
Coefficiente C1 = 4/(2+F)	1,10
Coefficiente C2 (Adotado)	0,25
Coefficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	0,17

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (mlm)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
725	X	X	X	X	X
720	5	361	0,014	0,12	3067,44
700	20	585	0,034	0,18	3163,87
680	20	638	0,031	0,18	3603,43
660	20	212	0,034	0,31	690,22
640	20	499	0,040	0,20	2492,50
620	20	336	0,060	0,24	1377,19
605	15	380	0,039	0,20	1912,62
<b>Somatória</b>	<b>120</b>	<b>3011,00</b>			<b>16307,28</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	* 100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)	
tc = 57 * ((L <sup>2</sup> ) / S) <sup>0,385</sup> =	* 34,23 minutos
Chuva crítica de projeto	122,2 <b>mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	0,99
Vazão máxima	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) = 14,04 m <sup>3</sup> /s
Q = 0,278 * C * i * A <sup>0,9</sup> * K	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) = 15,45 m <sup>3</sup> /s

Página 1

## ESTUDO HIDROLOGICO

Método Racional

### 1. Informações do empreendimento

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 08</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 08</b>

### 2. Informações da Bacia

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	<b>7.597,793 Km N</b>
	<b>799,905 Km E</b>
	<b>51 MC</b>
Área da bacia (A)	<b>1,92 Km<sup>2</sup></b>
Comprimento do leito principal (L)	1,848 Km
Diferença de nível (D)	73 m
Declividade média (S)	35,11 m/Km
Coefficiente C (Adotado)	0,25

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
730	X	X	X	X	X
720	10	450	0,022	0,15	3018,69
700	20	315	0,063	0,25	1250,12
680	20	637	0,031	0,18	3594,96
660	20	354	0,056	0,24	1489,33
657	3	92	0,033	0,18	509,47
<b>Somatória</b>	<b>73</b>	1848,00			9862,57

### 3. Condições da chuva de projeto

Tempo de retorno (TR)	<b>100 anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)	
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	23,24 minutos
Chuva crítica de projeto	<b>146,9 mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	0,99
Vazão máxima	19,42 m <sup>3</sup> /s
$Q = 166,67 * C * i * A * D$	$Q_{máx.} = (Q_b) =$

## ESTUDO HIDROLOGICO

Método I-PAI-WU

### 1. Informações do empreendimento

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 09</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 09</b>

### 2. Informações da Bacia

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.597,997 <b>Km N</b>
	799,464 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	2,5 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	2,301 Km
Diferença de nível (D)	80 m
Declividade média (S)	29,59 m/Km
Coeficiente de forma da bacia (F)	1,29
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coeficiente C1 = 4/(2+F)	1,22
Coeficiente C2 (Adotado)	0,25
Coeficiente C = (2/(1+F))*(C2/C1)	0,18

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
730	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
720	10	450	0,022	0,15	3018,69
700	20	315	0,063	0,25	1250,12
680	20	637	0,031	0,18	3594,96
660	20	354	0,056	0,24	1489,33
650	10	545	0,018	0,14	4023,41
<b>Somatória</b>	<b>80</b>	<b>2301,00</b>			<b>13376,51</b>

### 3. Condições da chuva de projeto

Tempo de retorno (TR)	*	100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)		
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	*	29,39 minutos
Chuva crítica de projeto		132,1 <b>mm/h</b>
Coeficiente de dispersão de chuva (K)		0,99
Vazão máxima	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) =	14,89 m <sup>3</sup> /s
$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) =	16,38 m <sup>3</sup> /s

Página 1

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método I-PAI-WU

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 10</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 10</b>

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	<b>7.599,955 Km N</b>
	<b>798,389 Km E</b>
	<b>51 MC</b>
Área da bacia (A)	<b>28,72 Km²</b>
Comprimento do leito principal (L)	<b>8,945 Km</b>
Diferença de nível (D)	<b>161 m</b>
Declividade média (S)	<b>15,26 m/Km</b>
Coefficiente de forma da bacia (F)	<b>1,48</b>
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coefficiente C1 = $4/(2+F)$	<b>1,15</b>
Coefficiente C2 (Adotado)	<b>0,25</b>
Coefficiente C = $(2/(1+F))*(C2/C1)$	<b>0,18</b>

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
743	X	X	X	X	X
740	3	189	0,016	0,13	1500,14
720	20	620	0,032	0,18	3452,01
700	20	363	0,055	0,23	1546,48
680	20	600	0,033	0,18	3286,34
660	20	1538	0,013	0,11	13487,13
640	20	1890	0,011	0,10	18372,90
620	20	1264	0,016	0,13	10048,60
600	20	939	0,021	0,15	6434,03
582	18	1542	0,012	0,11	14272,18
<b>Somatória</b>	<b>161</b>	<b>8945,00</b>			<b>72399,82</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	* <b>100 anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)	
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385}$	* <b>107,86 minutos</b>
Chuva crítica de projeto	<b>63,6 mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	<b>0,93</b>
Vazão máxima	<b>59,21 m³/s</b>
$Q = 0,278 * C * i * A * 0,9 * K$	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) =
	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) = <b>65,13 m³/s</b>

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
Método I-PAI-WU

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	<b>TRAVESSIA 11</b>
Local	<b>SANTA LUCIA</b>
Identificação	<b>TRAVESSIA 11</b>

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	<b>7.599,081 Km N</b>
	<b>796,461 Km E</b>
	<b>51 MC</b>
Área da bacia (A)	<b>5,62 Km²</b>
Comprimento do leito principal (L)	<b>3,585 Km</b>
Diferença de nível (D)	<b>81 m</b>
Declividade média (S)	<b>20,66 m/Km</b>
Coefficiente de forma da bacia (F)	<b>1,34</b>
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coefficiente C1 = $4/(2+F)$	<b>1,20</b>
Coefficiente C2 (Adotado)	<b>0,25</b>
Coefficiente C = $(2/(1+F))*(C2/C1)$	<b>0,18</b>

Cotas (m)	$\Delta H$ (m)	L (m)	i (m/m)	$i^{0,5}$	$L / i^{0,5}$
711	X	X	X	X	X
700	11	527	0,021	0,14	3647,70
680	20	404	0,050	0,22	1815,75
660	20	882	0,023	0,15	5857,17
640	20	1165	0,017	0,13	8891,48
630	10	607	0,016	0,13	4729,15
<b>Somatória</b>	<b>81</b>	<b>3585,00</b>			<b>24941,25</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	*	<b>100 anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)		
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	*	<b>47,48 minutos</b>
Chuva crítica de projeto		<b>103,2 mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)		<b>0,98</b>
Vazão máxima	$Q_{m\acute{a}x.} = (Q_b) =$	<b>23,72 m³/s</b>
$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	$Q_{m\acute{a}x.} = (Q_p) =$	<b>26,09 m³/s</b>

**ESTUDO HIDROLOGICO**  
**Método I-PAI-WU**

**1. Informações do empreendimento**

Nome do usuário	TRAVESSIA 12
Local	SANTA LUCIA
Identificação	TRAVESSIA 12

**2. Informações da Bacia**

Nome do córrego	
Coordenadas da seção	7.601,267 <b>Km N</b>
	794,521 <b>Km E</b>
	51 <b>MC</b>
Área da bacia (A)	55,5 Km <sup>2</sup>
Comprimento do leito principal (L)	10,233 Km
Diferença de nível (D)	164 m
Declividade média (S)	8,53 m/Km
Coefficiente de forma da bacia (F)	1,22
$F = (0,886 * (L / A^{0,5}))$	
Coefficiente C1 = $4/(2 * F)$	1,24
Coefficiente C2 (Adotado)	0,25
Coefficiente C = $(2/(1 * F)) * (C2 / C1)$	0,18

Cotas (m)	ΔH (m)	L (m)	i (m/m)	i <sup>0,5</sup>	L / i <sup>0,5</sup>
749	X	X	X	X	X
700	49	515	0,095	0,31	1669,60
680	20	495	0,040	0,20	2462,59
660	20	460	0,043	0,21	2206,08
640	20	914	0,022	0,15	6178,80
620	20	1890	0,011	0,10	18372,90
600	20	2595	0,008	0,09	29553,09
585	15	3364	0,004	0,07	50377,70
<b>Somatória</b>	<b>164</b>	<b>10233,00</b>			<b>110826,77</b>

**3. Condições da chuva de projeto**

Tempo de retorno (TR)	* 100 <b>anos</b>
Tempo de concentração da bacia (tc)	
$t_c = 57 * ((L^2) / S)^{0,385} =$	* 149,71 minutos
Chuva crítica de projeto	47,9 <b>mm/h</b>
Coefficiente de dispersão de chuva (K)	0,93
Vazão máxima	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>b</sub> ) = 83,39 m <sup>3</sup> /s
$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K$	Q <sub>máx.</sub> = (Q <sub>p</sub> ) = 91,73 m <sup>3</sup> /s

## PLANILHAS DE CÁLCULO HIDRÁULICO

### DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 01:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 30,00 metros;

Altura = 2,50 metros

Lâmina d'água máxima = 1,94 m;

Borda Livre = 0,56 metros.

Rugosidade - n (mixto)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,033
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,94
Larg. Fundo	30,00
Area molhada	58,29
Larg. Superior	30,00
Velocidade média	4,12
vazão	%240,46
Froude	0,94
Declividade fundo	0,00926

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 02:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Tubulação existente;

Uma linha de tubo circular em concreto com diâmetro de 1,20 metros

Rugosidade - n	0,018
Lâmina	0,984
Diâmetro	1,200
Area molhada	0,99
Larg. topo	0,92
Velocidade média	1,70
vazão	1,692
Froude	0,52
Declividade fundo	0,0036

OBS: Seção insuficiente, proposta instalação de linha de concreto celular com seção de 3,0 \* 3,0 metros

Seção quadrada

Largura = 3,00 metros;

Altura = 3,00 metros

Lâmina d'água máxima = 2,31 m;

Borda Livre = 0,99 metros.

Rugosidade - n	0,018
Decl. Talude	0,00
Lâmina	2,31
Larg. Fundo	3,00
Area molhada	6,94

Larg. Superior	3,00
Velocidade média	3,13
vazão	21,73
Froude	0,66
Declividade fundo	0,00360

### DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 03:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
 Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
 Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, sobre pilares de alvenaria e concreto armado;

Seção retangular

Largura = 4,00 metros;

Altura = 3,50 metros

Lâmina d'água máxima = 2,84 m;

Borda Livre = 0,66 metros.

Rugosidade - n (mixto)	
0,018 concreto	
0,035 alvenaria	0,0029
Decl. Talude	0,00
Lâmina	2,84
Larg. Fundo	4,00
Area molhada	11,36
Larg. Superior	4,00
Velocidade média	1,91
vazão	21,73
Froude	0,36
Declividade fundo	0,00252

OBS: Ponte é suficiente, não haverá necessidade de readequação.

#### DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 04:

#### VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 5,00 metros;

Altura = 4,00 metros

Lâmina d'água máxima = 3,36 m;

Borda Livre = 0,64 metros.

Rugosidade - n (mixto)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,027
Decl. Talude	0,00
Lâmina	3,36
Larg. Fundo	5,00
Area molhada	16,78
Larg. Superior	5,00
Velocidade média	2,05
vazão	34,41
Froude	0,36
Declividade fundo	0,00184

OBS: A tubulação existente no local é precária, está em situação de desmoronamento, trabalha totalmente afogada e sem borda livre. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 05:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 7,00 metros;

Altura = 3,00 metros

Lâmina d'água máxima = 2,36 m;

Borda Livre = 0,64 metros.

Rugosidade - n (mixto)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,029
Decl. Talude	0,00
Lâmina	2,36
Larg. Fundo	7,00
Area molhada	16,55
Larg. Superior	7,00
Velocidade média	3,80
vazão	62,94
Froude	0,79
Declividade fundo	0,00788

OBS: A tubulação existente no local (duas linhas em seção ovóide de 1,20 metros, em concreto) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 06:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 5,00 metros;

Altura = 2,00 metros

Lâmina d'água máxima = 1,51m;

Borda Livre = 0,49 metros.

Rugosidade - n (mixto)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,030
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,51
Larg. Fundo	5,00
Area molhada	7,55
Larg. Superior	5,00
Velocidade média	5,48
vazão	41,37
Froude	1,42
Declividade fundo	0,02885

OBS: A estrutura existente no local (ponte em toras de madeira) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 07:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 3,00 metros;

Altura = 2,00 metros

Lâmina d'água máxima = 1,10 m;

Borda Livre = 0,90 metros.

Rugosidade - n (mista)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,029
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,10
Larg. Fundo	3,00
Area molhada	3,29
Larg. Superior	3,00
Velocidade média	4,69
vazão	15,45
Froude	1,43
Declividade fundo	0,03409

OBS: A estrutura existente no local (ponte em tora de madeira apoiada em alvenaria) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas, juntamente com pedras de mão para diminuir a velocidade no local.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 08:

### VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 3,00 metros;

Altura = 2,00 metros

Lâmina d'água máxima = 1,27 m;

Borda Livre = 0,63 metros.

Rugosidade - n (mista)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,029
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,27
Larg. Fundo	3,00
Area molhada	3,80
Larg. Superior	3,00
Velocidade média	5,11
vazão	19,42
Froude	0,03511
Declividade fundo	0,03409

OBS: A estrutura existente no local (ponte em tora de madeira apoiada em madeira) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas, juntamente com pedras de mão para diminuir a velocidade no local.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 09:

### VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 3,00 metros;

Altura = 2,00 metros

Lâmina d'água máxima = 1,20 m;

Borda Livre = 0,80 metros.

Rugosidade - n (mista)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,029
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,20
Larg. Fundo	3,00
Area molhada	3,59
Larg. Superior	3,00
Velocidade média	4,56
vazão	16,38
Froude	1,33
Declividade fundo	0,0295

OBS: A estrutura existente no local (tubulação em concreto com diâmetro de 0,60 metros) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas, juntamente com pedras de mão para diminuir a velocidade no local.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 10:

### VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, apoiada em alvenaria e concreto;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 5,00 metros;

Altura = 3,20 metros

Lâmina d'água máxima = 2,68 m;

Borda Livre = 0,52 metros.

Rugosidade - n (mista)	
0,025 alvenaria	
0,035 gabiões	0,030
Decl. Talude	0,00
Lâmina	2,68
Larg. Fundo	5,00
Area molhada	13,42
Larg. Superior	5,00
Velocidade média	4,85
vazão	65,13
Froude	0,95
Declividade fundo	0,01526

OBS: A estrutura existente no local (ponte em madeira apoiada em alvenaria e concreto) é suficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta apenas a instalação de pedras de mão para diminuir a velocidade no local.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 11:

VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO  
Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH  
Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em estrutura metálica, pilares em toras de madeira;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 4,00 metros;

Altura = 2,20 metros

Lâmina d'água máxima = 1,69 m;

Borda Livre = 0,052 metros.

Rugosidade - n	0,035
Decl. Talude	0,00
Lâmina	1,69
Larg. Fundo	4,00
Area molhada	6374
Larg. Superior	4,00
Velocidade média	3,87
vazão	26,09
Froude	0,95
Declividade fundo	0,02066

OBS: A estrutura existente no local é suficiente para o escoamento da vazão máxima.

## DIMENSIONAMENTO TRAVESSIA 12:

### VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ESCOAMENTO

Software " Canais3" - Centro Tecnológico de Hidráulica -CTH

Equação de Manning:  $Q = 1/n * A * Rh^{2/3} * i^{0,5}$

Ponte em madeira, pilares em concreto armado e proteções em gabião;

Seção retangular em terreno natural:

Largura = 10,00 metros;

Altura = 3,00 metros

Lâmina d'água máxima = 2,27 m;

Borda Livre = 0,63 metros.

Rugosidade - n (mista)	
0,018 concreto	
0,035 gabiões	0,031
Decl. Talude	0,00
Lâmina	2,27
Larg. Fundo	10,00
Area molhada	22,68
Larg. Superior	10,00
Velocidade média	4,04
vazão	91,73
Froude	0,00853
Declividade fundo	0,03409

OBS: A estrutura existente no local (ponte em tora de madeira apoiada em alvenaria) é insuficiente para o escoamento da vazão máxima. Deverá ser proposta a instalação de uma ponte no local com as dimensões acima calculadas, juntamente com pedras de mão para diminuir a velocidade no local.

**ANEXO I – Planta com a localização das travessias na área rural**