

ANEXO 5 – RELATÓRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DE VERIFICAÇÃO DE UM BARRAMENTO DE TERRA EXISTENTE EM CURSO D'ÁGUA.

**RELATÓRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS E
HIDRÁULICOS DE VERIFICAÇÃO DE UM BARRAMENTO
DE TERRA EXISTENTE EM CURSO D'ÁGUA**

PROPRIETÁRIO:

MARPI EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA

CNPJ 51.866.515/0001-00

EMPREENDIMENTO:

LOTEAMENTO RESIDENCIAL HARAS PATENTE

LOCAL:

**RODOVIA SP 340, KM 125, HARAS PATENTE,
BAIRRO TANQUINHO VELHO, MUNICÍPIO
DE JAGUARÍUNA/SP**

RECURSO HÍDRICO:

**AFLUENTE SEM NOME PELA MARGEM ESQUERDA DO RIO JAGUARI,
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA,
PERTENCENTE À UGRHI N° 05.**

RESPONSÁVEL TÉCNICO

**ENG. MAIRA MARIA TAMBORIM GALENI
CREA/ SP N°: 506.233.113.0
ART N° 92221220150649264**

MAIO/2.015

SUMÁRIO

	Página
1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	2
2.1 - CÁLCULO DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS	2
2.1.1 - METODOLOGIA DE CÁLCULO	2
2.1.2 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL	3
2.1.3 - ÁREA DE DRENAGEM	3
2.1.4 - VAZÃO MÉDIA PLURIANUAL	3
2.1.5 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL - $Q_{30,10}$	4
2.1.6 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL - $Q_{7,10}$	5
2.1.7 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL - Q_{95}	5
2.1.8 - RESULTADOS OBTIDOS VAZÃO MÉDIA E MÍNIMA	6
2.2 - CÁLCULO DAS VAZÕES MÁXIMAS	6
2.2.1 - ÁREA DE DRENAGEM	7
2.2.2 - PERÍODO DE RETORNO DA CHUVA DE PROJETO	7
2.2.3 - DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE	7
2.2.4 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	9
2.2.5 - CHUVA DE PROJETO	9
2.2.6 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE ESCOAMENTO (C_2)	10
2.2.7 - FATOR DE FORMA DA BACIA (K)	11
2.2.8 - COEFICIENTE DE FORMA (C_1)	11
2.2.9 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE ESCOAMENTO (C)	12
2.2.10 - COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA (K)	12
2.2.11 - VAZÃO MÁXIMA DE CHEIA	13
2.2.12 - VOLUME DE CHEIA	13
3.0 - ESTUDOS HIDRÁULICOS	14
3.1 - VERIFICAÇÃO DO VERTEDOR DE SUPERFÍCIE	14
3.2 - DIMENSIONAMENTO DO DEGRAU DISSIPADOR DE ENERGIA	20
3.3 - VERIFICAÇÃO DESCARREGADOR DE FUNDO	22
4.0 - FOTOS DO LOCAL	23
5.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	26

1.0 – INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos e hidráulicos para regularização de outorga de direito de uso e interferências de recursos hídricos para um barramento de terra existente no afluente sem nome do Rio Jaguari, situado na área do Loteamento Residencial Haras Patente, no município de Jaguariúna/SP.

O empreendimento é possuidor do Certificado de Aprovação de Projeto Habitacional do GRAPROHAB, expedido sob nº 175/2010, de 29/06/2.010 e da Outorga de Implantação de Empreendimento com Utilização de Recursos Hídricos, através do Despacho do Superintendente do DAEE, publicado no DOE – Diário Oficial do Estado de 30/10/2.010, aprovando os estudos apresentados insertos no Autos DAEE nº 9809105, o proprietário vem neste momento solicitar a Outorga de Direito de Uso e Interferências de Recursos Hídricos para um barramento de terra, para fins de paisagismo e lazer, em atendimento a legislação, portarias e normas vigentes do DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

MARPI EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA, cadastrada no CNPJ sob nº 51.866.515/0001-00, sediada na Rodovia SP 340 (Campinas a Mogi Mirim), Km 125, Bairro Tanquinho Velho, CEP 13.820-000, município de Jaguariúna/SP, é o proprietário e requerente junto ao DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica.

Conforme folha Bairro Tanquinho Velho, nomenclatura SF-23-Y-A-V-2-SE-F, articulação 072/099, na escala 1:10.000, edição de 1.979, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), têm-se para o ponto da barragem no eixo do curso d'água, as seguintes coordenadas UTM, com Meridiano Central de 45°:

SEÇÃO	CURSO D'ÁGUA	FINALIDADE	COORDENADAS UTM (Mc. 45°)	
			Km N	Km E
BARRAMENTO BA-01	ASN – RIO JAGUARI	PAISAGISMO	7.487,14	291,71

2.0 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

A metodologia de cálculo adotada é a apresentada pelo Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo (DAEE-1994); do Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas (DAEE-2005) e pela Instrução DPO nº 02, de 30/07/2007, que estabelece critérios para a elaboração de estudos hidrológicos de interferências nos recursos hídricos superficiais referentes à verificação de obras existentes e a serem implantadas.

2.1 – CÁLCULO DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS

Apesar de não haver pretensões de captação de água no reservatório da barragem, para conhecimento da vazão mínima a ser mantida para escoamento a jusante da mesma através do descarregador de fundo serão a seguir apresentado os cálculos para determinação das vazões mínimas e médias para o período de recorrência de 10 anos, através do método do “Estudo de Regionalização de Variáveis Hidrológicas”, desenvolvidos pelo DAEE.

2.1.1 - METODOLOGIA DE CÁLCULO

A metodologia adotada está apresentada na Revista Águas e Energia Elétrica, Ano 05 - nº 14, 1988, referente à regionalização hidrológica do Estado de São Paulo e no Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, DAEE, 1994.

2.1.2 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL

O total anual médio de precipitação na bacia hidrográfica (Pm), baseado em cartas de isoietas da região – (DAEE), é:

$$Pm = 1.339,5 \text{ mm / ano}$$

2.1.3 - ÁREA DE DRENAGEM

Para determinação da área de contribuição (bacia hidrográfica) foi utilizada como base cartográfica as Cartas do "IGC" disponíveis para o local, através da Folha Bairro Tanquinho Velho, nomenclatura SF-23-Y-A-V-2-SE-F, articulação 072/099, edição de 1.979, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), na escala 1:10.000, obtendo-se através da planimetria da Carta, o seguinte resultado:

SEÇÃO	FINALIDADE	ÁREA DE DRENAGEM (Km ²)
BARRAMENTO BA-01	PAISAGISMO	2,09

2.1.4 - VAZÃO MÉDIA PLURIANUAL

A vazão média específica é calculada pela expressão:

$$Q'm = a + (b \times Pm)$$

Onde a e b são parâmetros regionais, conforme publicações mencionadas:

Região: N a = - 26,23 b = 0,0278

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS:

$$Q'm = - 26,23 + (0,0278 \times 1.339,5) = 11,01 \text{ l/s}$$

SEÇÃO	Q'm (l/s)	Q'm (m ³ /s)	Q'm (m ³ /h)
BARRAMENTO BA-01	11,01	0,011	39,63

Desta forma, a Vazão Média Plurianual será :

$$Q_m = Q'_m \times A.D$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS:

$$Q_m = 11,01 \text{ l/s} \times 2,09 \text{ Km}^2 = 23,01 \text{ l/s}$$

SEÇÃO	Q_m (l/s)	Q_m (m³/s)	Q_m (m³/h)
BARRAMENTO BA-01	23,01	0,02301	82,84

2.1.5 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL $Q_{(30,10)}$

A vazão mínima natural para um mês de duração e período de retorno de 10 anos é calculada pela expressão:

$$Q_{(30,10)} = X_{10} \times Q_m \times (A + B \times d)$$

Onde:

$$\begin{aligned} X_{10} &= 0,689 & Q_m &= \text{vazão média em m}^3/\text{s} \\ A &= 0,4119 & B &= 0,0295 \\ d &= 1,0 \text{ mês de duração} \end{aligned}$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS:

$$Q_{(30,10)} = 0,689 \times 23,01 \times (0,4119 + 0,0295 \times 1) = 7,00 \text{ l/s}$$

SEÇÃO	$Q_{(30,10)}$ (l/s)	$Q_{(30,10)}$ (m³/s)	$Q_{(30,10)}$ (m³/h)
BARRAMENTO BA-01	7,00	0,007	25,19



2.1.6 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL $Q_{(7,10)}$

Calcula-se a vazão mínima média natural de sete dias consecutivos para período de retorno de dez anos através da expressão:

$$Q_{(7,10)} = Q_{(30,10)} \times C$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS:

$$Q_{(7,10)} = 7,00 \times 0,80 = 5,60 \text{ l/s}$$

SEÇÃO	$Q_{(7,10)}$ (l/s)	$Q_{(7,10)}$ (m³/s)	$Q_{(7,10)}$ (m³/h)
BARRAMENTO BA-01	5,60	0,0056	20,16

Conforme Carta de Regiões Hidrológicas Semelhantes quanto aos Parâmetros, nas publicações já mencionadas, têm-se a barragem na região Y (Coeficiente $C = 0,80$).

2.1.7 - VAZÃO MÍNIMA NATURAL PARA 95% DE PERMANÊNCIA (Q_{95})

A vazão Q_{95} , para 95% de permanência, é obtida multiplicando-se o valor do parâmetro $q_{95} = 0,363$, tabelado nas citadas publicações, pela vazão média plurianual Q_m :

$$Q_{(95)} = q_{95} \times Q_m$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS:

$$Q_{(95\%)} = 0,363 \times 23,01 = 8,35 \text{ l/s}$$

SEÇÃO	$Q_{(95)}$ (l/s)	$Q_{(95)}$ (m³/s)	$Q_{(95)}$ (m³/h)
BARRAMENTO BA-01	8,35	0,00835	30,07

2.1.8 - RESULTADOS OBTIDOS PARA VAZÃO MÉDIA E MÍNIMA:

Na tabela abaixo, é apresentado os resultados obtidos no estudo de regionalização de variáveis hidrológicas, para a seção do barramento:

SEÇÃO	A D (Km ²)	Q _m (m ³ /h)	Q _{30,10} (m ³ /h)	Q ₉₅ (m ³ /h)	Q _{7,10} (m ³ /h)
BARRAMENTO BA-01	2,09	82,84	25,19	30,07	20,16

É importante citar que estas vazões são naturais e que deverá ser mantido uma vazão mínima igual a 100 % do Q_{7,10} para a jusante do barramento, sem alterar o fluxo natural de escoamento do curso d'água.

2.2 – CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA DE CHEIA

Para o cálculo da vazão de cheia foi utilizado o método proposto de I-PAI-WU recomendado para bacias com área de drenagem entre 2,00 Km² e 200,0 Km², considerado adequado ao porte da bacia contribuinte a seção do barramento.

O método de I-PAI-WU é um aprimoramento do método Racional, largamente utilizado pelos meios técnicos em suas diversas áreas de aplicações.

A equação utilizada neste método para determinação da chuva excedente é a seguinte:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times AD^{0,9} \times K$$

Onde:

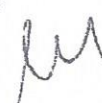
Q = vazão de cheia, em m³/s

C = coeficiente de escoamento superficial

i = intensidade da chuva, em mm/h

AD = área da bacia de contribuição, em Km²

K = Coeficiente de dispersão da chuva



2.2.1 - ÁREA DE DRENAGEM

Para determinação da área de contribuição (bacia hidrográfica) foi utilizada como base cartográfica as Cartas do "IGC" disponíveis para o local, através da Folha Bairro Tanquinho Velho, nomenclatura SF-23-Y-A-V-2-SE-F, articulação 072/099, edição de 1.979, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), na escala 1:10.000, obtendo-se através da planimetria da Carta, o seguinte resultado:

SEÇÃO	FINALIDADE	ÁREA DE DRENAGEM (Km ²)
BARRAMENTO BA-01	PAISAGISMO	2,09

2.2.2 - PERÍODO DE RETORNO DA CHUVA DE PROJETO

Para o cálculo da chuva de projeto, utilizou-se Período de Retorno (T) igual a 500 anos, em conformidade com os critérios para elaboração de estudos hidrológicos e hidráulicos, referentes a projetos de obras a serem instaladas e à verificação de obras existentes sujeitas a outorga, estabelecidos pelo DAEE:

SEÇÃO	PERÍODO DE RETORNO (anos)
BARRAMENTO BA-01	500

2.2.3 - DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE

A declividade equivalente do talvegue foi calculada com base no levantamento de cotas e distâncias, medidas nas Cartas do IGC, na escala 1:10.000 e considerando desde o divisor de águas mais a montante até a seção do barramento, conforme resultados abaixo:

SEÇÃO	TALVEGUE (Km)	COTA DO TALVEGUE (m)	DECLIVIDADE EQUIVALENTE (m/m)
BARRAMENTO BA-01	1.5	COTA FINAL = 612,00 COTA INICIAL = 565,00	0,02529

Para avaliar a declividade equivalente do talvegue, dividiu-se o talvegue em trechos, nos pontos cortados pelas curvas de níveis, avaliou-se a cota do ponto, a diferença de altura entre os pontos e calculou-se a declividade para cada trecho através da média, pela seguinte equação:

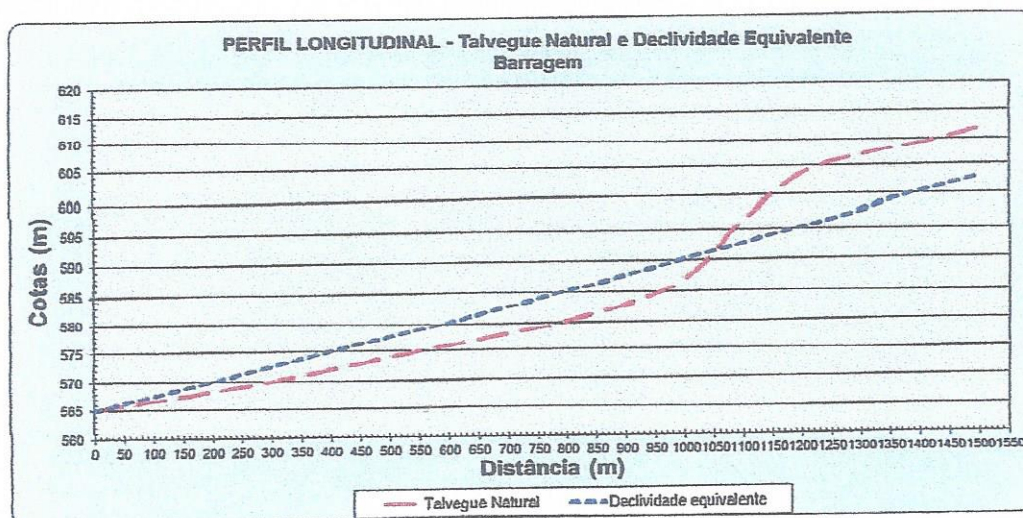
$$I_{eq} = \frac{L}{L1/\sqrt{j1} + L2/\sqrt{j2} + L3/\sqrt{j3} \dots \dots \sqrt{jn}}$$

Onde L é a soma dos trechos L_n e j_n é a inclinação média de cada trecho.

A planilha abaixo apresenta os cálculos para determinação da declividade equivalente e o perfil longitudinal do talvegue na seção do barramento:

Altitude (m)	Desnível (m)	Desnível acumulado (m)	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Declividade Do Trecho (m/m)	$L/i^{0.5}$	Cota equivalente
565,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	565,00
570,00	5,00	5,00	299,22	299,22	0,0167	2314,73	572,58
575,00	5,00	10,00	251,00	550,22	0,0199	1778,38	578,94
580,00	5,00	15,00	238,04	788,26	0,0210	1642,44	584,97
585,00	5,00	20,00	171,37	959,63	0,0292	1003,27	589,31
590,00	5,00	25,00	77,85	1037,48	0,0642	307,19	591,28
595,00	5,00	30,00	43,38	1080,86	0,1153	127,78	592,38
600,00	5,00	35,00	64,87	1145,73	0,0771	233,66	594,02
605,00	5,00	40,00	84,34	1230,07	0,0593	346,39	596,16
610,00	5,00	45,00	200,29	1430,36	0,0250	1267,66	601,23
612,00	2,00	47,00	69,64	1500,00	0,0287	410,94	602,93
Totais	47		1.500			9.432,44	

Comprimento do Talvegue "L"=	1500 m	1,5 Km
Declividade Equivalente =	0,02529 m/m	25,29 m/Km



2.2.4 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração da bacia hidrográfica de contribuição foi estimado através da expressão de cálculo de Kirpich, dada por:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

Onde:

L = comprimento do talvegue, em km;

S = Declividade equivalente do talvegue, em m/km, e,

t_c = tempo de concentração, em minutos.

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$t_c = 57 \times (1,5^2 / 25,29)^{0,385}$$

$$t_c = 22,46 \text{ minutos}$$

SEÇÃO	DECLIVIDADE EQUIV. "S" (m/Km)	COMPRIMENTO TALVEGUE "L" (Km)	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO " t_c "	
			(min)	(h)
BARRAMENTO BA-01	25,29	1,50	22,46	0,37

2.2.5 - CHUVA DE PROJETO

Para cálculo da precipitação intensa para a enchente crítica foi utilizada a equação da chuva para a cidade de Campinas/SP, proposta por Dirceu Brasil Vieira, dada pela expressão:

$$I = 2.524,86 \cdot T_r^{0,1359} / (t + 20)^k$$

Onde:

I = intensidade de chuva em mm/h

t = duração da chuva em minutos = t_c - tempo de concentração

T_r = período de retorno em anos

$$k = 0,9483 \cdot T_r^{-0,007}$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$I = 2.524,86 \cdot T_r^{0,1359} / (t + 20)^k$$

$$I = 2.524,86 \cdot 500^{0,1359} / (22,46 + 20)^{0,9486} 100^{-0,007}$$

$$I_{500} = 195,21 \text{ mm/hora}$$

SEÇÃO	INTENSIDADE DA CHUVA PARA T=500 ANOS (mm/hora)
BARRAMENTO BA-01	195,21

2.2.6 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO ESCOAMENTO (C₂)

Para a determinação do coeficiente de escoamento superficial "C₂" a ser utilizado para o cálculo da vazão de cheia através do método de I-PAI-WU, foi adotado em função do tipo e ocupação do solo da bacia hidrográfica, **considerando a urbanização futura da bacia de contribuição**, conforme valores preconizados na publicação Handbook of Applied Hydrology, de Vem Te Chow.

GRAU DE IMPERMEABILIDADE	COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE ESCOAMENTO	COMPOSIÇÃO DA OCUPAÇÃO	COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE ESCOAMENTO MÉDIO (C ₂)
BAIXO	0,30	30 %	0,50
MÉDIO	0,50	50 %	
ALTO	0,80	20 %	

2.2.7 – FATOR DE FORMA DA BACIA (F)

Para determinar o fator de forma da bacia hidrográfica, que indica a taxa de alongamento da bacia, utilizou-se a formula:

$$F = L / 2 \cdot (AD/\pi)^{0,5}$$

Onde:

L = comprimento do talvegue em Km

AD = área da bacia de contribuição em Km²

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$F = 1,5 / 2 \times (2,09 / 3,1416)^{0,5}$$

$$F = 0,92$$

SEÇÃO	FATOR DE FORMA DA BACIA (F)
BARRAMENTO BA-01	0,92

2.2.8 - COEFICIENTE DE FORMA C₁

O cálculo do coeficiente de forma da bacia é dado pela seguinte expressão:

$$C_1 = \frac{4}{2 + F}$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$C_1 = 4 / 2 + 0,92$$

$$C_1 = 1,370$$

SEÇÃO	COEFICIENTE DE FORMA (C ₁)
BARRAMENTO BA-01	1,370

2.2.9 - COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL "C"

O coeficiente de escoamento superficial na seção das travessias é calculado pela seguinte expressão:

$$C = \frac{2}{1 + F} \cdot \frac{C_2}{C_1}$$

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$C = 2 / 1 + 0,92 \times 0,50 / 1,37$$

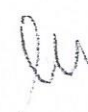
$$C = 0,38$$

SEÇÃO	COEFICIENTE DE FORMA (C.MÉDIO)
BARRAMENTO BA-01	0,38

2.2.10 - COEFICIENTE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA (K)

Para avaliação da distribuição da chuva de projeto pela área da bacia na seção das travessias, relativamente à chuva calculada no ponto de máxima intensidade, utilizou-se os gráficos apresentados por Ven Te Chow em "Handbook of Applied Hydrology" para determinar o coeficiente de dispersão K.

SEÇÃO	COEFICIENTE DISTRIBUIÇÃO (K)
BARRAMENTO BA-01	0,95



2.2.11 - VAZÃO MÁXIMA DE CHEIA (I-PAI-WU)

Para determinação da vazão máxima de cheia com período de retorno de 500 anos na seção da travessia, foi calculado através do método de I-PAI-WU, dada pela equação:

$$\text{I-PAI-WU: } Q = 0,2778 \cdot C \cdot i \cdot AD^{0,9} \cdot K \cdot Q_{\text{base}}$$

Onde:

Q = vazão de cheia, em m^3/s

C = coeficiente de escoamento superficial

i = intensidade da chuva, em mm/h

AD = área da bacia de contribuição, em Km^2

Q_{base} = Vazão de base (10% sobre a vazão de cheia)

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$Q = 0,2778 \times 0,38 \times 195,91 \times 2,09^{0,9} \times 0,95 \times 1,10$$

$$Q_{\text{500-ANOS}} = 32,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

SEÇÃO	A.D. (Km^2)	C	I (mm/h)	K	VAZÃO T=500 ANOS (m^3/s)
BA-01	2,09	0,38	195,21	0,95	41,81

2.2.12 - VOLUME DE CHEIA

Admitindo-se, por simplicidade de cálculo, que o hidrograma de cheia tem forma triangular, com tempo de base igual a três vezes o tempo de concentração da bacia, estima-se o volume da onda de cheia, através da expressão:

$$\text{Vol}_{\text{cheia}} = 1,5 Q \times t_c$$

Onde:

Vol_{cheia} = volume do hidrograma de cheia, em m^3 ;

Q = vazão de pico do hidrograma triangular de cheia, em m^3/s ;

t_c = tempo de concentração da bacia, em segundos.

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

$$V_{CHEIA} = 1,5 \times 41,81 \times 13476$$

$$V_{CHEIA} = 84.515 \text{ m}^3$$

SEÇÃO	VOLUME DE CHEIA $Q_{500ANOS}$ (m^3)
BARRAMENTO BA-01	84.515

3.0 – ESTUDOS HIDRÁULICOS

Para o barramento existente construído a bastante tempo, verificou-se que o mesmo não dispõe de estruturas de descargas que atendam as normas e instruções técnicas recomendadas pelo DAEE, portanto nos itens a seguir são propostos a instalação de um vertedor de superfície em seção retangular de bloco de concreto de soleira espessa, sem contrações, que atenda a vazão de cheia para o período de retorno de 500 anos e de um descarregador de fundo tipo “monge” para garantir a passagem da vazão mínima igual a $Q_{7,10}$ em épocas de estiagem.

3.1 - VERIFICAÇÃO DO VERTEDOR DE SUPERFÍCIE

Para a verificação do dimensionamento do vertedor de superfície da barragem, foi considerado o amortecimento de cheia nos respectivos reservatórios e desprezando a vazão de descarga pelo descarregador de fundo.

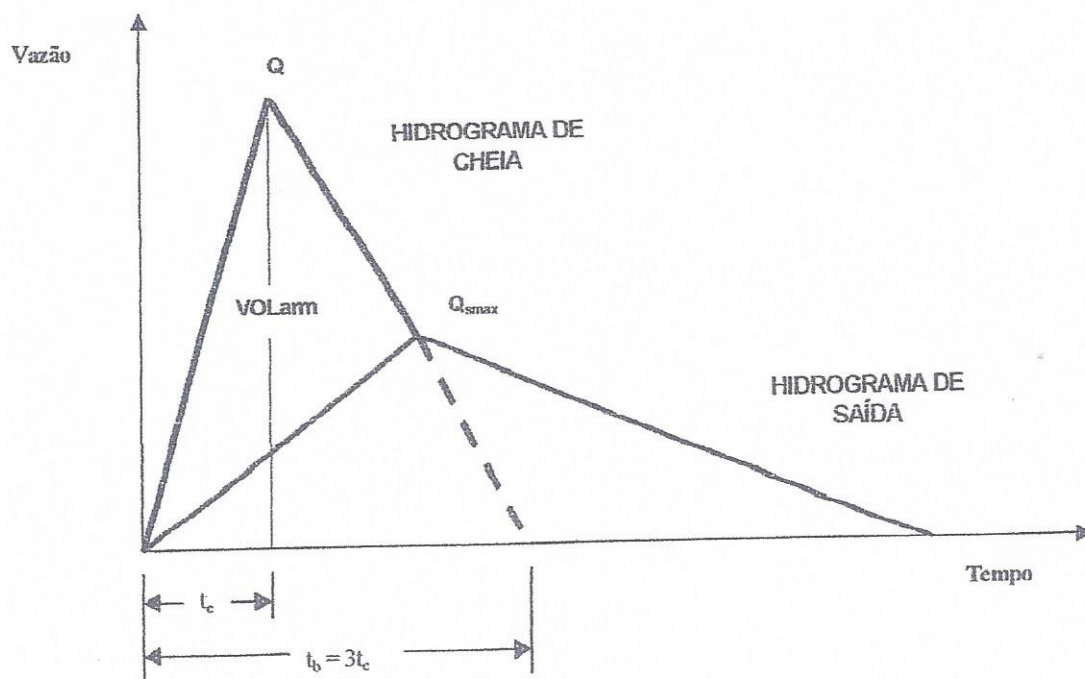
Para a barragem foi analisada a cheia de 500 anos de período de retorno, para a duração igual ao tempo de concentração, quando ocorre o pico da vazão e foi adotado $t_c = 22,46$ minutos.

A equação de descarga do vertedor é dada, pela expressão:

$$Q_s = C.L.H^{1.5}$$

Onde: Q_s = vazão de descarga do vertedor;
 C = coeficiente de descarga do vertedor;
 L = soma da largura útil do vertedor;
 H = elevação do nível d'água no reservatório.

A metodologia de cálculo adotada considera os hidrogramas de cheias como sendo triangulares.



Com base no esquema acima, pode-se escrever que:

$$Vol_{arm} = 3. (Q - Q_{s_{max}}). tc/2$$

Onde:

Q = vazão de pico do hidrograma triangular de cheia;

$Q_{s_{max}}$ = máxima vazão de saída pelos vertedores;

Vol_{arm} = volume da cheia armazenada nos reservatórios;

tc = tempo de concentração da bacia.

Portanto, tomando-se as equações acima e fixado a elevação do nível máximo d'água no reservatório com $h = 1,50$, é possível calcular a largura útil necessária para o vertedor de superfície, sendo que o resultado final está apresentado a seguir.

BARRAMENTO BA - 01

$$Q_{SAIDA_500ANOS} = Q_{PROJETO_500\ ANOS} - (A \times h / 90 \times tc.)$$

$$Q_{SAIDA_500ANOS} = Q_{PROJETO_500ANOS} - (10.514,93 \times 1,50 / 90 \times 22,46)$$

$$Q_{SAIDA_100ANOS} = 41,81 - 7,81$$

$$Q_{SAIDA_500ANOS} = 34,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q ENTRADA 500 ANOS (m ³ /s)	VAZÃO AMORTECIDA (m ³ /s)	Q SAÍDA 500 ANOS APÓS AMORTECIMENTO (m ³ /s)
41,81	7,80	34,00

Para o dimensionamento do vertedor de superfície da barragem, foi considerado a vazão de saída pelo vertedor após o amortecimento da onda de cheia de 500 anos de período de retorno e desprezando a descarga pelo descarregador de fundo.

$$Q_{SAIDA_PELO_VERTEDOR_APÓS_AMORTECIMENTO} (T = 500 \text{ anos}) = 34,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

O vertedor de superfície da barragem a ser instalado foi considerado e dimensionado como sendo retangular de bloco de concreto com parede espessa, sem contrações, com coeficiente de descarga $C = 1,55$.



A vazão descarregada pelo vertedor da barragem segue por canal em bloco de concreto retangular e de mesma largura do vertedor, seguido por um canal rápido até a bacia de dissipação. Para proteção do leito do canal de restituição deverá ser colocado enrocamento de pedras por uma extensão de 10,00 m.

A equação de descarga para o vertedor de superfície é dada, pela expressão:

$$Q_s = C \cdot L \cdot H^{1,5}$$

Onde:

Q_s = vazão de descarga pelo vertedor após o amortecimento no reservatório;

C = coeficiente de descarga do vertedor;

L = largura útil do vertedor;

H = elevação do nível d'água no reservatório.

Portanto, tomando-se a equação acima e fixado a elevação do nível máximo d'água de 1,50 m no reservatório para a cheia com período de retorno de 100 anos, é possível calcular a largura útil necessária para o vertedor de superfície a ser instalado na barragem.

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS :

PARA T = 500 ANOS

$$Q_s = C \times L \times H^{1,5}$$

$$34,00 = 1,55 \times L \times 1,50^{1,5}$$

$$34,00 = 1,55 \times L \times 1,8371$$

$$34,00 = 2,8475 \times L$$

Então:

$$L = 34,00 / 2,8475$$

$$L = 11,94 \text{ m (T = 500 ANOS)}$$

(adotado a largura útil do vertedor com 12,00 metros)

Para o barramento deverá ser instalado um vertedor com 12,00 m de comprimento com capacidade de escoamento da vazão de cheia após o amortecimento no reservatório, para o período de retorno de 500 anos igual a 34,00 m³/s, mantendo-se uma borda livre de 0,60 m.

Q CHEIA (T=500ANOS) (m³/s)	Q AMORTECIDA NO RESERVATÓRIO (m³/s)	Q SAÍDA(T=500ANOS) PELO VERTEDOR APÓS AMORTECIMENTO (m³/s)	Largura útil do vertedor (m)
41,81	7,81	34,00	12,00

Q SAÍDA 500 ANOS PELO VERTEDOR APÓS AMORTECIMENTO (m³/s)	Largura útil do vertedor (m)	NA NORMAL (m)	NA MAXIMO (m)	Cota de Coroamento do Maciço (m)	Borda Livre maciço (m)
34,00	12,00	568,40	569,90	570,50	0,60

Portanto, com a adoção do vertedor com 12,00 m de largura, a lâmina d'água normal na soleira do vertedor corresponderá a cota 568,40 m e a lâmina d'água máxima para um evento de cheia de 500 anos de período de retorno na cota 569,90 m, mantendo-se uma borda livre de 0,60 m para a crista do maciço regularizada na cota 570,50 m.

- Os serviços de recuperação do maciço e construção das estruturas de descargas deverão ser executados por empresa particular especializada.
- Os trabalhos deverão ter o acompanhamento técnico da equipe de topografia, que deverá efetuar a locação, indicando ou marcando, conforme for o caso, as cotas finais de instalação das estruturas, bem como todos os demais elementos eventualmente necessários.
- O talude de jusante do maciço da barragem, com inclinação 1,0V:2,5H, deverá ser revestido com grama e o talude de montante, com inclinação 1,0V:3,0H, deverá ser revestido com pedras, colocadas a mãos, de diâmetro maior que 0,30, como proteção contra a ação das ondas - "rip-rap".

- Após a bacia de dissipação, na entrada do canal de restituição, deverá existir um "enrocamento", ou seja, uma camada de pedras com diâmetro maior que 0,30 m para proteção contra erosão provocada pela energia do fluxo d'água.
- Para drenar as águas percoladas através do maciço da barragem e evitar a ocorrência do fenômeno de "piping", deverá ser executado o dreno de pé na face de jusante do maciço da barragem.
- Para evitar percolação de água nas interfaces do maciço de terra com as estruturas de concreto, deverá ser executado colares de concreto ou tijolo envolvendo a tubulação do canal de descarga de fundo e do canal do vertedor.
- A galeria de descarga de fundo da barragem, com comporta tipo "stop-log" (monge), terá o diâmetro interno de 0,80 m, sendo feita de tubos de concreto rejuntados com argamassa de cimento e areia. A capacidade de escoamento dessa galeria é suficiente para escoar a vazão mínima necessária para não interromper o fluxo normal em tempos de estiagem.
- A jusante das estruturas de descarga, tanto da bacia de dissipação do canal do vertedor quanto da galeria de fundo, deverá ser colocado enrocamento de proteção contra a erosão do solo decorrente de energia residual do fluxo d'água.
- Recomenda-se que durante as obras, a construtora estabeleça plano de trabalho para proteger e minimizar os impactos ambientais adversos ao curso d'água, adotando medidas como:
 - realizar, sempre que possível todas as fases de construção em uma só etapa, de modo a reduzir o tempo das obras no local, não alterando as características naturais do curso d'água;
 - inspecionar periodicamente todas as estruturas instaladas, durante e após a construção;
 - remover do leito e da área de várzea do curso d'água todo o material e estruturas relacionados com a construção, após seu término.



3.2 - DIMENSIONAMENTO DO DEGRAU DISSIPADOR DE ENERGIA

Para a dissipação de energia das águas que passará pelo vertedor da barragem, visando a restituição do fluxo d'água ao curso d'água, sem causar erosão do seu leito, adotou-se a utilização de canal de descarga do vertedor em escada, ou seja, a energia do escoamento será dissipada ao longo do canal.

Para a verificação do dimensionamento dos degraus (altura e patamar de jusante), utilizou-se as expressões de cálculo de degraus aerados dadas por Ven Te Chow:

- $Dn = \text{"número de queda"}$

$$Dn = q^2 / (g \times a^3)$$

onde:

q: descarga unitária por unidade de largura do canal (Q/L), adotando-se a largura do canal igual à do vertedor

a: altura do degrau, que por razões de ajuste do canal à topografia local, pode ter, se necessário diferentes valores adotados.

- $L_q = \text{comprimento de queda do jato}$

$$L_q = 4,30 \times Dn^{0,27} \times a$$

- $h_1 = \text{altura d'água no pé da lâmina vertente}$

$$h_1 = 0,54 \times Dn^{0,425} \times a$$

- $h_2 = \text{lâmina d'água a jusante do ressalto}$

$$h_2 = 1,66 \times Dn^{0,27} \times a$$

- $L_r = \text{comprimento do ressalto}$

$$L_r = 6,9 (h_2 - h_1)$$

- $L_t = \text{comprimento do ressalto}$

$$L_t = L_q + L_r$$

Para que não ocorra aderência da veia líquida, que pode causar alteração da vazão, os degraus deverão ser aerados, conforme indicado nos desenhos.

DEGRAUS AERADOS DE VEN TE CHOW BACIA DE DISSIPÇÃO A JUSANTE DO BARRAMENTO								
$Q (m^3/s)$	$L (m)$	$a (m)$	$Lq (m)$	$h1 (m)$	$h2 (m)$	$Lr (m)$	$Lt (m)$	Dn
34,00	12,00	0,25	3,13	0,73	1,21	3,33	6,46	52,37
34,00	12,00	0,50	3,57	0,60	1,38	5,37	8,94	6,55
34,00	12,00	0,60	3,70	0,57	1,43	5,91	9,61	3,79
34,00	12,00	0,70	3,81	0,55	1,47	6,37	10,17	2,39
34,00	12,00	0,80	3,90	0,53	1,51	6,76	10,67	1,60
34,00	12,00	0,90	3,99	0,51	1,54	7,11	11,11	1,12
34,00	12,00	1,00	4,07	0,50	1,57	7,43	11,50	0,82
34,00	12,00	1,20	4,22	0,47	1,63	7,98	12,20	0,47

lu

3.3 - VERIFICAÇÃO DO DESCARREGADOR DE FUNDO

Para dimensionamento do descarregador de fundo tipo “monge”, necessário para garantir o prosseguimento da vazão mínima a jusante da barragem, através de galeria com diâmetro de 0,80 m em tubos de concreto rejuntados com argamassa de cimento e areia, composto por comporta tipo “stop-log” para controle e não interromper o fluxo normal da vazão em tempos de estiagem, apresentamos abaixo os cálculos da verificação da capacidade de escoamento dessa galeria.

O dimensionamento do Descarregador de fundo é calculado pela seguinte fórmula:

$$Q_{\text{Des.fundo}} = cd \times A \times (2 \times g \times h)^{1/2}$$

Onde:

$Q_{\text{Des.fundo}}$ = Vazão do descarregador de fundo em m^3/s

cd = Coef. De descarga = 0,6

A = Área total do tubo = $3,14 \times D^2/4 = 0,502 \text{ m}^2$

g = Aceleração da gravidade = $9,81 \text{ m/s}^2$

h = Altura da lâmina de água acima do tubo = 2,00 m

DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

• Vazão Mínima ($Q_{(7,10)} = 0,0056 \text{ m}^3/\text{s}$)

$$Q_{\text{Des.fundo}} = cd \times A \times (2 \times g \times h)^{1/2}$$

$$Q_{\text{Des.fundo}} = 0,6 \times 0,502 \times (2 \times 9,81 \times 2,00)^{1/2}$$

$$Q_{\text{Des.fundo}} = 1,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Portanto, para o descarregador de fundo tipo “Monge” proposto para o barramento, verifica-se que a galeria em tubos de concreto com diâmetro de 0,80 m, demonstra ser suficiente para veicular a vazão mínima correspondente de $0,0056 \text{ m}^3/\text{s}$, descarregando na bacia de dissipação em enrocamento a jusante do barramento.

4.0 – FOTOS DO LOCAL



Foto 01: Vista do barramento com o maciço tomado pela vegetação;



Foto 02: Vista do maciço da barragem;



Foto 03: Vista do reservatório da barragem;



Foto 04: Vista aproximada do maciço da barragem;



Foto 05: Vista aérea da barragem;

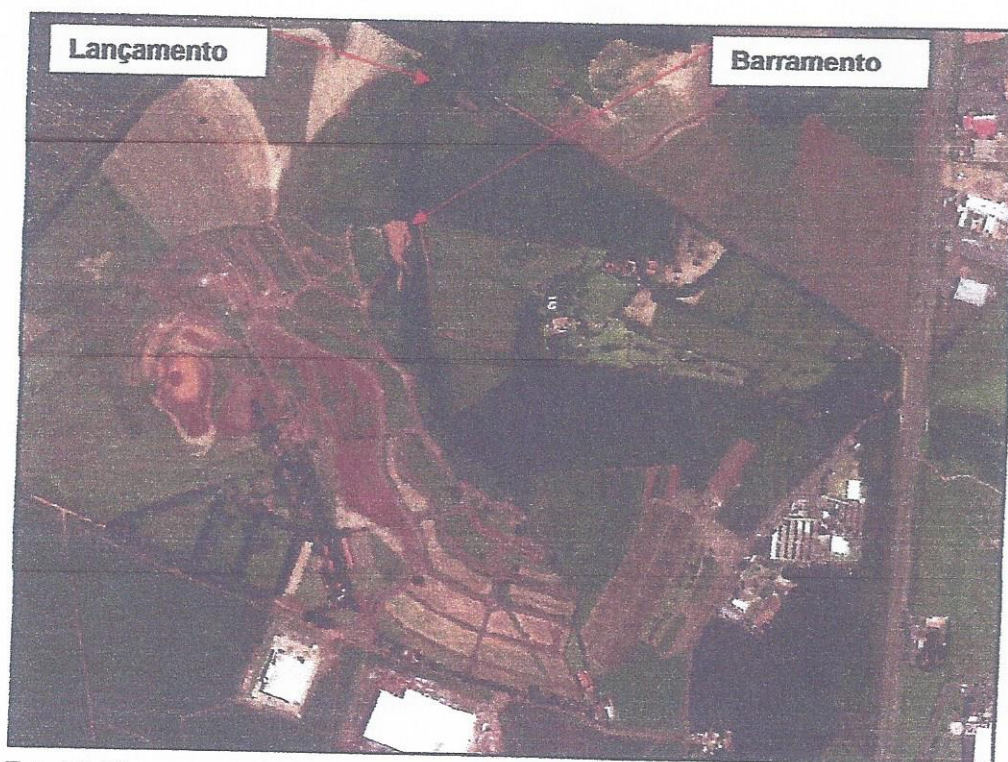


Foto 06: Vista panorâmica da área do loteamento.

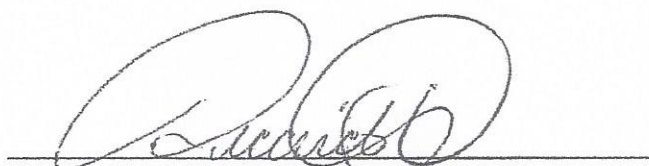
Handwritten signature or mark.

5.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o presente relatório tem como intuito apresentar os elementos técnicos necessários para que o DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica possa analisá-lo e estabelecer as condições de Outorga de Direito de Uso e interferências para regularização de um barramento de terra existente através de adequações de suas estruturas.

Assim, Marpi Empreendimentos e Participações Ltda, através do seu representante legal devidamente qualificado, vem requerer a regularização de Outorga de Direito de Uso e Interferência de Recurso Hídrico, para um barramento de terra existente no imóvel de sua propriedade, localizado nas coordenadas UTM 7.487,14 N e 291,71 E, com Mc. 45°.

Jaguariúna/SP, 22 de maio de 2.015.

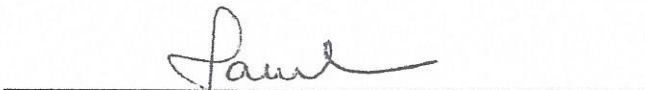


Proprietário/Requerente

Nome: p/p.: Ricardo Camargo Pires

CPF nº 270.704.978-65

RG nº 26.272.512-5 SSP/SP



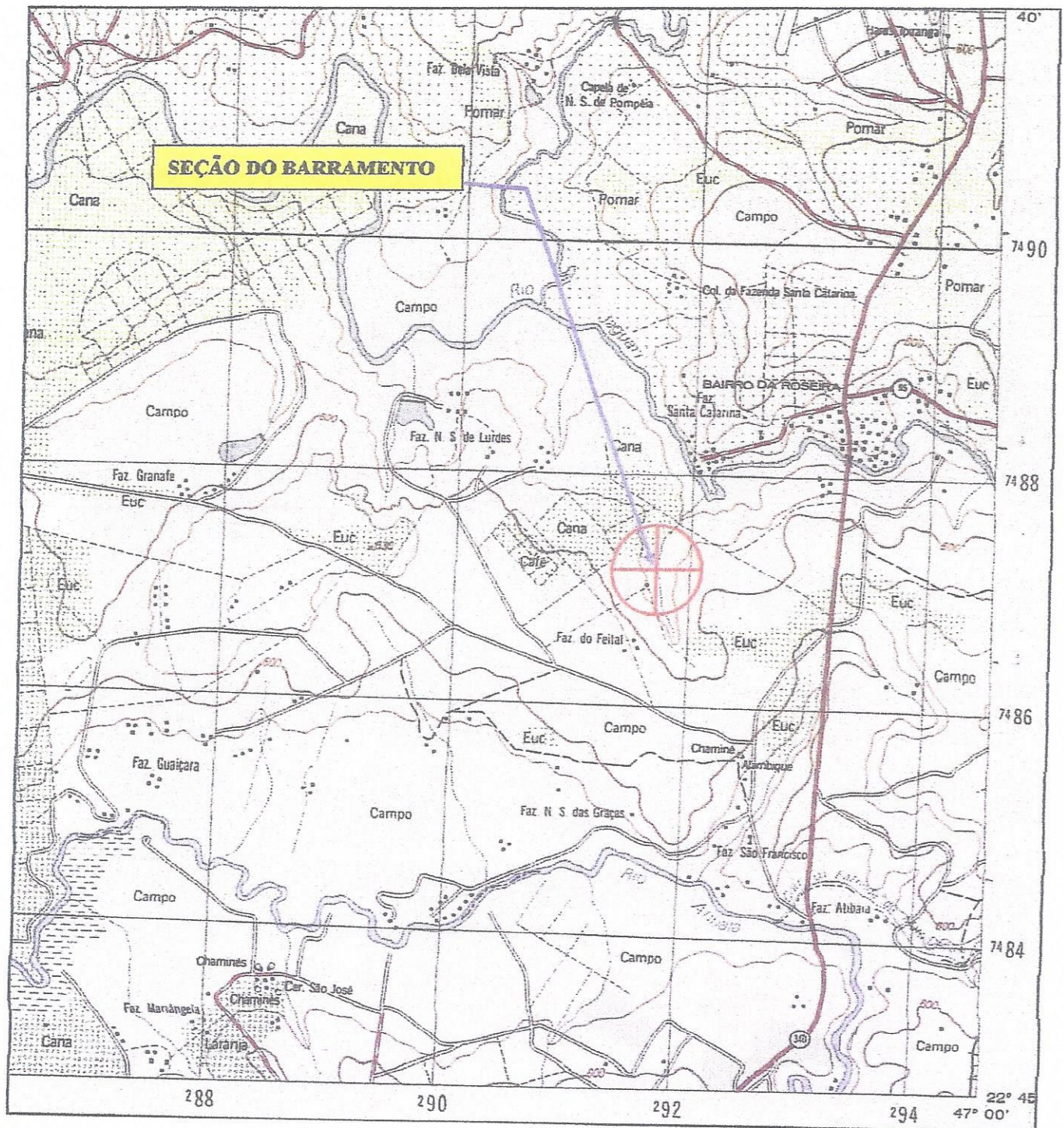
Responsável Técnico

Eng. Maira Maria Tamborim Galeni

CREA/ SP nº: 506.233.113-0

ART nº 92221220150649264

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO NA CARTA DO IBGE
PONTO DE LANÇAMENTO SUPERFICIAL



Referência Cartográfica: Folha Cosmópolis, nomenclatura SF-23-Y-A-V-2, IBGE, na escala 1:50.000, edição 1.974.

COORDENADAS UTM: 7.487,14 N – 291,71 E - Mc.45°