



**CONSTRUÇÃO DE PASSARELA EM ESTRUTURA
MISTA SOBRE O RIO SAPUCAÍ NO DISTRITO DE
OLEGÁRIO MACIEL**

RELATÓRIO TÉCNICO DO PROJETO EXECUTIVO

ABRIL DE 2023

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Piranguinho
Localização	Piranguinho, Minas Gerais
Título	Construção de Passarela em Estrutura Mista sobre o Rio Sapucaí no distrito de Olegário Maciel
Líder do projeto	William Baradel Lari
Coordenador	Aloísio Caetano Ferreira
Data do documento	20/04/2023

Responsável Técnico

Flávia Cristina Barbosa	
Nº CREA: MG-187.842 /D	Engenheira Civil

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Sumário

1.	MEMORIAL DESCRITIVO.....	6
1.1.	LOCAL DE IMPLANTAÇÃO	6
2.	DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS EM AÇO	7
2.1.	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	7
2.2.	SISTEMA ESTRUTURAL	7
2.3.	ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS	7
2.4.	NORMAS	7
2.5.	CONDIÇÕES DE CÁLCULO	8
2.6.	COMBINAÇÕES DE CÁLCULO	8
2.6.1.	COMBINAÇÕES ÚLTIMAS NORMAIS (ELU)	8
2.6.2.	COMBINAÇÕES EM ESTADO DE SERVIÇO (ELS)	9
2.7.	SOLICITANTES E RESULTADOS	9
2.8.	AÇÕES	9
2.8.1.	CARGA PERMANENTE	9
2.8.2.	SOBRECARGA	10
2.8.3.	CARGA HORIZONTAL EXCEPCIONAL	10
2.8.4.	CARGAS DEVIDO AO VENTO.....	10
2.8.4.1.	VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO	10
2.8.4.2.	VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO	11
2.8.4.3.	FATOR TOPOGRÁFICO	11
2.8.4.4.	FATOR GEOMÉTRICO	12
2.8.4.5.	FATOR ESTATÍSTICO	12
2.8.4.6.	COEFICIENTE DE ARRASTO	12
2.8.4.7.	FORÇA GLOBAL DO VENTO	13
2.9.	COMBINAÇÕES	13
2.10.	DESLOCAMENTO MÁXIMO	14
2.11.	ANÁLISE ESTRUTURAL	14
2.11.1.	MODELO TRIDIMENSIONAL	14
2.11.2.	DIMENSIONAMENTO	15
2.11.3.	RESULTADOS	15
2.12.	LIGAÇÕES	16
2.13.	APLICAÇÃO DA PINTURA	16
2.14.	INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO	18
2.15.	RECOMENDAÇÃO DE PINTURA	18
2.15.1.	CLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE.....	18
2.15.2.	SISTEMAS DE PINTURA	18

Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

(35) 3623-8846 www.dacengenharia.com.br

3.	FUNDAÇÃO.....	20
3.1.	CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS	20
3.2.	MÉTODO AOKI-VELLOSO (1975)	21
3.3.	MÉTODO DE DÉCOURT QUARESMA (1978)	22
3.4.	MÉTODO DE TEIXEIRA (1996)	23
3.5.	RESULTADOS – ESTACA PRÉ-MOLDADA Ø20 cm	24
3.6.	RESULTADOS – ESTACA PRÉ-MOLDADA Ø 30 cm	27
3.7.	RESULTADOS - RESUMO	29
4.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	30
4.1.	ÁREA DE DRENAGEM	30
4.2.	METODOLOGIA APLICADA	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local de implantação da passarela.....	6
Figura 1 - Isopletras de velocidade base.....	11
Figura 2 - Coeficiente de arrasto para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados.	13
Figura 3 - Modelo estático da passarela	14
Figura 4 - Representação do modelo tridimensional.....	14
Figura 5 - Porcentagem de utilização dos elementos estruturais da passarela.....	15
Figura 7 – Localização da Bacia de Estudo.....	30
Figura 8 - Hidrógrafa do posto fluviométrico 61305000	32
Figura 9 – Comparativo de ajuste dos métodos	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomendações de pintura conforme corrosividade do ambiente	18
Tabela 2: Sistema de pintura 06 - SPA 06	19
Tabela 3: Sistema de pintura 07 - SPA 07	19
Tabela 4: Sistema de pintura 08 - SPA 08	19
Tabela 1 - Parâmetro do solo de Aoki-Velloso (1975).....	21
Tabela 2 - Parâmetro do solo de Décourt-Quaresma (1978)	23
Tabela 3 - Parâmetro do solo de Teixeira (1996)	24

Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

(35) 3623-8846 www.dacengenharia.com.br

Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00124	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00225	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00325	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00426	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00526	
Tabela 10 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00127	
Tabela 10 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00227	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00328	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00428	
Tabela 4 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT00529	
Tabela 16 – Carga admissível média MÁXIMA de 15 metros	29

1. MEMORIAL DESCRITIVO

1.1. LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

A estrutura da passarela metálica foi projetada para possibilitar a travessia de pedestres após a queda da antiga ponte. A estrutura será implantada em Olegário Maciel, distrito de Piranguinho/MG.



Figura 1 – Local de implantação da passarela.

Fonte: Google Earth (2023).

2. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS EM AÇO

2.1. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

O projeto é composto por uma estrutura metálica de 60,2 metros de comprimento, suportada por uma infraestrutura de concreto armado. O espaço entre as laterais é de 2,30 metros, medido de eixo a eixo, e a altura da estrutura foi estabelecida em 2,80 metros.

2.2. SISTEMA ESTRUTURAL

A estrutura da passarela é composta por elementos em perfis metálicos, incluindo banzos superior e inferior, diagonais, montantes, travessas, contraventamentos e estrutura do piso. Já os pilares e elementos de fundação são feitos de concreto armado.

2.3. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

- Estrutura metálica principal: Perfis W em aço estrutural ASTM A572 de grau 50;
- Contraventamento: Cantoneiras em aço ASTM A36;
- Elementos de ligação: Chapas metálicas em aço ASTM A36;
- Guarda-corpo: Tubos de aço galvanizado;
- Estrutura do piso: Cantoneiras e perfis em aço ASTM A36;
- Piso: Chapa xadrez A36;
- Parafusos: Aço ASTM A325 - Tipo 3 (Aço resistente à corrosão atmosférica);
- Solda: E70XX;
- Chumbadores: Aço ASTM A193 ;
- Pilares e fundação: Concreto C30 e aço CA-50/CA-60.

2.4. NORMAS

Para o cumprimento do projeto conforme as normatizações técnicas brasileiras, foram utilizadas as normas:

- NBR 6120/2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6123/1988– Forças devido ao vento em edificações;
- NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto;
- NBR 7188/2013 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;
- NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas;
- NBR 8800/2008 – Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios;

2.5. CONDIÇÕES DE CÁLCULO

De acordo com o item 4.7.1 da NBR 8800 deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a estrutura, levando-se em consideração os estados limites últimos e de serviço, sendo as ações classificadas de acordo com a NBR 8681 como permanentes, variáveis e/ou excepcionais.

As ações permanentes são as que ocorrem com valores constantes durante toda a vida útil da estrutura. No presente projeto serão utilizadas as ações permanentes diretas, as quais correspondem ao peso próprio e todos os elementos construtivos fixos à estrutura.

As ações variáveis são aquelas que apresentam variações ao longo da vida útil da edificação, onde podem ser consideradas as cargas provenientes de sobrecarga de utilização e de vento.

As ações excepcionais, conforme a NBR 8681, são aquelas que possuem baixa probabilidade de ocorrência, mas que podem gerar efeitos significativos na estrutura caso ocorram. Para o projeto, a ação excepcional de impacto foi considerada relevante, especialmente considerando que se trata de uma estrutura elevada utilizada por pessoas.

2.6. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

Os coeficientes de ponderação das ações foram selecionados de acordo com a Tabelas 1 e 2 da NBR 8800/2008, onde adotou-se os valores para as combinações normais e excepcionais.

2.6.1. COMBINAÇÕES ÚLTIMAS NORMAIS (ELU)

Devem atender a seguinte condição:

Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

(35) 3623-8846 www.dacengenharia.com.br

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + F_{Q,exc} + \sum_{j=1}^n \gamma_{qj} \phi_{0j,ef} F_{Qj,k}$$

2.6.2. COMBINAÇÕES EM ESTADO DE SERVIÇO (ELS)

Para atender ao estado limite de serviço, que leva em consideração as deformações excessivas, é fundamental que as dimensões dos elementos estruturais não ultrapassem os valores definidos no anexo C da NBR 8800:2008. As deformações admissíveis devem ser limitadas a valores seguros para garantir a durabilidade e a estabilidade da estrutura ao longo do tempo, bem como a segurança dos usuários.

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \phi_{2j} F_{Qj,k}$$

2.7. SOLICITANTES E RESULTADOS

Para garantir a segurança e a eficiência da estrutura, a análise da passarela metálica foi realizada com o auxílio de programas computacionais especializados. Com base nas normas vigentes, foram pré-definidas as condições de carregamento e combinações para simular diversos cenários de utilização, como sobrecarga, vento e ações excepcionais, permitindo avaliar as tensões, deformações e deslocamentos em toda a estrutura. Dessa forma, foi possível identificar possíveis pontos críticos e dimensionar adequadamente os elementos estruturais, garantindo a estabilidade, a segurança e o bom desempenho da passarela.

2.8. AÇÕES

2.8.1. CARGA PERMANENTE

PP1: Peso Próprio dos elementos estruturais

Definido automaticamente pelo software computacional, a partir das dimensões e especificações dos perfis metálicos.

~~CP1: Peso próprio da estrutura do piso;~~

Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

$$CP1 = 0,75 \text{ kN/m}^2.$$

CP2: Peso próprio do corrimão e guarda-corpo;

$$CP2 = 0,50 \text{ kN em cada nó inferior da estrutura.}$$

CP3: Peso próprio de demais elementos estruturais e construtivos;

$$CP3 = 0,10 \text{ kN em cada nó.}$$

2.8.2. SOBRECARGA

Para garantir a segurança da passarela, a NBR 7188:2013 estabelece a carga uniformemente distribuída a ser considerada durante a análise estrutural. Para essa estrutura em específico, deve-se aplicar uma carga de $5,0 \text{ kN/m}^2$, posicionada na região de passagem de pedestres. Vale ressaltar que, de acordo com a norma, não é necessário considerar o coeficiente de impacto vertical para esse tipo de carregamento.

SC1: Sobrecarga de uso e ocupação;

$$SC1 = 5,0 \text{ kN/m}^2.$$

2.8.3. CARGA HORIZONTAL EXCEPCIONAL

Para passarelas, conforme a NBR 7188:2013, também deve ser considerada uma carga horizontal pontual de 100 kN aplicada no ponto mais desfavorável da estrutura da passarela, no sentido do tráfego sob a estrutura. Essa carga deve ser analisada em conjunto com outras cargas, tais como a ação do vento, para garantir a segurança e estabilidade da estrutura.

EX1: Carga horizontal Excepcional;

$$EX1 = 100 \text{ kN aplicada na região central da passarela (Posição mais desfavorável).}$$

2.8.4. CARGAS DEVIDO AO VENTO

2.8.4.1. VELOCIDADE CARACTERÍSTICA DO VENTO

$$v_k = v_0 S_1 S_2 S_3$$

Onde:

v_0 : Velocidade básica do vento;

S_1 : Fator topográfico;

S_2 : Fator geométrico;

S_3 : Fator estatístico.

2.8.4.2. VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO

Pode ser obtida através do mapa de isopletas de velocidade base da ABNT NBR 6123/88, para a localização da passarela foi adotada a velocidade base de 35 m/s.

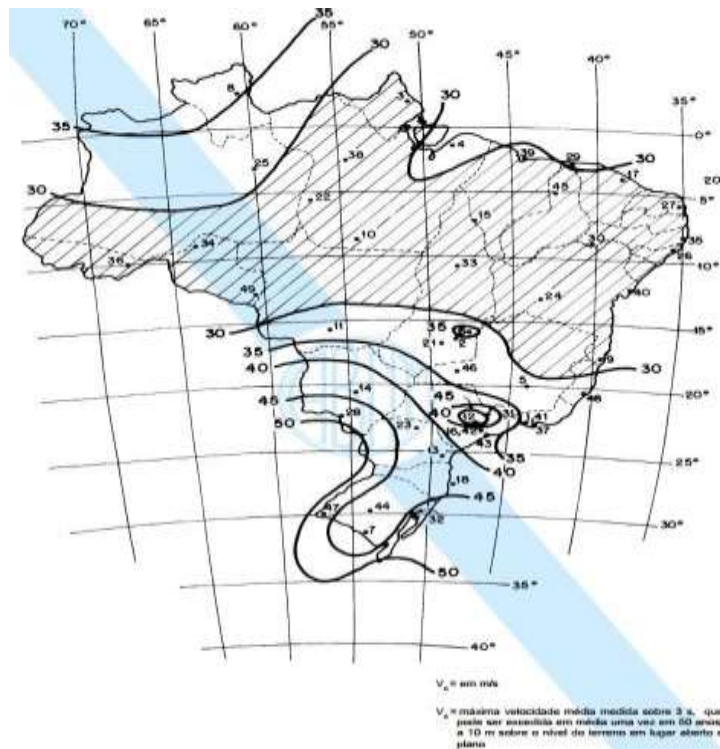


Figura 2 - Isopletas de velocidade base

Fonte: NBR 6123/1988.

2.8.4.3. FATOR TOPOGRÁFICO

O terreno em questão pode ser qualificado como sendo um terreno plano, assumindo-se um valor de $S1 = 1,00$.

2.8.4.4. FATOR GEOMÉTRICO

O fator $S2$, de acordo com a NBR 6123/88, considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação de velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação em consideração. Para esta passarela metálica, que atravessa um rio, a categoria de rugosidade do ambiente pode ser classificada como I. Quanto às dimensões da edificação, a estrutura se enquadra na Classe C, com um comprimento lateral total de 60,2 metros e um vão de 45,00 metros.

2.8.4.5. FATOR ESTATÍSTICO

O fator estatístico é utilizado para determinar o grau de segurança necessário para garantir a vida útil da edificação. De acordo com a Tabela 2 da NBR 6123/88, a estrutura em questão se enquadra no grupo 2, o que indica uma edificação com alto fator de ocupação. Portanto, o valor de $S3$ adotado é igual a 1,00.

2.8.4.6. COEFICIENTE DE ARRASTO

Para a determinação do coeficiente de arrasto, inicialmente é determinado o índice de área exposta ϕ , o qual é a área frontal efetiva dividida pela área frontal da superfície limitada pelo contorno reticulado, ou seja, sem a presença de vazios.

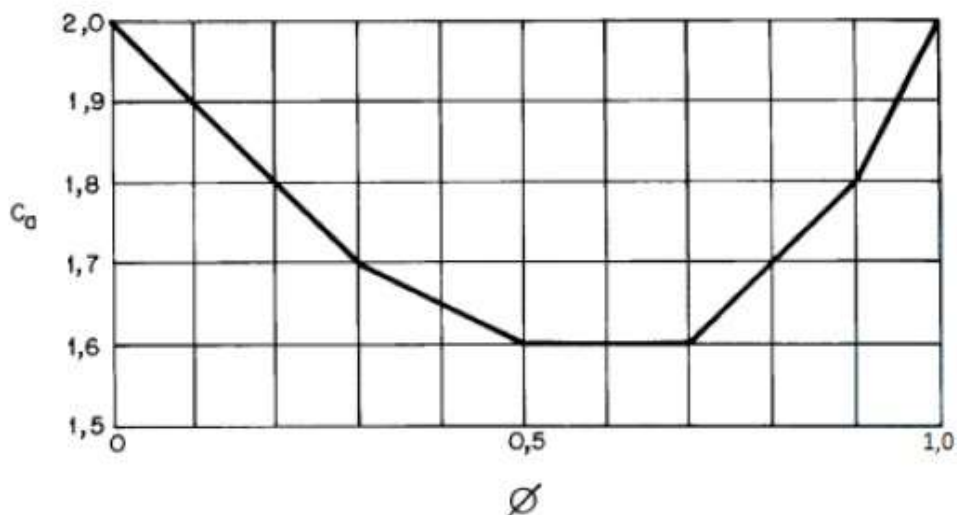


Figura 3 - Coeficiente de arrasto para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados.

Fonte: NBR 6123/1988.

2.8.4.7. FORÇA GLOBAL DO VENTO

A força calculada global que foi levada em consideração no modelo de cálculo da passarela treliçada é dada por:

$$VE = C_a \cdot q \cdot A_e$$

VE1: Carga de vento;

$VE1 = 1,10 \text{ kN}$ ou $VE1 = 0,87 \text{ kN}$ nos nós das laterais da passarela em contato com direto com a ação do vento e lado oposto, respectivamente.

2.9. COMBINAÇÕES

$$ELU1 = 1,25PP1 + 1,25 CP1 + 1,25 CP2 + 1,25 CP3 + 1,5 SC1 + 0,84 VE$$

$$ELU2 = 1,25PP1 + 1,25 CP1 + 1,25 CP2 + 1,25 CP3 + 0,9 SC1 + 1,4 VE$$

$$ELU3 = 1,25PP1 + 1,25 CP1 + 1,25 CP2 + 1,25 CP3 + 1,5 SC1$$

$$ELU4 = 1,25PP1 + 1,25 CP1 + 1,25 CP2 + 1,25 CP3 + 1,4 VE$$

Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

(35) 3623-8846 www.dacengenharia.com.br

$$ELU \text{ (excepcional) } = 1,1PP1 + 1,1 CP1 + 1,1 CP2 + 1,1 CP3 + 0,6 SC1 + 0,6 VE + 1,0 EX1$$

$$ELS = 1,0 PP1 + 1,0 CP1 + 1,0 CP2 + 1,0 CP3 + 0,3 SC1$$

2.10. DESLOCAMENTO MÁXIMO

A tabela C.3 da NBR 8800:2008 estabelece o limite para deslocamento (flecha) das estruturas metálicas para diferentes tipos de elementos estruturais. A passarela pode ser representada como sendo viga de piso, ou seja, possui um limite de deslocamento máximo de $L/350$.

2.11. ANÁLISE ESTRUTURAL

2.11.1. MODELO TRIDIMENSIONAL

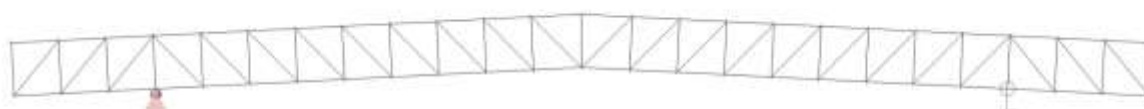


Figura 4 - Modelo estático da passarela

Fonte: Dac Engenharia (2023).

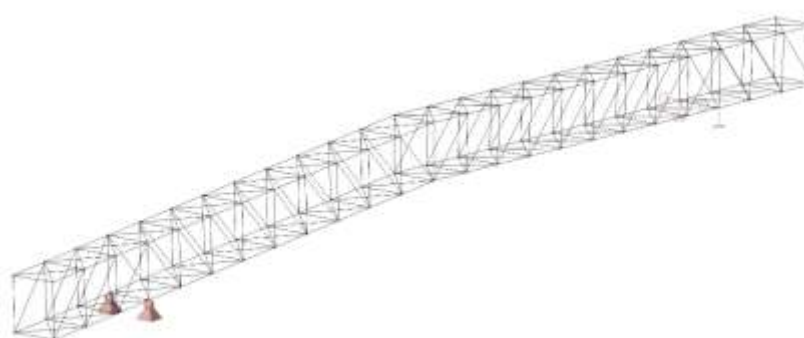


Figura 5 - Representação do modelo tridimensional

Fonte: Dac Engenharia (2023).

2.11.2. DIMENSIONAMENTO

Após o lançamento das cargas nos nós e superfícies especificados, foi necessário definir os perfis metálicos para cada elemento estrutural. Para tal, foram escolhidos perfis metálicos comerciais, sendo que para os montantes, diagonais, banzos inferiores, superiores e travessas foi selecionado o perfil do tipo W, enquanto para os contraventos foi escolhido o perfil do tipo cantoneira dupla.

Com os perfis definidos previamente, procedeu-se ao processamento da estrutura para verificar cada um dos elementos.

Os diagramas abaixo mostram a porcentagem de utilização de cada elemento estrutural. Em outras palavras, representam a solicitação de cada barra de acordo com as verificações propostas na norma.

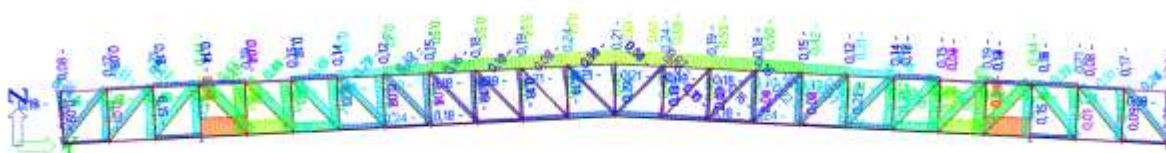


Figura 6 - Porcentagem de utilização dos elementos estruturais da passarela

Fonte: Dac Engenharia (2023).

2.11.3. RESULTADOS

A tabela abaixo apresenta os elementos dimensionados para a passarela:

Grupo	Perfil	Material
Banzo Superior	W250X32.7	ASTM A572
Banzo Inferior	W250X32.7	ASTM A572
Travessa Superior	W150X13	ASTM A573
Travessa Inferior	W200X15	ASTM A574
Diagonal	W200X19.3	ASTM A575
Montante	W200X19.3	ASTM A576
Montante Principal	W200X44.8	ASTM A577
Contraventamento	2 L76X76X6.4	A36
Contraventamento Principal	2 L102X102X6.4	A36

Todo detalhamento das barras e quantitativos estão dispostos nas pranchas de projeto.

2.12. LIGAÇÕES

O projeto das ligações incluiu o uso de parafusos Aço ASTM A325 - Tipo 3, que são resistentes à corrosão atmosférica, nas ligações parafusadas. Já nas ligações soldadas, foi utilizada solda do tipo E70. Todas as ligações foram dimensionadas de acordo com a norma NBR 8800:2008 e submetidas a verificações rigorosas nas situações de maior solicitação.

2.13. APLICAÇÃO DA PINTURA

A superfície metálica deve ser protegida por pintura anticorrosiva, adequada para ambientes externos, sendo aplicada de acordo com as seguintes recomendações, extraídas da norma técnica ABNT NBR 14847 de 2002:

- a) As tintas devem ser aplicadas nas seguintes condições ambientais, salvo tintas especialmente formuladas recomendadas no boletim técnico do fabricante:
 - Umidade relativa do ar $> 85\%$
 - Temperatura do substrato (TS): $10^{\circ}\text{C} \leq \text{TS} \leq 50^{\circ}\text{C}$
 - Temperatura do substrato 3°C acima do ponto de orvalho
- b) Tintas à base de resina epóxi-isocianato, wash-primers, etil silicato de zinco, a temperatura deve estar entre 10°C e 40°C .
- c) Conforme especificações do fabricante, deverão ser verificados: o aspecto da tinta no momento da abertura da lata, o volume, a homogeneização da tinta, a proporção da mistura, o tempo de indução, a vida útil após a mistura (no caso de tinta de dois ou mais componentes), o método de aplicação, a diluição (se necessária) e o solvente utilizado.
- d) Antes de aplicar a demão subsequente, a anterior deve estar limpa, não apresentando falhas de aplicação e respeitando o intervalo entre demãos especificado para o produto. O procedimento a ser adotado caso o tempo entre demãos seja

ultrapassado deve estar de acordo com orientações do fabricante do produto e acordado entre as partes interessadas.

- e) A espessura úmida da tinta deve ser controlada durante a aplicação e, ao secar, a película deve ter a espessura correta. A medição da espessura seca deve ser efetuada com auxílio de instrumento com precisão de 5 micrometros de acordo com a NBR 10433.
- f) A pintura não deve apresentar enrugamento, descascamento, bolhas, crateras, fendilhamento, descaimento, impregnação de abrasivos e/ou materiais estranhos, pulverização seca, sangramento, manchas ou quaisquer outros defeitos.
- g) As áreas retocadas devem receber o tratamento de superfície e o esquema de pintura originais. No caso de impossibilidade técnica deve ser utilizado esquema alternativo compatível com o tipo de tratamento e o esquema original, acordado entre as partes
- h) A película de tinta não deve apresentar descontinuidades.
- i) Arestas, cantos, fendas, rebites, cabeças de parafusos e cordões de solda devem receber pintura de reforço de pincel ou trincha antes de cada demão de tinta, de acordo com o esquema de pintura especificado.
- j) O registro dos serviços de pintura deve conter:
 - a. Identificação da instalação/estrutura;
 - b. Referência a especificação utilizada para os serviços de pintura;
 - c. Identificação dos instrumentos de controle de qualidade e de seus certificados de calibração;
 - d. Indicação da data de início e término de cada etapa do serviço de pintura;
 - e. Identificação da firma aplicadora;
 - f. Identificação do grau de oxidação, do grau do tratamento, perfil de rugosidade e do método de tratamento utilizado;
 - g. Identificação do abrasivo (quando aplicável);
 - h. Identificação das tintas, boletim técnico, nome comercial, fabricante, diluente, lote, data de fabricação e prazo de validade, método de aplicação, número de demãos, intervalo entre demãos, espessura da película seca por demão, aderência e cor;
 - i. Identificação do equipamento de aplicação das tintas;
 - j. Nome do inspeto e data.

2.14. INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

INSPEÇÃO: É extremamente recomendado, devido a localidade da estrutura, a verificação anual da superfície metálica assim como as ligações entre chapas de pisos. É DE OBRIGATORIEDADE DE A EXECUTORA DO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO apresentar o manual técnico do fornecedor dos produtos a serem aplicados sobre a superfície metálica, com prazo de validade especificado para a repintura, devendo sendo aceito pela prefeitura municipal somente produtos que apresentam o prazo mínimo de DOIS ANOS, já que apresentam uma melhor durabilidade.

2.15. RECOMENDAÇÃO DE PINTURA

2.15.1. CLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE

A recomendação do sistema de pintura anticorrosiva (SPA) é baseada na classificação da corrosividade do ambiente (corrosividade atmosférica) pela norma ABNT NBR 14643 de 2001 e nas recomendações para preparo de superfícies e aplicação de tintas da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO):

Tabela 1: Recomendações de pintura conforme corrosividade do ambiente

Categoria do ambiente	Sistema de pintura recomendado	Descrição
C3	SPA 06	Ambientes de média agressividade
	SPA 07	
	SPA 08	

Fonte: ABRACO, 2018.

2.15.2. SISTEMAS DE PINTURA

Após classificação é possível determinar o tipo de pintura a ser realizada, podendo ser esta com o sistema SPA 06, SPA 07 e SPA 08, com a tipologia de pintura apresentada, mas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Sistema de pintura 06 - SPA 06

Demão	Nome da Tinta	Espessura seca mínima [μm]
1ª	Epóxi-fosfato de zinco	120
2ª	Poliuretano acrílico alifático	50
3ª	Poliuretano acrílico alifático	50
Total		220

Fonte: ABRACO, 2018.

Tabela 3: Sistema de pintura 07 - SPA 07

Demão	Nome da Tinta	Espessura seca mínima [μm]
1ª	Epóxi tolerante à umidade	130
2ª	Poliuretano acrílico alifático	50
3ª	Poliuretano acrílico alifático	50
Total		230

Fonte: ABRACO, 2018.

Tabela 4: Sistema de pintura 08 - SPA 08

Demão	Nome da Tinta	Espessura seca mínima [μm]
1ª	Epóxi-fosfato de zinco	130
2ª	Tinta Alquídica	35
3ª	Tinta Alquídica	35
Total		200

Fonte: ABRACO, 2018.

3. FUNDAÇÃO

A estrutura de fundação foi definida por meio do sistema de blocos de coroamento sobre estacas, com o objetivo de suportar as cargas geradas pela superestrutura. De acordo com o laudo de sondagem anexado ao documento presente, não há resistência superficial suficiente para suportar as cargas do projeto. Os laudos de sondagem SPT realizados no terreno em questão apresentam as características e resistência do solo à penetração, e o mapa com a localização dos pontos de sondagem também está anexado ao documento. Além disso, é importante destacar que o nível d'água no terreno está localizado a menos de 1 metro de profundidade.

3.1. CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS

A estimativa da carga admissível na cota de apoio das estacas pré-moldadas da edificação foi realizada com base nos dados obtidos através dos furos de sondagem SPT. Para isso, foram aplicados três métodos distintos de determinação: Aoki-Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978) e Teixeira (1996). O resultado final da carga admissível na cota de apoio das estacas pré-moldadas foi obtido pela média dos três métodos de determinação utilizados.

Resistência total da estaca:

$$R_c = R_p + R_l$$

Onde:

R_c : Resistência total da estaca;

R_p : Resistência de ponta da estaca;

R_l : Resistência lateral da estaca.

3.2. MÉTODO AOKI-VELLOSO (1975)

Resistência de ponta da estaca:

$$R_p = \frac{K_{av}N}{F_1} A_p$$

Onde:

K_{av} : Parâmetro do solo;

N : Número médio do SPT ao nível da base da estaca;

F_1 : Coeficiente de tecnologia da estaca (1,25 para estaca pré-moldada);

A_p : Área da base/ponta da estaca;

Resistência lateral da estaca:

$$R_l = \sum \alpha_i \frac{K_{av,i}N_i}{F_2} A_{s,i}$$

Onde:

α_i : Parâmetro do solo na camada i ;

$K_{av,i}$: Parâmetro do solo na camada i ;

N_i : Número médio do SPT;

F_2 : Coeficiente de tecnologia da estaca (2,5 para estaca pré-moldada);

$A_{s,i}$: Área da seção transversal da estaca;

Tabela 5 - Parâmetro do solo de Aoki-Velloso (1975)

Parâmetros K_{av} e α (Aoki-Velloso)		
Tipo de Solo	K_{av} [kPa]	α [%]
Areia	1000	1,40
Areia argilosa	600	3,00
Areia argiloso-siltosa	500	2,80
Areia silto-argilosa	700	2,40
Areia siltosa	800	2,00

Argila	200	6,00
Argila arenosa	350	2,40
Argila arenoso-siltosa	300	2,80
Argila silto-arenosa	330	3,00
Argila siltosa	220	4,00
Silte	400	3,00
Silte arenoso-siltoso	450	2,80
Silte arenoso	550	2,20
Silte argiloso-arenoso	250	3,00
Silte argiloso	230	3,40

3.3. MÉTODO DE DÉCOURT QUARESMA (1978)

Resistência de ponta da estaca:

$$R_p = \alpha K_{dq} N A_p$$

Onde:

α : Coeficiente de resistência de ponta (1,0 para estacas pré-moldadas em contato com areia, argila ou silte);

K_{dq} : Parâmetro do solo;

N : Número médio do SPT ao nível da base da estaca;

A_p : Área da base/ponta da estaca;

Resistência lateral na estaca:

$$R_l = \sum \beta_i \cdot 10 \cdot \left(\frac{N_i}{3} + 1 \right) A_{s,i}$$

Onde:

β_i : Coeficiente de resistência lateral (1,0 para estacas pré-moldadas em contato com areia, argila ou silte);

N_i : Número médio de SPT na camada;

$A_{s,i}$: Área da seção transversal da estaca;

Tabela 6 - Parâmetro do solo de Décourt-Quaresma (1978)

Parâmetro Kdq (Décourt-Quaresma)	
Tipo de Solo	K_{dq} [kPa]
Areia	400,0
Areia argilosa	400,0
Areia argiloso-siltosa	400,0
Areia silto-argilosa	400,0
Areia siltosa	400,0
Argila	120,0
Argila arenosa	120,0
Argila arenoso-siltosa	120,0
Argila silto-arenosa	120,0
Argila siltosa	120,0
Silte	200,0
Silte arenoso-siltoso	250,0
Silte arenoso	250,0
Silte argiloso-arenoso	200,0
Silte argiloso	200,0

3.4. MÉTODO DE TEIXEIRA (1996)

Resistência de ponta da estaca:

$$R_p = \alpha \cdot N_p \cdot A_p$$

Onde:

α : Parâmetro dependente do solo e tecnologia da estaca;

N_p : SPT médio entre quatro diâmetros acima da ponta da estaca e um diâmetro abaixo;

A_p : Área da base/ponta da estaca;

Resistência lateral da estaca:

$$R_l = \beta \cdot N_l \cdot A_s$$

Onde:

β : Parâmetro dependente do solo e tecnologia da estaca;

N_l : SPT médio ao longo do comprimento do fuste da estaca;

A_s : Área da seção transversal da estaca;

Tabela 7 - Parâmetro do solo de Teixeira (1996)

Parâmetros α e β - Teixeira (1996) - Estaca pré-moldada		
Tipo de solo	α [kPa]	β [kPa]
Areia com pedregulho	440,0	4,00
Areia	400,0	4,00
Areia siltosa	360,0	4,00
Areia argilosa	300,0	4,00
Silte arenoso	260,0	4,00
Silte argiloso	160,0	4,00
Argila arenosa	210,0	4,00
Argila siltosa	110,0	4,00

3.5. RESULTADOS – ESTACA PRÉ-MOLDADA Ø20 cm

Tabela 8 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT001

Carga Admissível (kN) - SPT001				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	0,94	11,94	4,29
2	8,04	1,57	16,96	8,86
3	15,08	13,44	21,99	16,84
4	35,69	23,67	33,14	30,83
5	66,35	54,86	58,43	59,88
6	92,99	67,75	75,71	78,82
7	99,02	84,24	77,71	86,99
8	163,61	101,47	100,01	121,70
9	205,84	121,75	119,70	149,10
10	240,02	140,84	134,40	171,75
11	264,15	156,07	144,00	188,07
12	300,34	173,69	159,81	211,28
13	384,53	200,28	191,37	258,73

14	468,22	229,45	228,27	308,65
15	530,30	266,75	253,57	350,21
16	667,53	301,75	311,69	426,99
17	788,41	338,31	358,85	495,19
18	889,45	369,04	395,08	551,19
19	967,11	398,07	420,28	595,15
20	763,53	355,88	308,81	476,07
21	856,52	377,64	328,14	520,77

Tabela 9 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT002

Carga Admissível (kN) - SPT002				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	1,41	11,94	4,45
2	12,06	1,88	16,96	10,30
3	16,59	12,57	21,99	17,05
4	25,13	19,74	27,02	23,96
5	47,25	42,61	45,87	45,24
6	54,29	53,56	50,89	52,91
7	69,37	66,88	61,28	65,84
8	138,23	87,95	85,00	103,73
9	222,17	106,07	123,12	150,46
10	214,63	123,95	117,84	152,14
11	246,55	138,74	132,01	172,43
12	294,56	161,22	153,16	202,98
13	193,12	117,81	108,60	139,84
14	218,55	133,51	122,47	158,18
15	455,30	234,18	228,42	305,97
16	519,14	273,95	253,40	348,83
17	787,06	315,37	368,42	490,28
18	756,75	358,37	348,22	487,78
19	876,03	387,18	366,35	543,18
20	990,73	415,38	386,01	597,37
21	1109,66	439,77	407,08	652,17

Tabela 10 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT003

Carga Admissível (kN) - SPT003				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média

1	0,00	1,41	11,94	4,45
2	12,06	2,20	16,96	10,41
3	20,61	13,97	21,99	18,86
4	30,66	23,13	29,06	27,62
5	42,22	28,15	36,57	35,65
6	27,14	32,34	38,77	32,75
7	27,14	37,64	44,33	36,37
8	39,21	47,22	49,83	45,42
9	47,75	85,73	55,28	62,92
10	753,98	174,35	303,21	410,51

Tabela 11 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT004

Carga Admissível (kN) - SPT004				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	1,88	11,94	4,61
2	16,08	2,83	16,96	11,96
3	26,14	14,24	24,14	21,51
4	21,61	21,31	27,75	23,56
5	32,67	25,29	33,03	30,33
6	22,62	31,01	38,26	30,63
7	22,62	66,80	43,47	44,30
8	223,68	98,74	114,63	145,68

Tabela 12 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT005

Carga Admissível (kN) - SPT005				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	1,88	11,94	4,61
2	16,08	2,51	16,96	11,85
3	22,12	15,14	21,99	19,75
4	36,19	22,74	31,10	30,01
5	33,18	28,82	33,18	31,72
6	33,68	32,20	38,62	34,83
7	28,65	40,49	44,01	37,72
8	48,76	50,20	51,23	50,06
9	60,32	58,91	58,68	59,30
10	73,89	83,20	79,10	78,73
11	106,06	90,53	84,70	93,76
12	141,75	108,51	103,03	117,76
13	166,63	170,13	115,30	150,69
14	281,24	204,59	157,58	214,47
15	550,16	245,60	188,75	328,17

3.6. RESULTADOS – ESTACA PRÉ-MOLDADA Ø 30 cm

Tabela 13 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT001

Carga Admissível (kN) - SPT001				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	2,12	23,09	8,40
2	14,39	3,53	30,63	16,19
3	25,70	22,98	38,17	28,95
4	60,66	42,73	52,96	52,11
5	116,18	98,78	116,81	110,59
6	161,08	118,11	133,01	137,40
7	165,02	145,20	149,61	153,28
8	284,80	173,42	175,47	211,23
9	356,09	207,75	213,48	259,11
10	409,55	238,75	246,14	298,15
11	442,45	268,50	266,90	325,95
12	498,66	301,75	288,49	362,97
13	652,88	345,76	343,61	447,42
14	801,28	393,26	403,66	532,73
15	903,07	453,54	465,17	607,26
16	1150,17	517,03	550,00	739,06
17	1357,85	583,65	658,44	866,65
18	1521,33	636,81	741,06	966,40
19	1635,80	685,86	797,71	1039,79
20	1178,27	632,38	530,14	780,26
21	1322,21	674,08	568,56	854,95

Tabela 14 – Carga admissível para estaca– Furo de sondagem SPT002

Carga Admissível (kN) - SPT002				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	3,18	23,09	8,76
2	21,59	4,24	30,63	18,82
3	27,76	21,57	38,17	29,17
4	41,13	34,79	45,71	40,54
5	81,57	73,34	84,35	79,75
6	91,16	91,41	91,89	91,49
7	116,01	114,70	105,53	112,08
8	248,47	150,77	146,35	181,87
9	405,78	181,88	205,89	264,52

10	378,36	211,85	238,03	276,08
11	430,46	235,96	242,78	303,06
12	513,05	273,25	276,87	354,39
13	293,50	198,87	177,80	223,39
14	331,96	225,71	203,14	253,60
15	792,23	398,39	422,74	537,79
16	896,42	473,76	469,63	613,27
17	1398,84	552,38	618,60	856,61
18	1277,83	634,16	668,13	860,04
19	1458,48	683,66	701,14	947,76
20	1626,89	731,45	730,64	1029,66
21	1801,06	770,39	762,24	1111,23

Tabela 15 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT003

Carga Admissível (kN) - SPT003				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	3,18	23,09	8,76
2	21,59	4,95	30,63	19,06
3	34,96	23,79	38,17	32,31
4	50,38	41,76	48,13	46,75
5	67,86	47,41	60,68	58,65
6	37,01	51,34	67,22	51,86
7	37,01	57,87	71,68	55,52
8	58,60	74,13	79,93	70,89
9	71,97	155,46	88,10	105,18
10	1456,56	325,14	391,20	724,30

Tabela 16 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT004

Carga Admissível (kN) - SPT004				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	4,24	23,09	9,11
2	28,79	6,36	30,63	21,93
3	44,21	24,69	40,74	36,55
4	32,90	37,15	48,75	39,60
5	51,41	40,76	54,73	48,97
6	30,84	48,41	62,58	47,28
7	30,84	117,00	70,39	72,74
8	390,70	171,67	154,45	238,94

Tabela 17 – Carga admissível para estaca – Furo de sondagem SPT005

Carga Admissível (kN) - SPT005				
Profundidade (m)	Aoki-Velloso	Décourt-Quaresma	Teixeira	Média
1	0,00	4,24	23,09	9,11
2	28,79	5,65	30,63	21,69
3	37,01	26,01	38,17	33,73
4	59,63	40,24	50,54	50,14
5	50,38	48,41	58,83	52,54
6	49,35	50,66	63,11	54,37
7	39,07	64,03	71,19	58,10
8	75,06	80,49	81,38	78,98
9	92,53	94,48	93,86	93,63
10	117,90	143,65	151,64	137,73
11	178,90	154,65	145,90	159,82
12	244,70	189,46	168,68	200,95
13	287,20	289,76	198,88	258,61
14	489,75	357,44	226,95	358,04
15	972,98	439,08	334,01	582,03

3.7. RESULTADOS - RESUMO

Tabela 18 – Carga admissível média MÁXIMA de 15 metros

Carga Admissível Média [tf]		
SPT	PRE20	PRE30
SPT001	35	60
SPT002	30	53
SPT003	41	72
SPT004	14	24
SPT005	33	58

Definição da capacidade de carga dos apoios:

Apoio 01 – SPT 005 e Estacas de 20 cm;

Apoio 02 – SPT 005 e Estacas de 30 cm;

Apoio 03 – SPT 002 e Estacas de 30 cm;

Apoio 03 – SPT 002 e Estacas de 20 cm;

4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

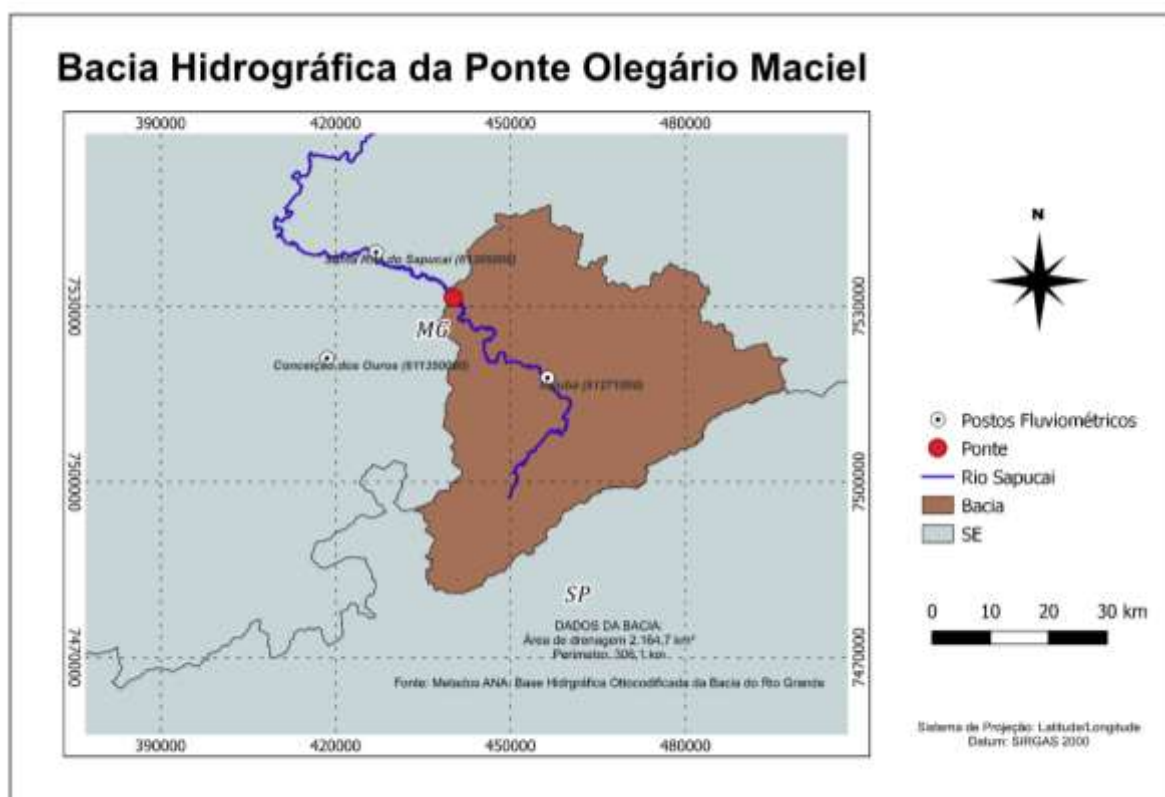
Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas nas áreas em estudo, a fim de dar base ao dimensionamento das estruturas do projeto

4.1. ÁREA DE DRENAGEM

A 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 sub-superficiais para um único ponto de saída. Usualmente, expressa-se em quilômetros quadrados (km²) ou em hectares (ha).

A área de estudo está localizada no município de Piranguinho – MG, cuja área de drenagem é de 2.164,7 km², e perímetro de 306,1 km. A Figura 1 apresenta a extensão da bacia hidrológica de estudo. Sua delimitação foi realizada a partir dos Metadados da ANA (2014).

Figura 7 – Localização da Bacia de Estudo.



4.2. METODOLOGIA APLICADA

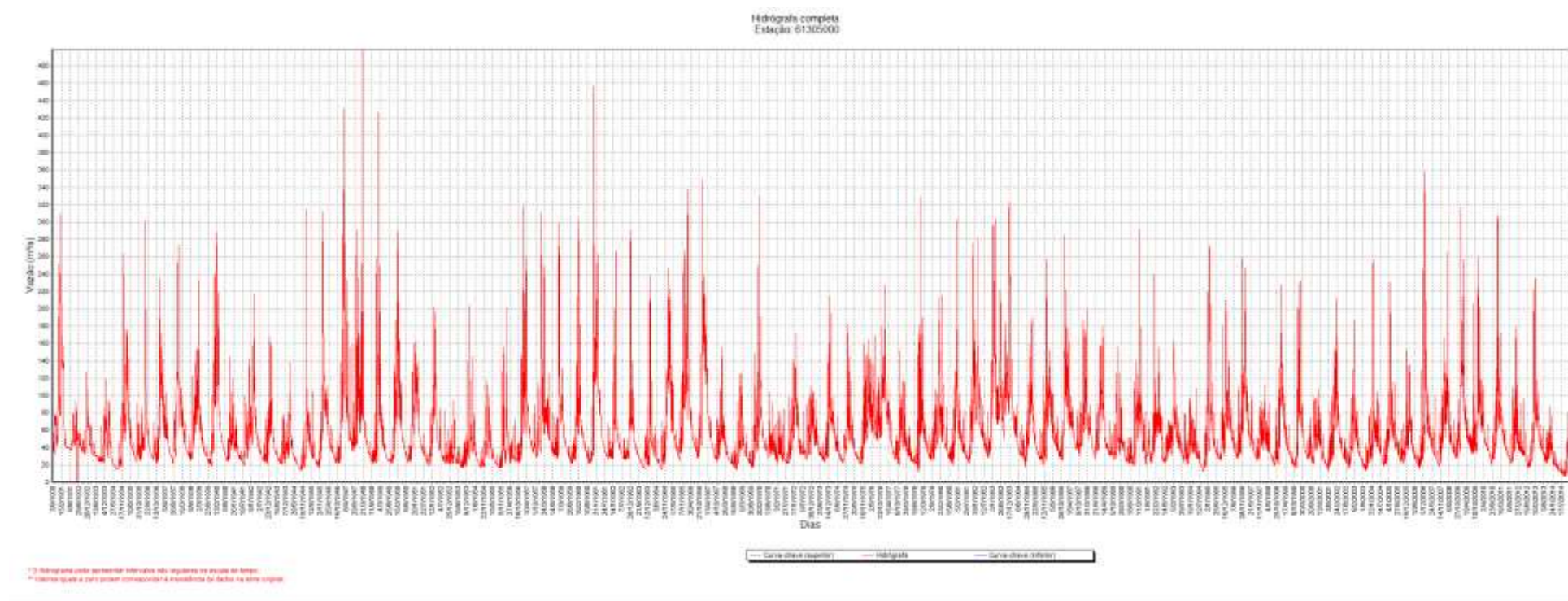
Para o cálculo das vazões máximas, utilizou-se análise estatística. Foram pesquisados os postos fluviométricos com correlação entre áreas de 0,25 a 4 vezes, em relação à bacia do projeto, na plataforma Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA), e depois os dados modelados por meio do software SisCAH (Sistema Computacional para Análise Hidrológica), do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Uma vez baixados os dados em formato .MDB (Access), estes foram processados no SisCAH, a fim de obter as vazões máximas, as hidrógrafas, as curvas de permanências para o posto fluviométrico selecionado, para seguir com o comparativo entre as vazões através dos métodos existentes.

O posto 61305000 – SANTA RITA DO SAPUCAÍ, está localizado no município de Santa Rita do Sapucaí (MG), possui 84 anos de dados (09/1930-12/2014), sem falhas em sua série histórica de máximas anuais e área de drenagem de 2.810 km². Esse posto foi escolhido para o prosseguimento com o estudo hidrológico, por estar no mesmo rio de interesse (Rio Sapucaí), à uma menor distância da seção de projeto (15,37 km), além de possuir uma longa série de dados.

A hidrógrafa, ou hidrograma, é a representação, por meio de gráfico, da vazão que passa por uma determinada seção, ou ponto de controle, em relação ao tempo. Para a sua caracterização, é considerado o registro dos dados da série histórica. A seguir, na Figura 2, está representada a hidrógrafa para o posto selecionado.

Figura 8 - Hidrógrafa do posto fluviométrico 61305000

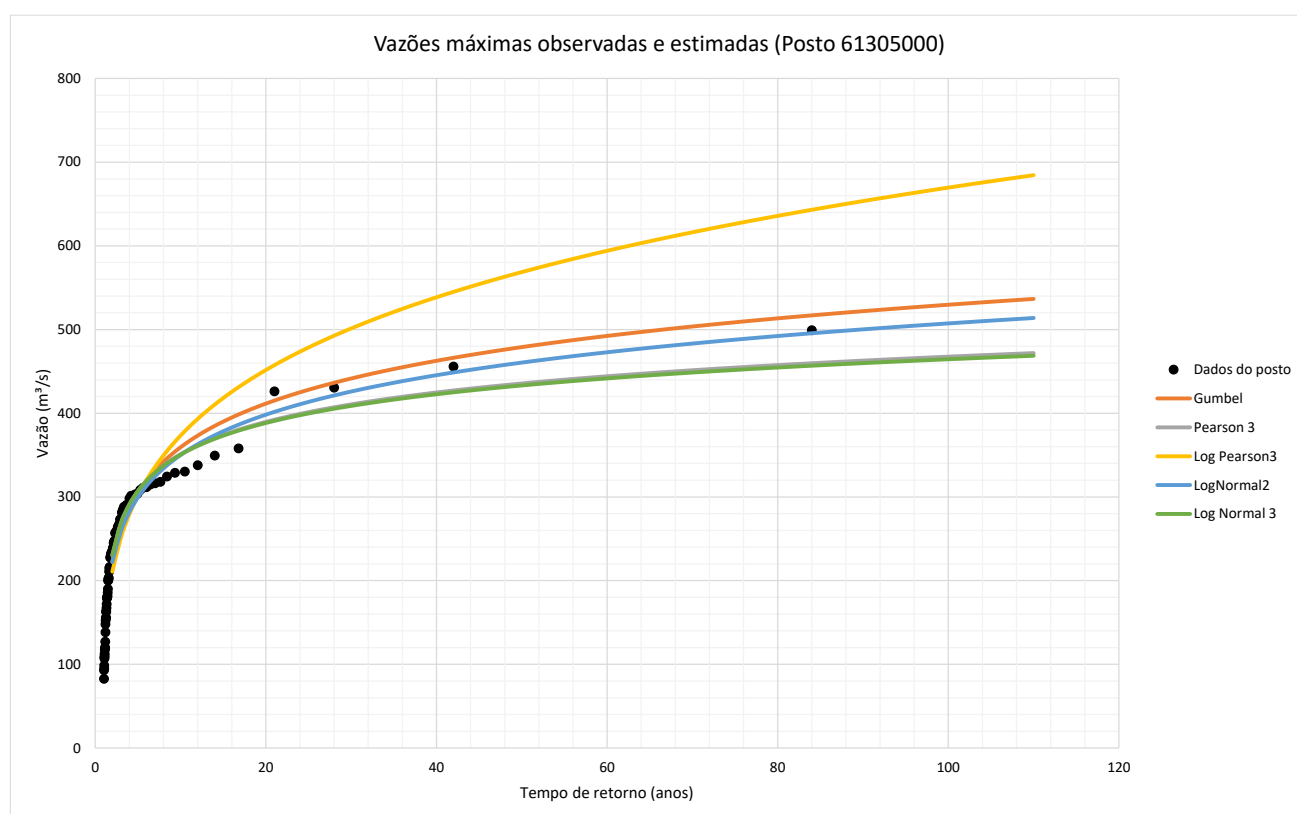


Rua Miguel Viana, 81, Edifício Benedicto Lemes, sala 07, 10 e 12, Morro Chic, Itajubá, MG

(35) 3623-8846 www.dacengenharia.com.br

A vazão máxima foi calculada através de 5 métodos diferentes, considerando os dados do posto fluviométrico selecionado para o projeto da bacia Andorinhas: i) Gumbel; ii) Pearson 3; iii) Log Pearson 3; iv) Log Normal 2 e v) Log Normal 3. Tais metodologias foram modeladas no SisCAH, para a obtenção dos gráficos de vazão máxima, da amplitude do intervalo de confiança e do erro padrão. Com exceção do Método Log Pearson3, que apresentou erro padrão elevado 83m³/s, os demais métodos apresentaram bom ajuste aos dados, com erro entre 35 e 40 m³/s. Como é possível observar na Figura 3, por apresentar melhor ajuste aos dados observados, a vazão crítica adotada foi calculada pelo Método de Gumbel.

Figura 9 – Comparativo de ajuste dos métodos



Da Figura 9, observa-se que a vazão máxima obtida por Gumbel, para TR de 100 anos foi de 529,7 m³/s. A vazão específica é o quociente entre a vazão máxima estimada no posto (em m³/s), pela sua respectiva área de drenagem (em km²), conforme a Equação 1 a seguir.

$$Q_{\text{específica}} = \frac{Q_{\text{posto}}}{Ad_{\text{posto}}}$$

Equação 1 – Vazão específica

A vazão específica obtida foi de 0,19 m³/s/km², e ao multiplicá-la pela área de drenagem da bacia do projeto de 2.164,7 km², obtém-se a vazão de projeto de 408,04 m³/s.