



**PREFEITURA DE SÃO
JOÃO BATISTA/SC**

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOÃO BATISTA
ESTADO DE SANTA CATARINA**

PONTE DOS IMIGRANTES SOBRE RIO TIJUCAS

**MEMORIAL DE CALCULO ESTRUTURAL,
DESCRIPTIVO E ESTUDOS COMPLEMENTARES**

VOLUME 02



Elaboração: **EXCELÊNCIA PROJETOS E ASSESSORIA EIRELI**

MAIO 2023

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOÃO BATISTA

ESTADO DE SANTA CATARINA

ESTRADA: COLÔNIA NOVA ITÁLIA

TRECHO: COLÔNIA NOVA ITÁLIA

MUNICIPIO: SÃO JOÃO BATISTA/SC

EXTENSÃO: 70,00m

DIREÇÃO: PREFEITURA DE SÃO JOÃO BATISTA

COORDENAÇÃO: SECRETARIA DE OBRAS

ELABORAÇÃO: EXCELÊNCIA PROJETOS E ASSESSORIA EIRELI

CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOÃO BATISTA

RESP. TÉCNICO: VANDERLEI CARDOSO – CREA-SC 108762-6

CONTRATO: Nº 025/2023

PROCESSO ADMINISTRATIVO: Nº 020/2023

AUTORIZAÇÃO DE FORNECIMENTO: 496/2023

DATA	SITUAÇÃO	REVISÃO
20/05/2023	Projeto Executivo	01
10/05/2023	Projeto Executivo	00

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	6
1 APRESENTAÇÃO.....	7
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	8
2 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	9
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 CADASTRO COMPLEMENTAR	9
2.3 DESENHO DA PLANTA TOPOGRÁFICA	9
ESTUDO HIDROLÓGICO	11
3 ESTUDO HIDROLÓGICO.....	12
3.1 CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO	12
3.1.1 Situação Geográfica.....	12
3.1.2 Clima.....	12
3.1.3 Temperatura.....	12
3.1.4 Pluviometria.....	13
3.1.5 Solos.....	13
3.1.6 Vegetação.....	14
3.1.7 Área de estudo.....	14
3.1.8 Coleta de Dados.....	15
3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	15
3.2.1 Precipitações Mensais.....	15
3.2.2 Número de Dias de Chuva	16
3.2.3 Precipitações Diárias Máximas Anuais	17
3.2.4 Curvas Intensidade-Duração-Frequência.....	18
3.2.5 Tempo de Recorrência	23
3.3 BACIA HIDROGRÁFICA	23
3.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	24
3.5 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE PONTES	27
3.5.1 Transposição do Rio Tijucas.....	28
3.6 DIMENSIONAMENTO DA COTA DE CHEIA MÁXIMA	31
3.7 PROPOSTA PARA SEÇÃO DE PROJETO	32
MEMORIAL DESCRITIVO DA OBRA.....	34
4 MEMORIAL DESCRITIVO DA OBRA	35
4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA.....	35

4.1.1	JUSTIFICATIVA DA SOLUÇÃO ADOTADA	38
4.2	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	39
4.2.1	NORMAS E DISPOSIÇÕES GERAIS	39
4.2.2	SONDAGENS.....	39
4.3	ESPECIFICAÇÃO DE CONCRETO MAGRO	39
4.3.1	GENERALIDADES	39
4.3.2	DISPOSIÇÕES GERAIS	39
4.3.3	EXECUÇÃO.....	40
4.3.4	RESUMO.....	40
4.4	ESPECIFICAÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL	40
4.4.1	APRESENTAÇÃO	40
4.4.2	OBJETIVO	40
4.4.3	REFERÊNCIAS	40
4.4.4	DEFINIÇÕES.....	41
4.4.5	CONCRETO.....	41
4.4.6	ELEMENTO ESTRUTURAL	41
4.4.7	CONDIÇÕES GERAIS.....	41
4.4.8	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	42
4.4.9	EQUIPAMENTOS.....	43
4.4.10	EXECUÇÃO.....	43
4.4.11	INSPEÇÃO.....	48
4.4.12	CONTROLE DA EXECUÇÃO:	49
4.4.13	ARGAMASSA:	50
4.4.14	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO.....	51
4.5	ESPECIFICAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO.....	52
4.5.1	GENERALIDADES	52
4.5.2	NORMAS.....	52
4.5.3	DEFINIÇÃO.....	52
4.5.4	DISPOSIÇÕES GERAIS	52
4.6	APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO	52
4.7	ESTACA TIPO WIRT.....	53
4.7.1	METODOLOGIA EXECUTIVA	53
4.7.2	PERFURAÇÃO	54
4.7.3	EQUIPAMENTOS.....	54
4.7.4	MATERIAIS.....	55
4.8	FÔRMAS	55
4.8.1	CONDIÇÕES GERAIS.....	55
4.8.2	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	56
4.8.3	INSPEÇÕES.....	59
4.8.4	DRENOS E PINGADEIRAS.....	59
5	PROJETO ESTRUTURAL DA OBRA DE ARTE ESPECIAL.....	61

6	ORÇAMENTO.....	74
6.1	PLANILHA DE QUANTIDADES	74
6.2	CAPA DO ORÇAMENTO	77
6.3	BDI.....	78
6.4	PLANILHA ORÇAMENTO	79
6.5	CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO.....	83
6.6	ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART OAE	86

Apresentação

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório, intitulado VOLUME 02 – PONTE DOS IMIGRANTES é parte integrante do Projeto de Engenharia para elaboração de uma nova Ponte com extensão total de 70,00m.

O relatório foi elaborado pela Empresa EXCELÊNCIA SOLUÇÕES EM ENGENHARIA, em conformidade com o Contrato celebrado com a Prefeitura Municipal de São João Batista.

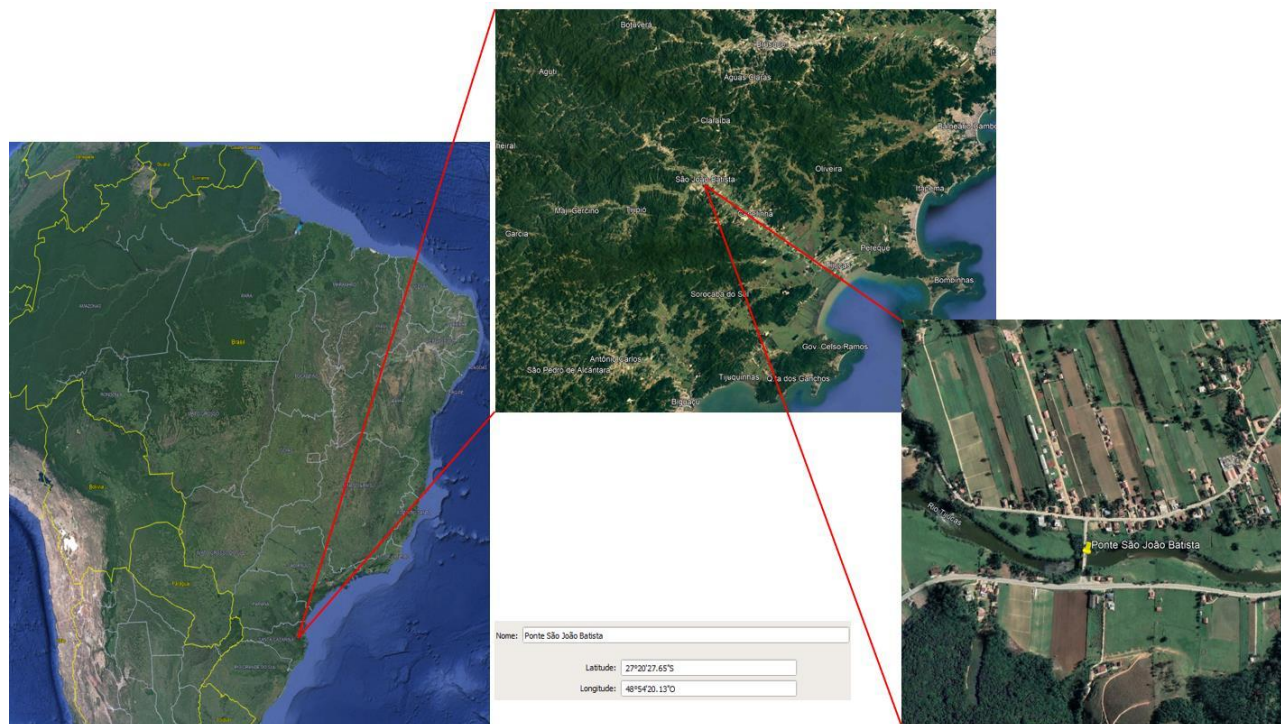


Imagem 1 – Locação da OAE

Levantamentos Topográficos

2 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

2.1 INTRODUÇÃO

Os serviços topográficos integrantes do relatório para o projeto consistiram na implantação e rastreamento pelo SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) da poligonal principal, implantação e leitura dos marcos que compõem as poligonais do levantamento planialtimétrico da OAE.

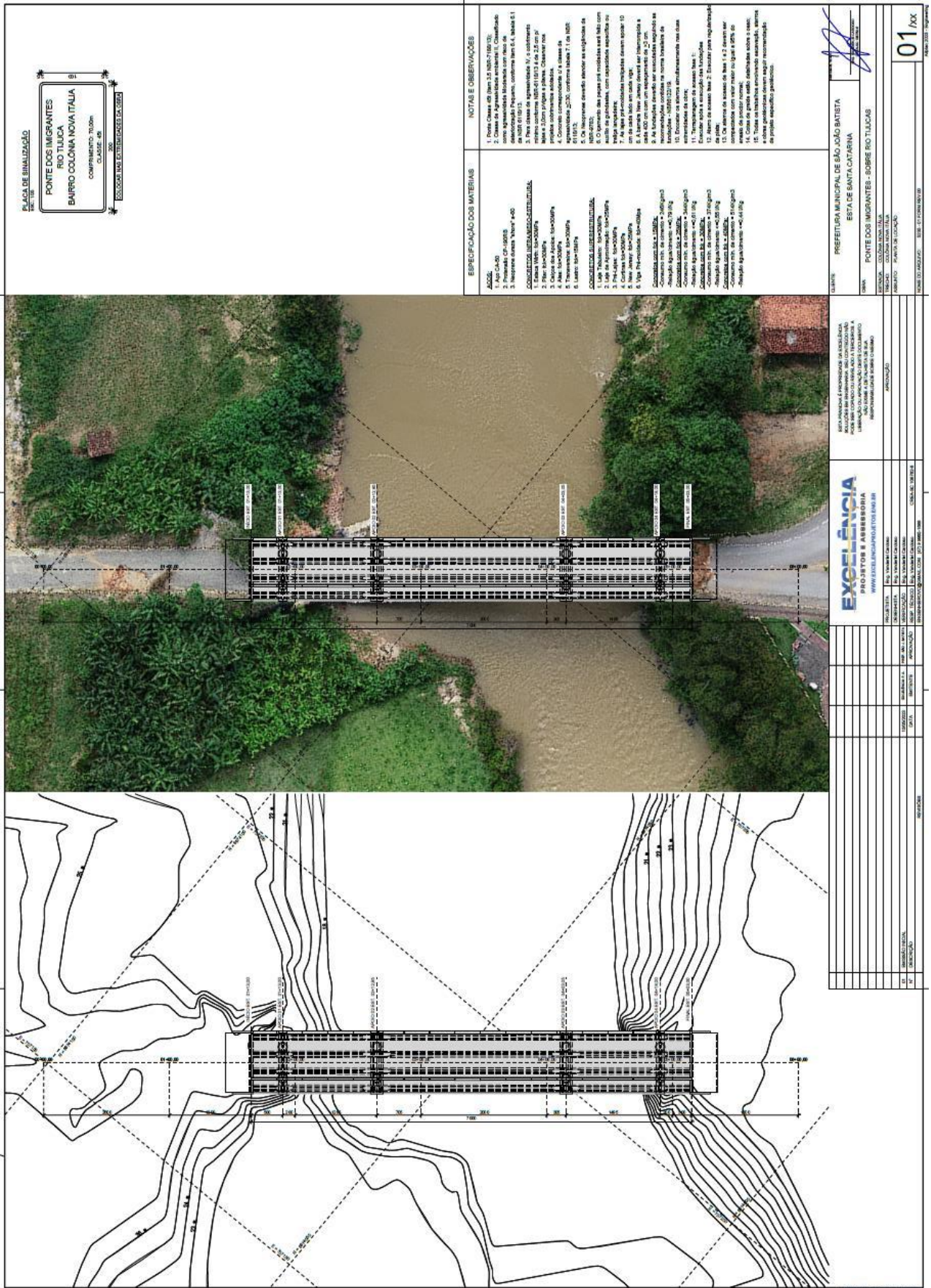
Os serviços de campo e escritório foram realizados de acordo com as normas e especificações, IS-204 – Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia – DNIT (2006), IS-205 – Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia – DNIT (2006), a norma NBR 13133/94 - Execução de levantamento topográfico, as exigências do Cliente e a observância das boas técnicas.

2.2 CADASTRO COMPLEMENTAR

O levantamento cadastral da faixa de domínio foi executado por processo de irradiação de pontos com a utilização de estação total, quando foram levantados todos os pontos de interesse ao projeto tais como: benfeitorias existentes, obras-de-arte especiais, obras-de-arte correntes, redes elétricas e de telefonia, plantio, vegetação (arbustos) e obstáculos visuais.

2.3 DESENHO DA PLANTA TOPOGRÁFICA

Os dados do levantamento planialtimétrico foram compilados em seus respectivos arquivos eletrônicos e processados através de softwares topográficos compatíveis com o sistema adotado gerando a planta topográfica do levantamento.



ESTUDO HIDROLÓGICO

3 ESTUDO HIDROLÓGICO

Visando a obtenção de elementos para o dimensionamento da obra de arte especial no rio Tijucas no município de São João Batista foi desenvolvido o presente estudo hidrológico.

Este estudo consiste na determinação do regime pluviométrico para a região atravessada pelo projeto, na caracterização fitogeomorfológica da bacia de contribuição e na obtenção da vazão de projeto para a seção de controle.

Para tanto, se fez necessário a obtenção de dados de pluviometria aos quais se deu tratamento estatístico, chegando assim, às curvas de intensidade-duração-frequência.

O desenvolvimento de todos esses passos tem o objetivo final de determinar a descarga no ponto de controle.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

3.1.1 Situação Geográfica

A bacia hidrográfica do rio tijucas está localizada na região hidrográfica do litoral centro, passando, na área de estudo, pelos seguintes municípios: Rancho Queimado, Angelina, Major Gercino e São João Batista em Santa Catarina. As coordenadas geográficas do exutório são Latitude -27°20'46" e Longitude -48°54'33".

3.1.2 Clima

Apresenta um clima quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. Segundo a Köppen e Geiger o clima é classificado como Cfa. Em Tijucas a temperatura média é 20.5 °C. 1683 mm é o valor da pluviosidade média anual.

3.1.3 Temperatura

No Estado de Santa Catarina a temperatura é influenciada pelo fator relevo: a latitude corrigida pela altitude significa uma conceituação fundamental. Possivelmente entendemos, então, com embasamento em que a temperatura se comporta, a apresentação das regiões de altitudes mais altas com temperaturas com "verão ameno".

Considerando a temperatura como elemento que começa a dividir o estado em zonas climáticas, se vê a seguinte marcação pelas isotermas:

- Uma faixa mais costeira e as superfícies de menor altitude da bacia do rio Iguaçu, onde as temperaturas médias variam de 18º C e 20,5 ºC.
- Uma faixa que equivale às áreas de maior altitude, onde as médias variam de 14,3º C a 16,3 ºC.

Refere-se, nesta situação, à média por ano. Diferenciações mais relevantes serão percebidas no momento em que as regiões climáticas e a conduta da temperatura média, dos meses de invernos aos meses de verão:

Áreas	Isoterma anual	Isoterma de verão	Isoterma de inverno
1º	18,0 a 20,5°C	22 a 24,5°C	14 a 17°C
2º	14,3 a 16,5°C	18 a 22°C	10 a 14°C

Na região de estudo as temperaturas máximas diárias ficam por volta de 21 °C, raramente caindo abaixo de 16 °C ou ultrapassando 26 °C. O dia cuja temperatura máxima tem média mais baixa é *21 de julho*, com 21 °C.

As temperaturas mínimas diárias ficam por volta de 15 °C, raramente caindo abaixo de 9°C ou ultrapassando 19 °C. O dia cuja temperatura mínima tem média mais baixa é *23 de julho*, com 14 °C.

3.1.4 Pluviometria

O estado de Santa Catarina, assim como todo o Sul do Brasil, é privilegiado quanto às alturas pluviométricas médias mensais, e ainda, quanto à distribuição espacial das chuvas, não havendo carências hídricas em um balanço de longo termo.

Analisando-se as precipitações médias de longo tempo, de uma forma geral pode-se afirmar que a região em estudo não manifesta uma estação completamente seca, ou com déficit hídrico.

A probabilidade de dias com precipitação em São João Batista varia acentuadamente ao longo do ano.

A *estação de maior precipitação* dura 5,3 meses, de 1 de janeiro a 11 de junho, com probabilidade acima de 48% de que um determinado dia tenha precipitação. O mês com maior número de dias com precipitação em São João Batista é *março*, com média de 26,8 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

A *estação seca* dura 6,7 meses, de 11 de junho a 1 de janeiro. O mês com menor número de dias com precipitação em São João Batista é *setembro*, com média de 2,7 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

3.1.5 Solos

A Geologia do Alto Vale do Rio Tijucas é constituída por três grandes grupos de rochas, caracterizados basicamente por suas idades e constituição: o Embasamento Cristalino composto pelo Complexo Águas Mornas, pelos corpos graníticos intrusivos; Grupo Brusque; a Cobertura Sedimentar Gonduânica (Bacia

Sedimentar do Paraná) representadas pelo Grupo Itararé e pelas Formações Rio Bonito, Irati, Palermo; e a Cobertura Sedimentar Quaternária.

O oeste da área de estudo, que abrange quase toda a área do Município de Leoberto Leal, e a parte ocidental dos municípios de Rancho Queimado, Angelina e Major Gercino, afloram rochas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Nos locais mais baixos do relevo, ou seja, no vale do rio Tijucas e dos seus afluentes, ocorrem sedimentos provenientes das alterações das rochas. Estes sedimentos constituem os depósitos mais recentes da área de estudo, a Cobertura Sedimentar Quaternária, de idade Cenozóica (de 65 milhões de anos atrás até os dias atuais) (Santa Catarina, 1986).

3.1.6 Vegetação

A atual vegetação na região está inserida no domínio Mata Atlântica.

Na região de estudo encontram-se as formações de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, com subformações características de áreas de transição de uma formação para outra.

3.1.7 Área de estudo

Na área de abrangência no segmento de interesse foram levantadas todas as estações pluviométricas contidas no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Dentre elas foi selecionada aquela que melhor atendesse a 3 critérios:

- Dados das precipitações totais mensais e número de dias de chuva;
- Proximidade da área no segmento de interesse;
- Série histórica de precipitações diárias com mais de 40 anos sem falhas.

A estação pluviométrica selecionada, bem como, a localização da área de estudo é apresentada no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Estação pluviométrica adotada

Cód. da Estação	Nome da Estação	Coord.		Operadora	Resp.	Município
		Lat	Long			
2748002	Nova Trento	-27 17 08	-48 56 00	EPAGRI	ANA	Nova Trento

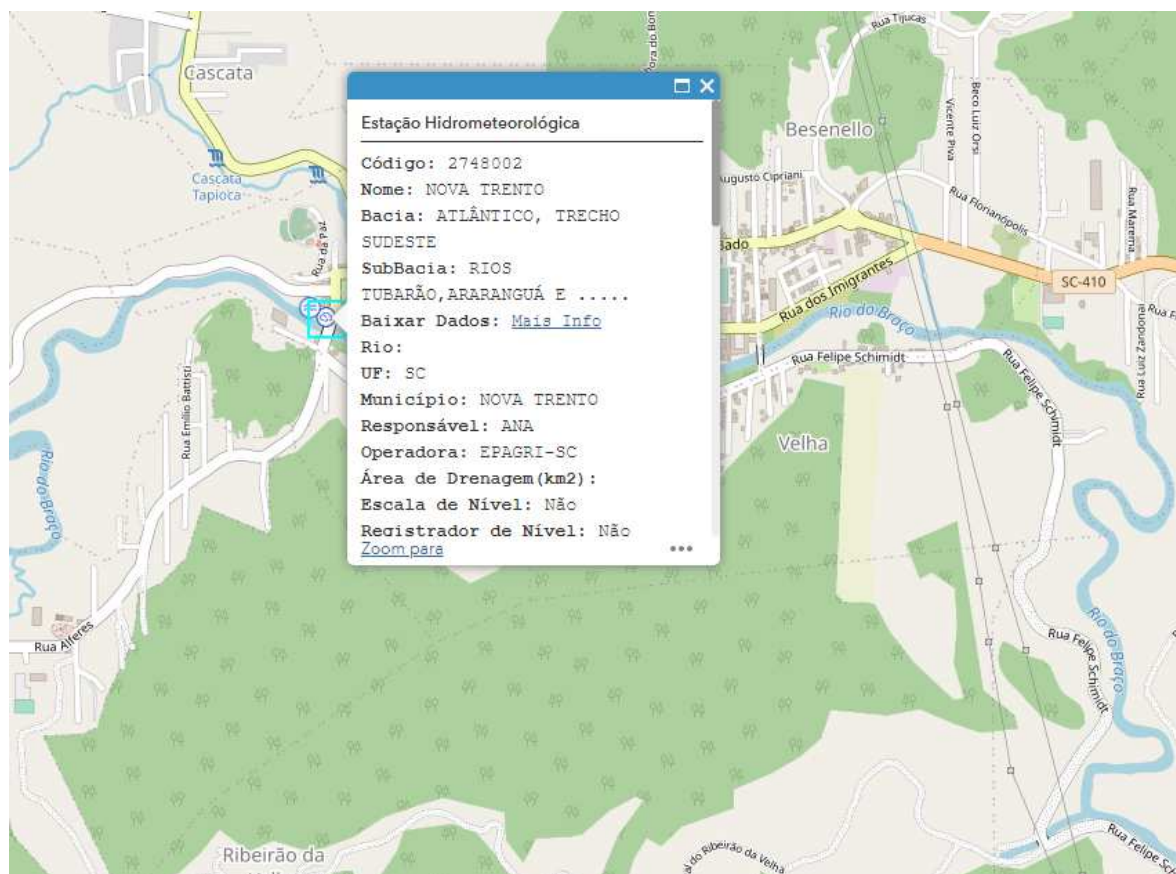


Figura 1 – ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ADOTADA

3.1.8 Coleta de Dados

As informações pluviométricas utilizadas dizem respeito à Estação Meteorológica de Nova Trento, localizada no Município de mesmo nome. As informações pluviométricas disponíveis neste posto são as que melhor representam a região do projeto.

Os dados do posto meteorológico de Nova Trento foram fornecidos por sua operadora, Agência Nacional de Águas - ANA, por meio de leitura de pluviômetro, sendo correspondentes às precipitações mensais, números de dias de chuva e precipitações máximas diárias anuais para o período de observação compreendido entre os anos de 1977 a 2020.

3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados de chuvas foram processados estatisticamente para fornecer os valores máximos, médios e mínimos das precipitações mensais, número de dias de chuva e precipitações máximas diárias anuais.

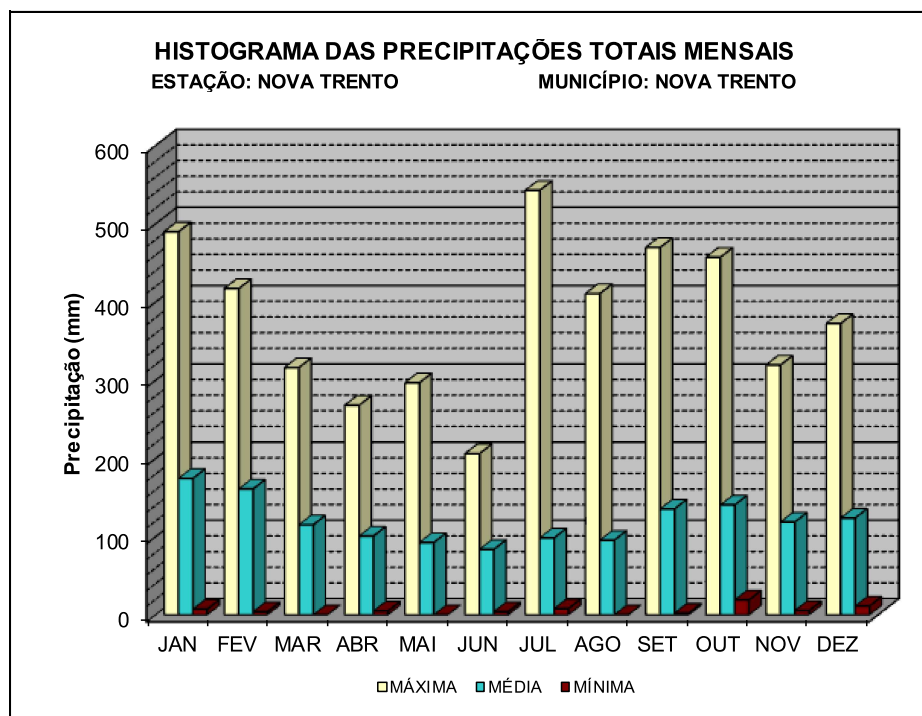
3.2.1 Precipitações Mensais

A partir das precipitações totais mensais obtidas durante o período de observação, calculou-se a precipitação total máxima, média e mínima mensal.

Pelo histograma da FIGURA 2, pode-se concluir que os meses de janeiro e fevereiro constituem os meses com maior precipitação, apresentando uma média mensal de 174,40 mm para o mês de janeiro e 161,00 para o mês de fevereiro. Ao longo do ano não se tem um período de estiagem característico,

pois as médias mensais situam-se acima de 83 mm. Analisando-se os valores médios, a ocorrência de uma seca sempre é possível, mas a probabilidade é pequena.

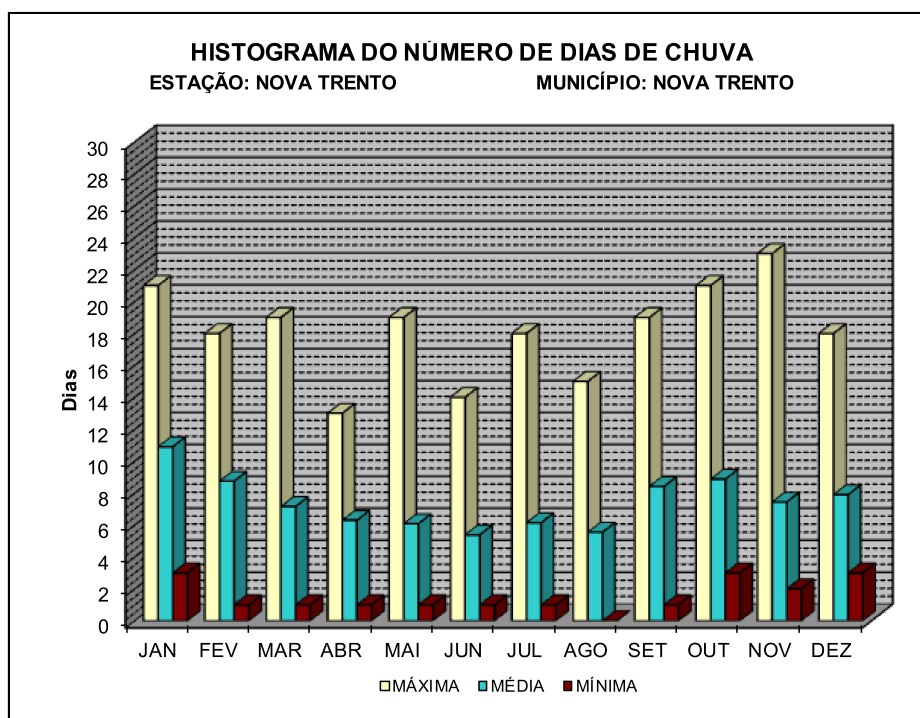
FIGURA 2
HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES TOTAIS MENSAIS



3.2.2 Número de Dias de Chuva

Com os dados de dias de chuva foram calculados os valores máximos, médios e mínimos que geraram o histograma da **FIGURA 3**.

FIGURA 3
HISTOGRAMA DO NÚMERO DE DIAS DE CHUVA



Comparando-se os histogramas de precipitações mensais e o número de dias de chuva, observa-se que há uma coerência entre o índice pluviométrico médio mensal com o correspondente número médio de dias de chuva. O período de junho a agosto mostrou-se como o trimestre menos chuvoso.

Os índices médios extremos correspondem a 10,9 e 5,4 dias de chuva, referentes aos meses de janeiro e junho, tendo-se para a média anual um total de 80,8 dias.

3.2.3 Precipitações Diárias Máximas Anuais

Com base nas precipitações diárias máximas mensais observadas determinaram-se as precipitações diárias máximas anuais para o período de observação. A partir destes valores, calculou-se a média das máximas anuais, bem como seu desvio padrão.

Para a estação de Nova Trento foram utilizados, nesta determinação, dados referentes a 44 anos, cujo período corresponde aos períodos de 1977 a 2020. Os resultados obtidos foram:

- \bar{h} = 81,68 mm;
- σ = 33,31 mm;
- n = 44 anos.

QUADRO 2
PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS MÁXIMAS ANUAIS OBSERVADAS (mm)
ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE NOVA TRENTO/SC

Ano	H máx.(mm)	Ano	H máx.(mm)	Ano	H máx.(mm)
1.977	47,40	1.992	75,90	2.007	40,80
1.978	125,20	1.993	59,80	2.008	134,80
1.979	115,30	1.994	85,70	2.009	47,20
1.980	98,10	1.995	87,10	2.010	40,20
1.981	152,10	1.996	28,90	2.011	142,40
1.982	60,60	1.997	73,00	2.012	136,00
1.983	125,00	1.998	90,70	2.013	78,20
1.984	96,20	1.999	57,40	2.014	110,00
1.985	97,40	2.000	84,40	2.015	90,00
1.986	97,00	2.001	62,50	2.016	82,50
1.987	90,40	2.002	62,80	2.017	110,80
1.988	34,20	2.003	50,60	2.018	70,00
1.989	48,10	2.004	124,00	2.019	70,00
1.990	28,10	2.005	52,80	2.020	120,00
1.991	83,50	2.006	26,80		

3.2.4 Curvas Intensidade-Duração-Frequência

Para a obtenção das curvas que relacionam altura de precipitação em função do tempo de duração e o tempo de recorrência, utilizou-se o método proposto pelo Eng.º Jorge Jaime Torga Torrico.

Em síntese, este método consiste em se efetuar a correlação entre as precipitações de 24 horas, 1 hora e 6 minutos de duração dentro das isozonas homogêneas, observadas estatisticamente com base nos dados da publicação "Chuvas Intensas no Brasil" do Eng.º Otto Pfafstetter, segundo a **FIGURA 4** disposta à continuação:

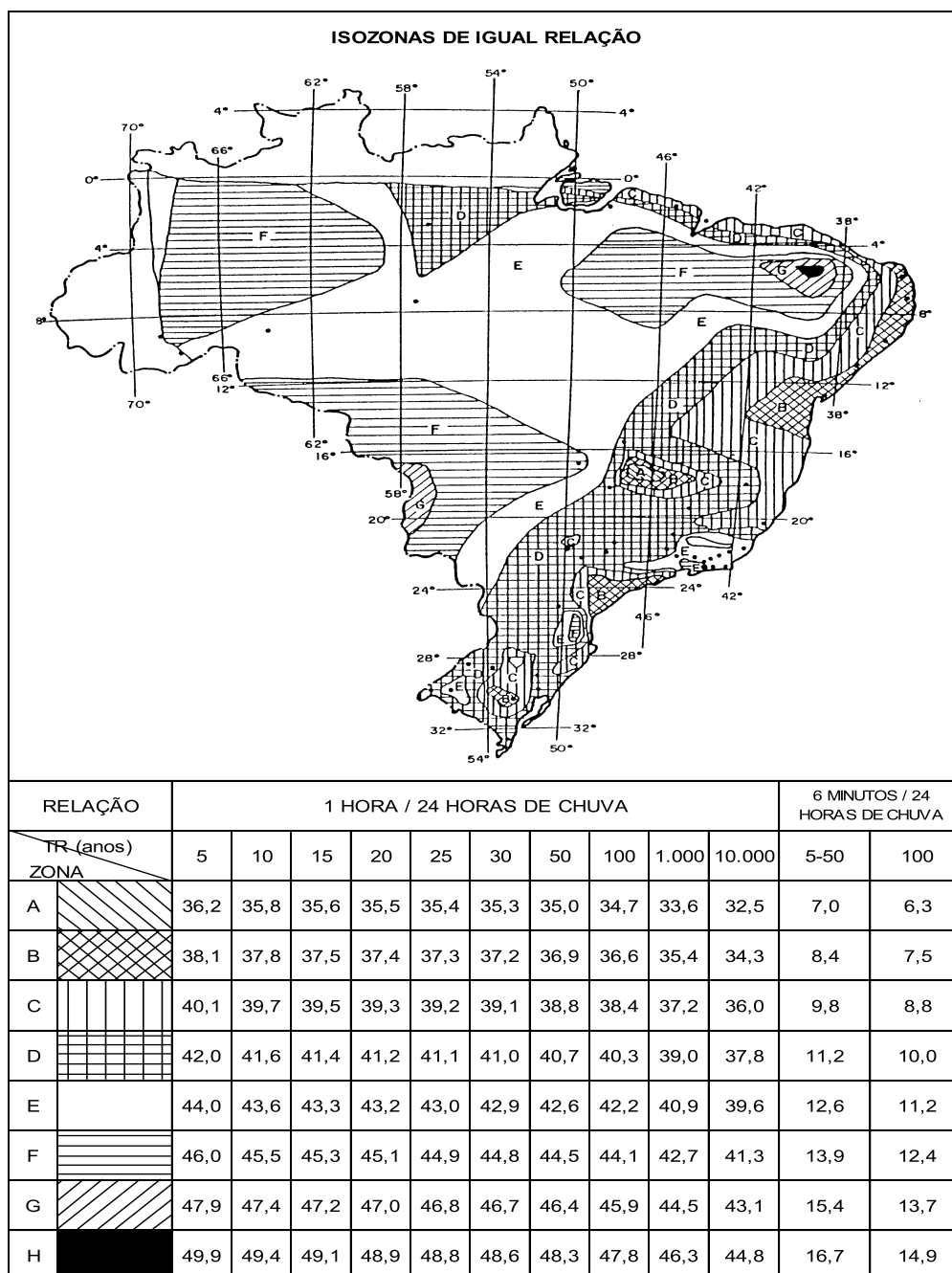


FIGURA 4

Para o cálculo da máxima precipitação de 1 dia, para tempos de recorrência de 5,10, 15, 25, 50, e 100 anos, utilizou-se a equação de Ven Te Chow com os coeficientes probabilísticos de Gumbel.

$$h = \bar{h} + k_m * \sigma$$

Onde:

h = precipitação para o tempo de recorrência especificado;

\bar{h} = precipitação média das máximas diárias;

σ = desvio padrão das máximas;

km = fator de frequência, pelo método de Gumbel. Depende do número de anos de observação.

O valor obtido para a máxima precipitação de 1 dia foi corrigido para a precipitação de 24 horas multiplicando-se por 1,095, adotando procedimento recomendado pelo Eng.^o Pfafstetter na publicação citada. Em seguida, determinou-se a isozona do projeto como sendo a “E” e calcularam-se as chuvas com duração de 1 hora e 6 minutos. Esses valores foram calculados para os tempos de recorrência de 50 e 100 anos e constam na **TABELA 1**.

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE ALTURA DE CHUVA-DURAÇÃO							
TR = 5	P1dia(Chow-Gumbel) = 109,33			TR = 10	P1dia(Chow-Gumbel) = 131,05		
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	15,08	150,84	0,1	0,126	18,08	180,80
1,0	0,440	52,67	52,67	1,0	0,436	62,56	62,56
24,0	1,095	119,71	4,99	24,0	1,095	143,49	5,98
TR = 15	P1dia(Chow-Gumbel) = 143,17			TR = 25	P1dia(Chow-Gumbel) = 158,53		
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	19,75	197,53	0,1	0,126	21,87	218,72
1,0	0,433	67,88	67,88	1,0	0,430	74,64	74,64
24,0	1,095	156,77	6,53	24,0	1,095	173,59	7,23
TR = 50	P1dia(Chow-Gumbel) = 178,91			TR = 100	P1dia(Chow-Gumbel) = 199,13		
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	24,68	246,84	0,1	0,112	24,42	244,21
1,0	0,426	83,46	83,46	1,0	0,422	92,02	92,02
24,0	1,095	195,91	8,16	24,0	1,095	218,05	9,09

TABELA 1
DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE ALTURA DE CHUVA-DURAÇÃO

Com esses valores, foram então traçadas no papel de probabilidades de Hershfield e Wilson, as retas das precipitações, onde se pode ler a altura de chuva para qualquer tempo de duração de chuva entre 6 minutos e 24 horas, **FIGURA 5**. A **TABELA 2** mostra os resultados obtidos a partir de várias leituras para a Estação de Nova Trento, nos tempos de recorrência de 50 e 100 anos.

FIGURA 5

ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO

ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO

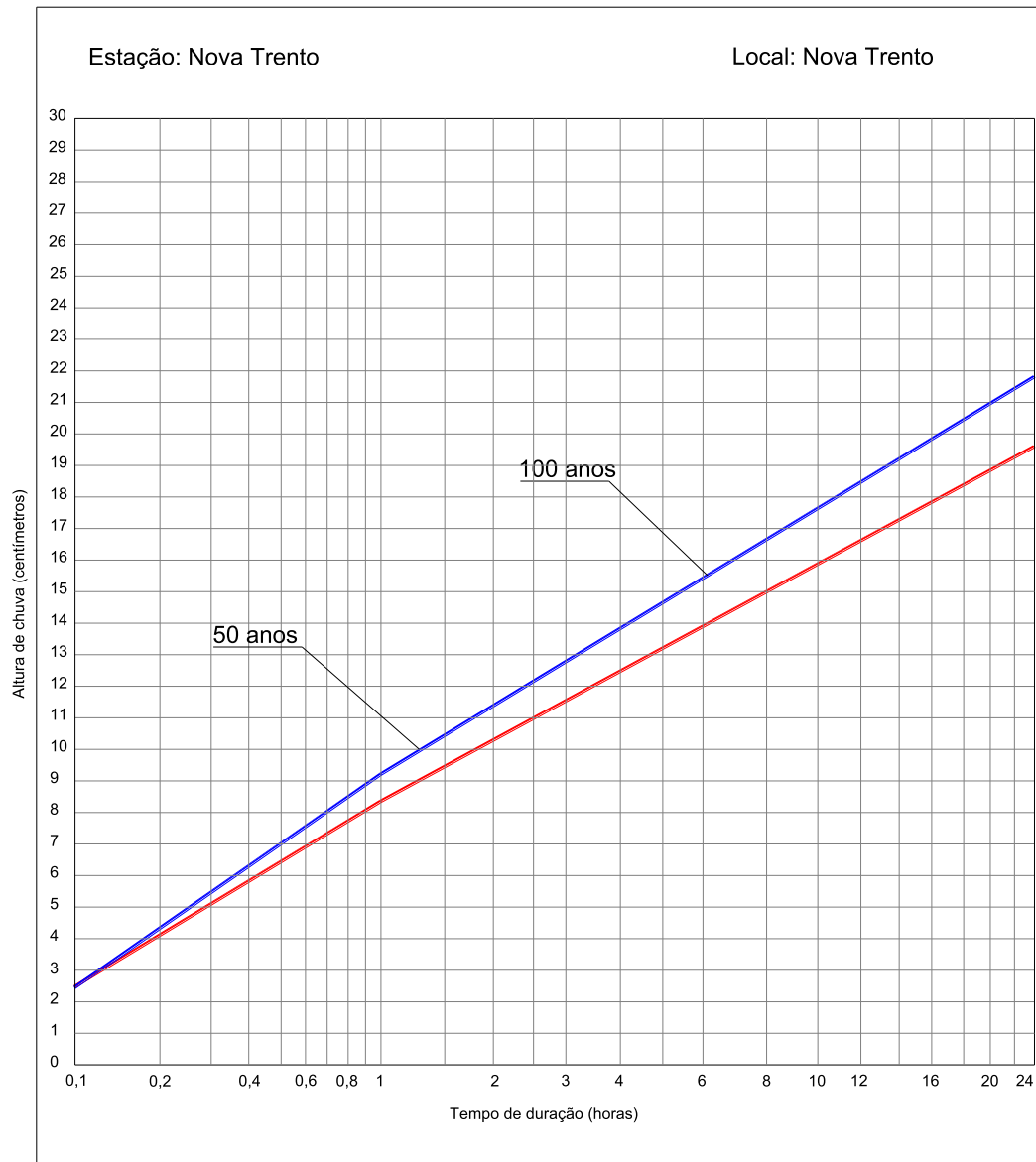


TABELA 2

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE ALTURA DE CHUVA-DURAÇÃO

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA					
Duração		TR=50 anos		TR=100 anos	
(horas)	(minutos)	H (mm)	I (mm/h)	H (mm)	I (mm/h)
0,1	6	24,68	246,84	24,42	244,21
0,3	18	50,84	169,47	54,51	181,70
0,4	24	58,06	145,15	62,81	157,03
0,5	30	64,29	128,58	69,97	139,94
0,8	48	77,17	96,46	84,78	105,98
1,0	60	83,46	83,46	92,02	92,02
1,5	90	94,43	62,95	104,31	69,54
2,0	120	102,80	51,40	113,69	56,85
2,5	150	109,71	43,88	121,44	48,58
3,0	180	115,28	38,43	127,69	42,56
6,0	360	138,85	23,14	154,10	25,68
12,0	720	166,04	13,84	184,57	15,38
16,0	960	178,21	11,14	198,22	12,39
20,0	1200	188,31	9,42	209,54	10,48
24,0	1440	195,91	8,16	218,05	9,09

As curvas de INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA, apresentadas na **FIGURA 6**, foram traçadas segundo os pontos obtidos no papel de probabilidades, acima citado. A partir delas, pode-se obter a intensidade de chuva para qualquer tempo de duração.

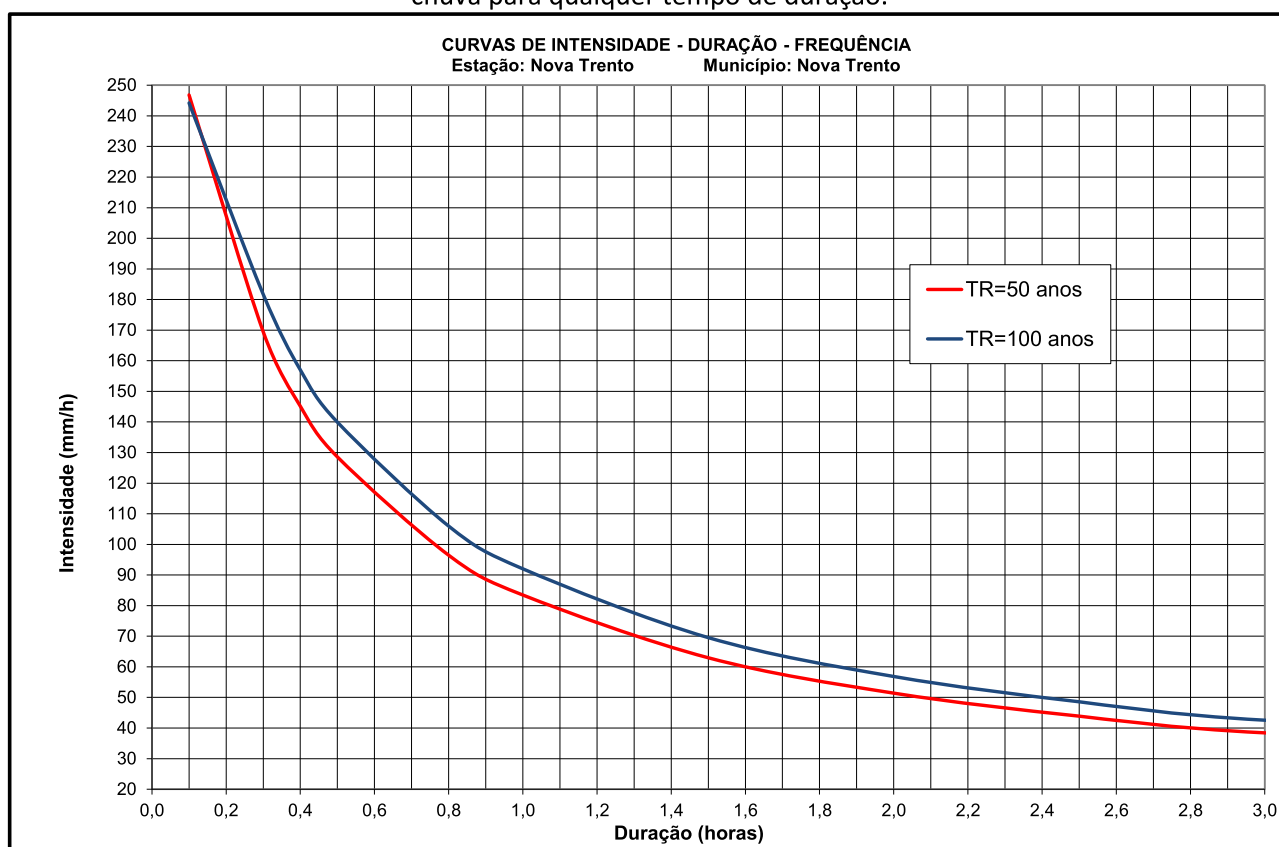


FIGURA 6

CURVAS DE INTENSIDADE – DURAÇÃO – FREQUÊNCIA

3.2.5 Tempo de Recorrência

Tempo de recorrência ou frequência é o período máximo provável para um evento ser igualado ou superado. No caso de drenagem, esse evento seria a ocorrência da combinação da intensidade e duração de uma chuva, com uma determinada frequência. A determinação do valor a ser usado leva em consideração a importância da via no que tange:

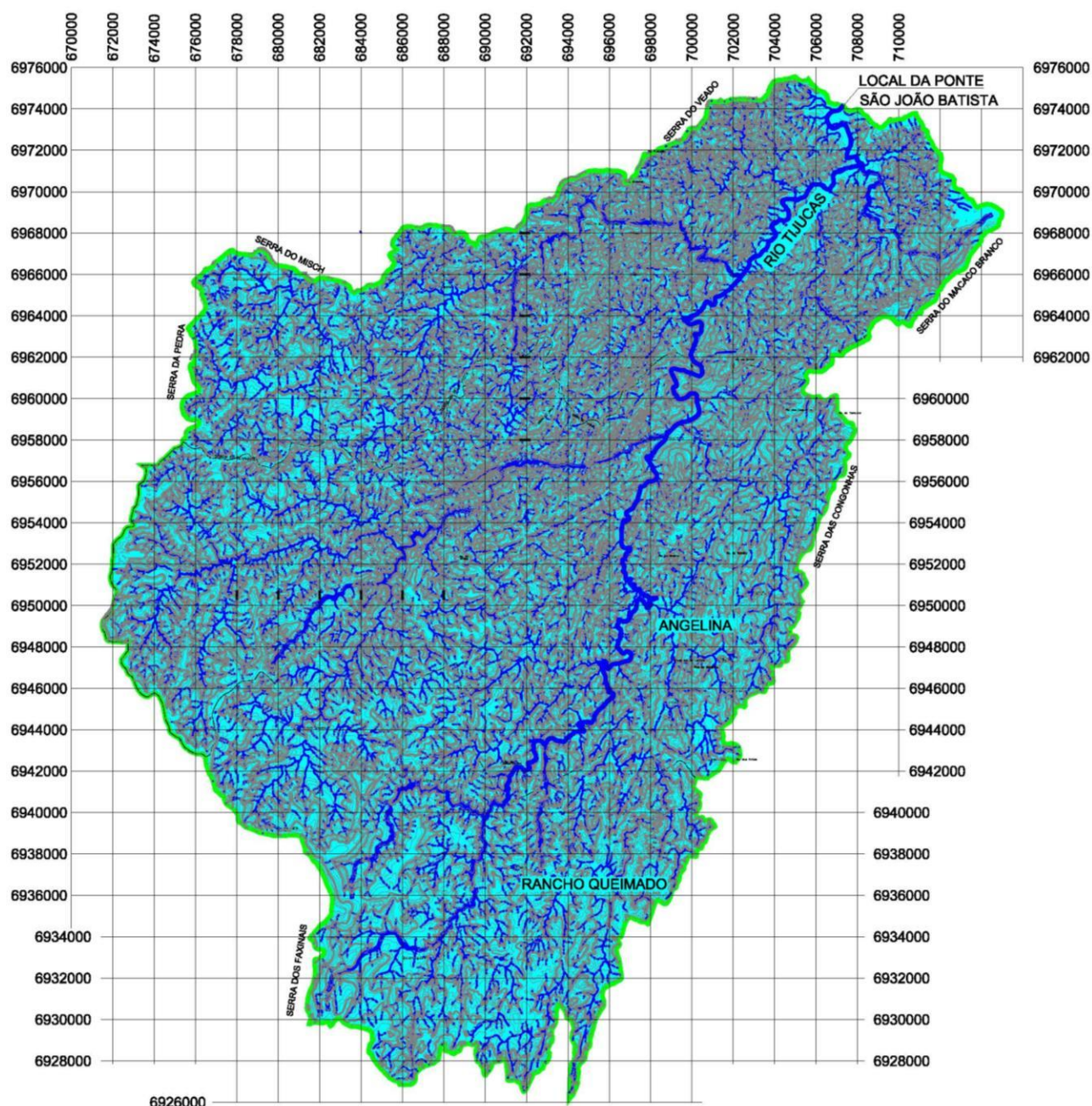
- Ao risco ou perigo à vida humana;
- Aos prejuízos a propriedades limítrofes;
- À interrupção do tráfego nas vias da área;
- À importância das vias de tráfego de veículos da área.

Assim, de acordo também com tipo de dispositivo de drenagem, foi definido o seguinte valor para tempo de recorrência:

- - Obras de arte especiais: 100 anos.

3.3 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica foi delimitada em restituições topográficas definidas nas cartas do IBGE, escala 1:100.000. À continuação do texto, apresenta-se a bacia do rio Tijucas no município de São João Batista utilizada no estudo.



- A vazão hidrológica da bacia foi determinada em função do método:
- - Método do Soil Conservation Service (SCS): Para bacias com áreas superiores a 10 km².
- Bacias com Área Superior a 10 km²

3.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga. Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e consequentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto.

Estudos em bacias médias e grandes, com dados de enchentes observadas, demonstraram que a aplicação do hidrograma unitário triangular do U.S. Soil Conservation Service fornece resultados pertinentes às observações, se forem adotados tempos de concentração 50% maiores do que os calculados pela expressão proposta por KIRPICH. Sugere-se, assim a adoção da seguinte fórmula:

Fórmula de KIRPICH MODIFICADA $T_c = 1,42 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$;p/ $A_{\text{bacia}} > 0,80 \text{ km}^2$

Onde:

T_c = tempo de concentração, em horas.

L = comprimento do curso d'água, em km;

H = desnível máximo, em m.

Tempo de Pico (t_p)

O tempo de pico pode ser determinado através de uma das seguintes equações:

$$t_p = 0,5 \times t_r + 0,6 \times t_c$$

Tempo de Base (t_b)

$$t_b = 2,67 \times t_p$$

Vazão de Pico (Q_p)

$$q_p = \frac{2 \times P \times A}{t_b}$$

Ou

$$Q_p = \frac{0,208 \times A \times P_e}{t_p}$$

Onde:

Q_p = descarga de projeto (m^3/s);

0,208 = fator adimensional de conversão de unidades;

A = área da bacia drenada (km²);

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm);

T_c = tempo de pico (horas).

Precipitação efetiva

A precipitação efetiva é obtida com base na fórmula proposta pelo “US Soil Conservation Service” que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P + 0,8.S}$$

Onde:

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm);

P = Precipitação para uma duração D(mm);

S = Valor adimensional que depende das características da bacia (coeficiente CN), cuja equação é apresentada abaixo:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Os valores de CN são obtidos junto ao **Tabela 3**.

Tabela 3 – Valores das Curvas – Números – CN

Condições de superfície	Orografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	CN	C	CN
Áreas urbanizadas; Cerrados, pastagens	A	0,1	50	0,2	55	0,30	65
	B	0,2	55	0,3	60	0,4	70
	C	0,4	60	0,6	65	0,6	75
	D	0,60 - 0,80	70	0,60- 0,80	75	0,60 - 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,2	45	0,3	50	0,4	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,3	60	0,4	60	0,5	70
	D	0,4	65	0,5	70	0,6	75
	A	0,1	35	0,3	45	0,4	50

Culturas e pastagens	B	0,2	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,3	50	0,4	60	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70
Culturas Terraceadas	A	0,1	30	0,2	40	0,3	50
	B	0,15	40	0,3	50	0,4	55
	C	0,2	50	0,4	55	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70

Onde:

A = Superfície muito permeável ("LOESS" em camadas espessas);

B = Superfície permeável ("LOESS" em camadas rasas e areias);

C = Superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos);

D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).

a) Cálculo da Vazão

A vazão de projeto é determinada através da seguinte equação:

$$Q_p = \frac{0,208 Aq}{t_p}$$

Onde:

Q_p = Descarga de pico unitária, em $m^3/s/cm$;

A = Área da bacia, em km^2 ;

t_p = Tempo de pico, em horas.

3.5 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE PONTES

O dimensionamento hidráulico de pontes tem por objetivo a determinação da cota de cheia máxima, de modo a permitir a definição da elevação mínima da superestrutura da obra, de forma que esta não seja atingida quando da ocorrência de vazões extraordinárias.

Utiliza-se a Fórmula de Manning. Para cada altura h do nível de água, haverá uma área molhada A , um perímetro molhado P , um raio Hidráulico $R = A/P$ e uma velocidade V dada por:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

A vazão correspondente é dada por:

$$Q = A.v$$

Reagrupando as duas expressões:

$$A.R^{2/3} = \frac{Q.n}{I^{1/2}}$$

Nesta expressão, o termo à direita é função apenas das características geométricas da seção, para uma determinada altura h .

Sendo I e n constantes, e independentes da altura da água, verifica-se que V e Q são função apenas de h .

Variando-se, então, os valores de h traçam-se as curvas referidas a dois eixos cartesianos. No eixo das abscissas em duas escalas, para simplificação dos desenhos, marcam-se os valores de $AR^{2/3}$ e V . No eixo das ordenadas, os valores de h .

Assim, a partir do valor de $Q_{máx}$ obtido nos estudos hidrológicos, obtém-se o valor requerido para o segundo termo da expressão anterior. Igualando-se este termo a $AR^{2/3}$, se obtém, no eixo das ordenadas, o valor de $h_{máx}$ e na curva de v a velocidade na seção projetada.

A área estudada apresenta um ponto onde deverá ser construída uma nova ponte. Esta ponte foi dimensionada de acordo com a metodologia expressa acima e com a vazão encontrada no estudo hidrológico.

Para o dimensionamento da cota de máxima cheia no ponto de transposição, fez-se o dimensionamento da cota de máxima cheia para três seções do canal, espaçadas a cada 50,00 m. Após a verificação da cota de máxima cheia nas três seções, adotou-se a maior cota como a cota de máxima cheia no ponto de transposição.

3.5.1 Transposição do Rio Tijucas

O cálculo da vazão, bem como, o dimensionamento da cota de máxima cheia para a transposição do Rio Tijucas no município de São João Batista está sintetizado à continuação:

HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR - RIO TIJUCAS

Bacia	Nº=	01		Declividade do talvegue principal	I=	1,13	%
Localização talvegue principal	Est.=			Tempo de concentração	TC=	859,8	min
Tempo de recorrência	TR=	100	anos	Duração unitária da chuva	DU=	114,6	min
Área da bacia hidrográfica	AR=	1.158,80	km²	Tempo de pico da cheia	TPC=	573,2	min
Comprimento do talvegue principal	L=	79.890	m	Tempo de base do hidrograma	TB=	1528,5	min
Desnível do talvegue principal	h=	900	m	Descarga de ponta do fluviograma	QP=	25,270	m³/s
Coef. de caracterização da bacia	K=	3,50		Valor adimensional (função de CN)	S=	169,3	
Nº da curva de infiltração no solo	CN=	60		Perda mínima por infiltração	PM=	3,0	mm/h

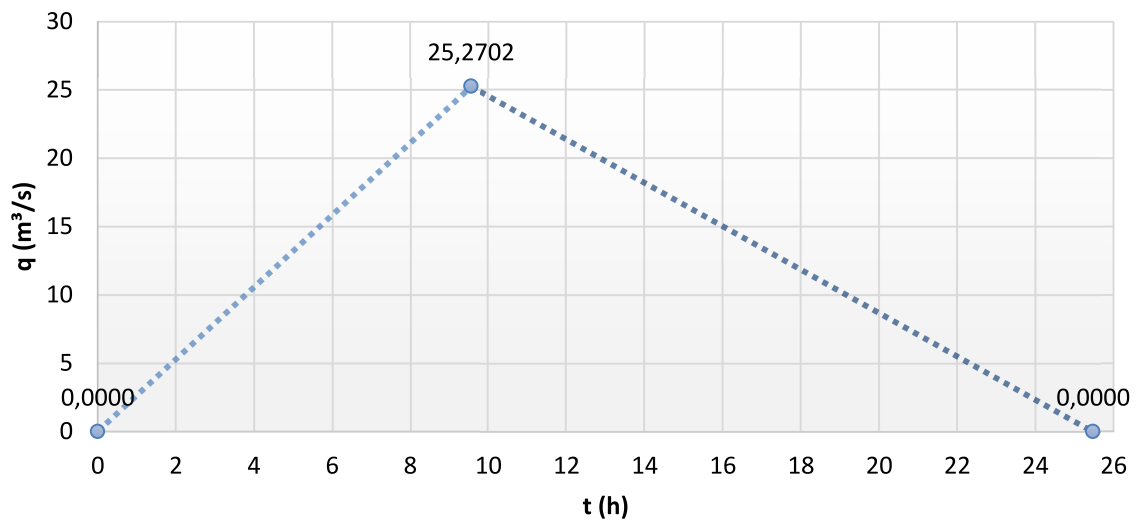
D (min)	D (h)	P (mm)	FS	FA	P1 (mm)	ACR. DE P1 (mm)
115	1,91	113,00	1	0,8334	94,17	94,17
229	3,82	138,00	1	0,8334	115,01	20,84
344	5,73	152,00	1	0,8334	126,68	11,67
459	7,64	163,00	1	0,8334	135,84	9,17
573	9,55	174,00	1	0,8334	145,01	9,17
688	11,46	181,00	1	0,8334	150,85	5,83
802	13,37	189,00	1	0,8334	157,51	6,67
917	15,29	197,00	1	0,8334	164,18	6,67
1032	17,20	202,00	1	0,8334	168,35	4,17
1146	19,11	208,00	1	0,8334	173,35	5,00
1261	21,02	211,00	1	0,8334	175,85	2,50
1376	22,93	215,00	1	0,8334	179,18	3,33

Intervalo (min)		P1	P1	PE	ACR. DE PE	Perda
de	a	Rearranjado	Acumulado	(mm)	(mm)	(mm)
802	917	6,67	6,67	5,20	5,20	3,00
459	573	9,17	15,83	2,15	0,00	9,17
229	344	11,67	27,50	0,25	0,00	11,67
0	115	94,17	121,68	29,99	24,78	69,39
115	229	20,84	142,51	42,46	12,48	8,36
344	459	9,17	151,68	48,34	5,87	3,29
688	802	6,67	158,35	52,74	4,40	3,00
573	688	5,83	164,18	56,67	3,93	3,00
1032	1146	5,00	169,18	60,10	3,43	3,00
917	1032	4,17	173,35	63,00	2,90	3,00
1261	1376	3,33	176,68	65,34	2,34	3,00
1146	1261	2,50	179,18	67,11	1,77	3,00

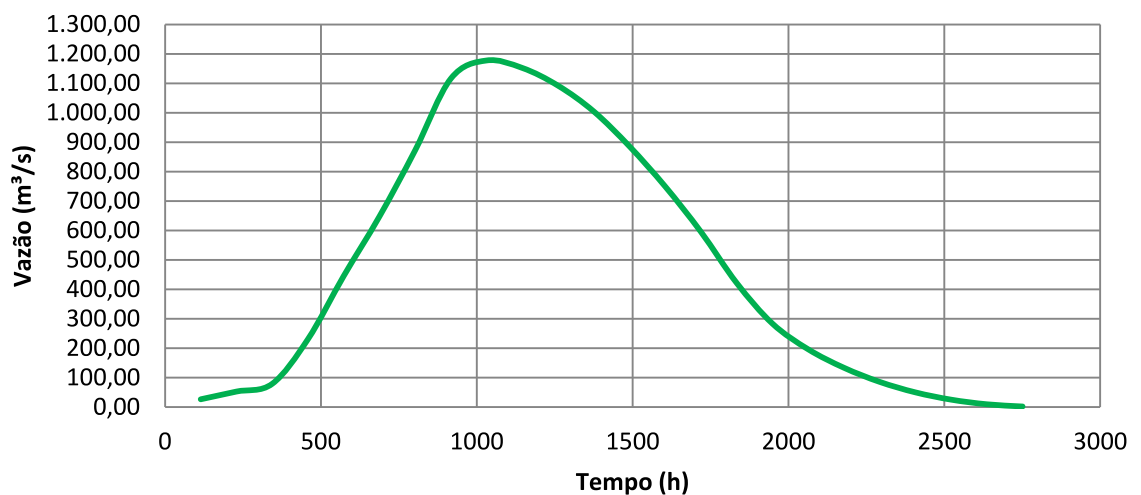
TEMPO (min)	ACR. PE (mm)	H= 20	H= 40	H= 60	H= 80	H= 100	H= 88	H= 76	H= 64	H= 52	H= 40	H= 28	H= 16	H= 4	DESC. (m³/s)
115	5,20	104													26,281
229	0,00	0	208												52,562
344	0,00	0	0	312											78,843
459	24,78	496	0	0	416										230,464
573	12,48	250	991	0	0	520									445,008
688	5,87	117	499	1487	0	0	458								647,169
802	4,40	88	235	749	1983	0	0	396							872,074
917	3,93	79	176	352	998	2478	0	0	333						1115,931
1032	3,43	69	157	264	470	1248	2181	0	0	271					1177,590
1146	2,90	58	137	236	352	587	1098	1883	0	0	208				1152,067
1261	2,34	47	116	206	315	440	517	948	1586	0	0	146			1091,924
1376	1,77	35	94	174	274	393	387	446	799	1289	0	0	83		1004,237
1490			71	141	232	343	346	334	376	649	991	0	0	21	885,467
1605				106	187	290	302	299	282	305	499	694	0	0	749,008
1720					142	234	255	261	252	229	235	349	397	0	594,860
1834						177	206	220	220	205	176	164	200	99	421,254
1949							156	178	185	178	157	123	94	50	283,279
2064								135	150	151	137	110	70	23	196,097
2178									113	122	116	96	63	18	133,426
2293										92	94	81	55	16	85,413
2407											71	66	46	14	49,782
2522												50	37	12	25,017
2637													28	9	9,350
2751														7	1,769

DESCARGA MÁXIMA Q(m³/s)= 1.177,59

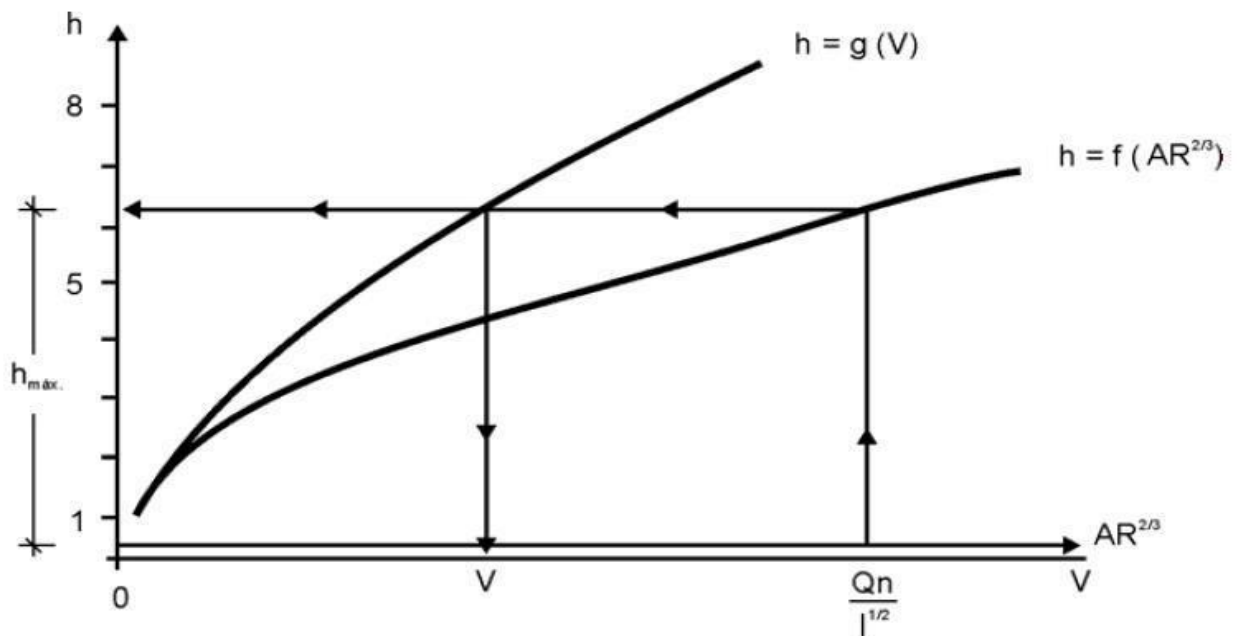
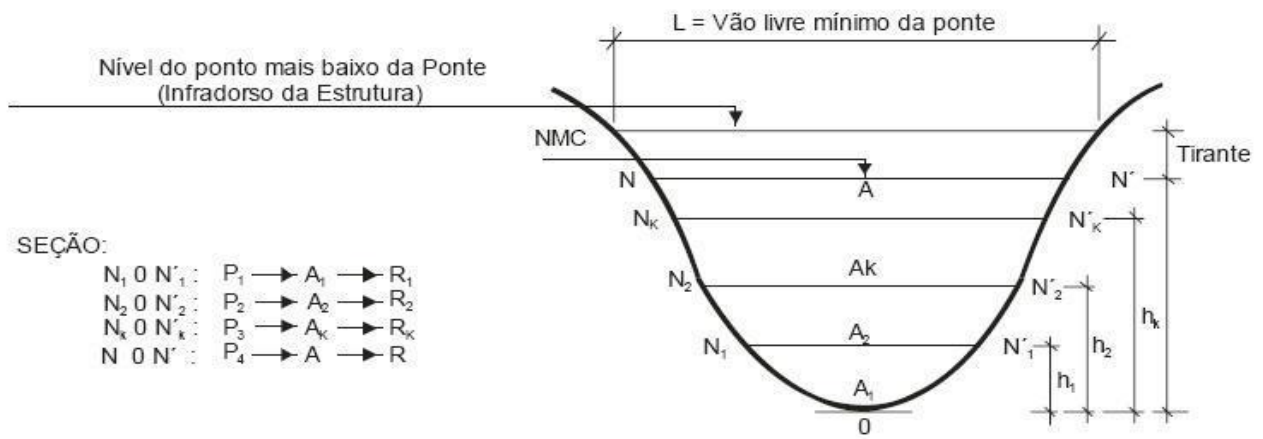
Hidrograma Unitário ($t_r=0,8h$)



Hidrograma Unitário Triangular



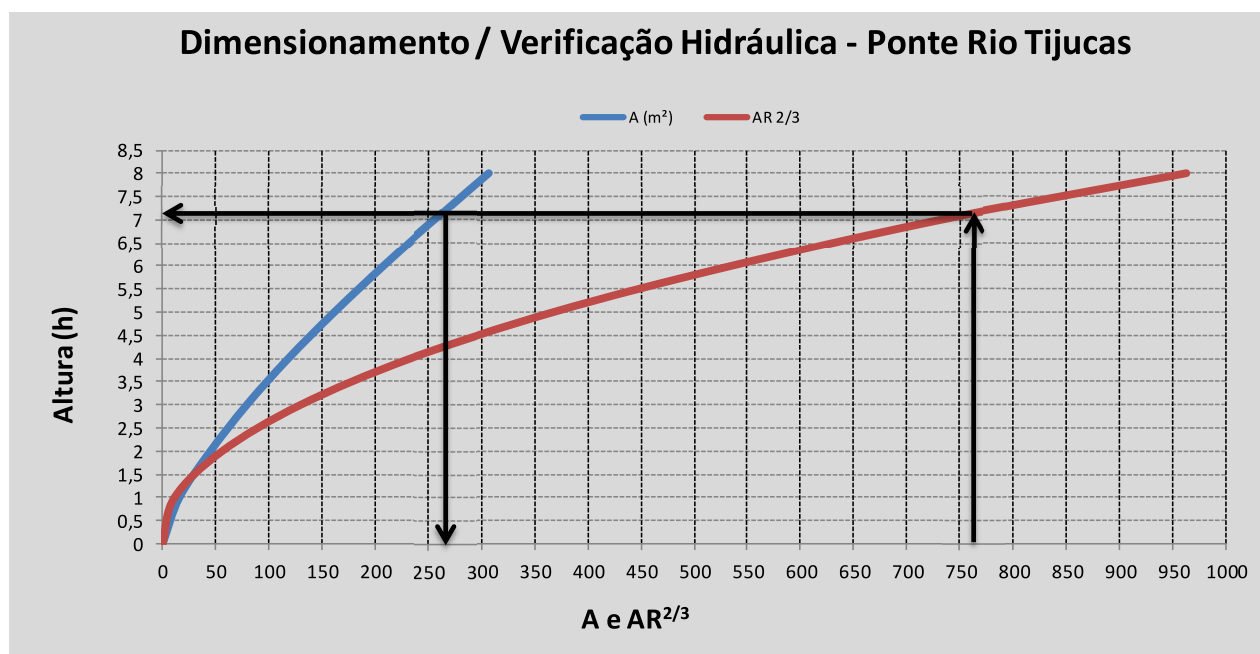
3.6 DIMENSIONAMENTO DA COTA DE CHEIA MÁXIMA



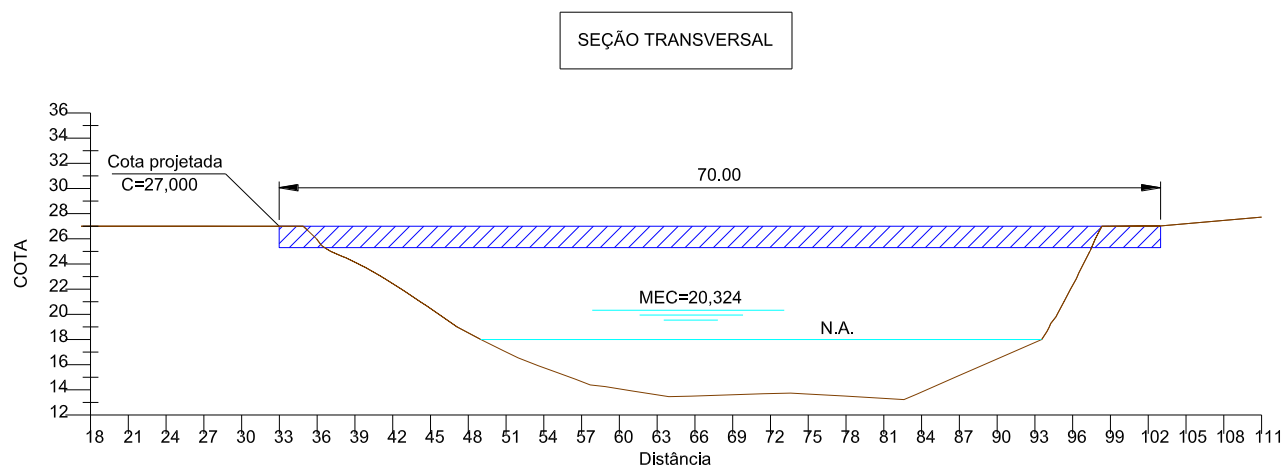
DADOS DE PROJETO	
TR (anos) =	100
Qp (m³/s) =	1177,29
AR ^{2/3} =	752,30

CÁLCULOS HIDRÁULICOS	
N Manning =	0,0350
I (m/m) =	0,0030
Free-board (m) =	1,00

H (m)	Cota (m)	L (m)	P (m)	A (m²)	R (m)	R ^{2/3}	AR ^{2/3}	I ^{1/2}	Q (m³/s)	V (m/s)
0	13,224	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	14,224	26,10	26,39	15,79	0,60	0,71	11,21	0,05	17,55	1,11
2,00	15,224	31,72	32,38	44,99	1,39	1,25	56,02	0,05	87,67	1,95
3,00	16,224	36,67	37,71	79,18	2,10	1,64	129,83	0,05	203,18	2,57
4,00	17,224	41,19	42,67	118,18	2,77	1,97	233,07	0,05	364,74	3,09
5,00	18,224	45,05	47,06	161,46	3,43	2,27	367,29	0,05	574,78	3,56
6,00	19,224	47,43	50,29	207,75	4,13	2,57	534,87	0,05	837,03	4,03
7,00	20,224	49,56	53,26	256,28	4,81	2,85	730,45	0,05	1143,10	4,46
8,00	21,224	51,56	55,18	306,84	5,56	3,14	963,09	0,05	1507,16	4,91
7,10	20,324	Hmáx ←							1177,29	← Qmáx



3.7 PROPOSTA PARA SEÇÃO DE PROJETO



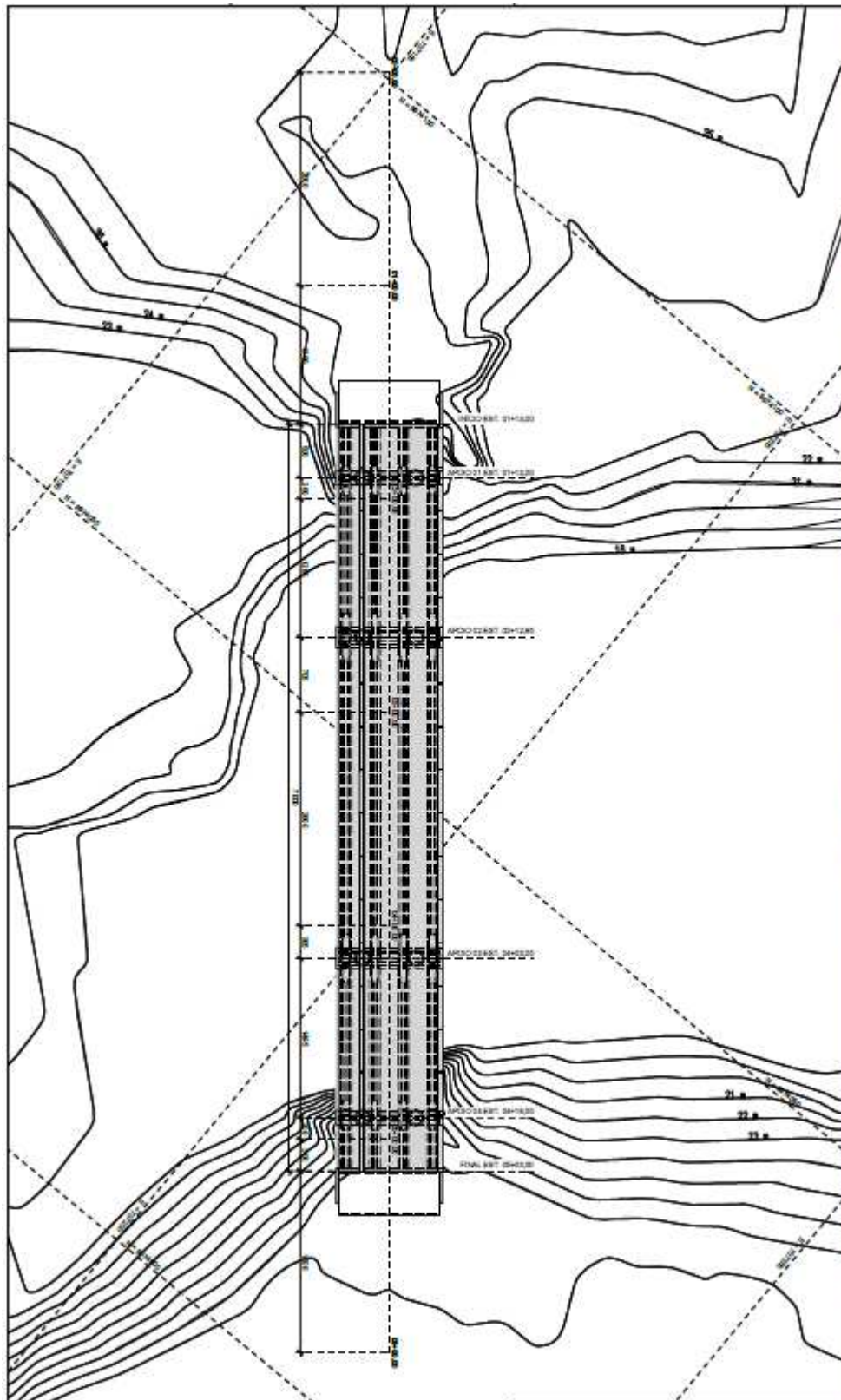
Em função da cota de máxima enchente calculada de 20,324 e considerando um free board de 1,00m a altura de segurança atingiria a cota de 21,324. Sugere-se, portanto, que a ponte projetada fique na cota aproximada de 27,000 e com 70,00m de extensão garantindo a sua segurança com uma folga estimada.

Memorial Descritivo da Obra

4 MEMORIAL DESCRITIVO DA OBRA

4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

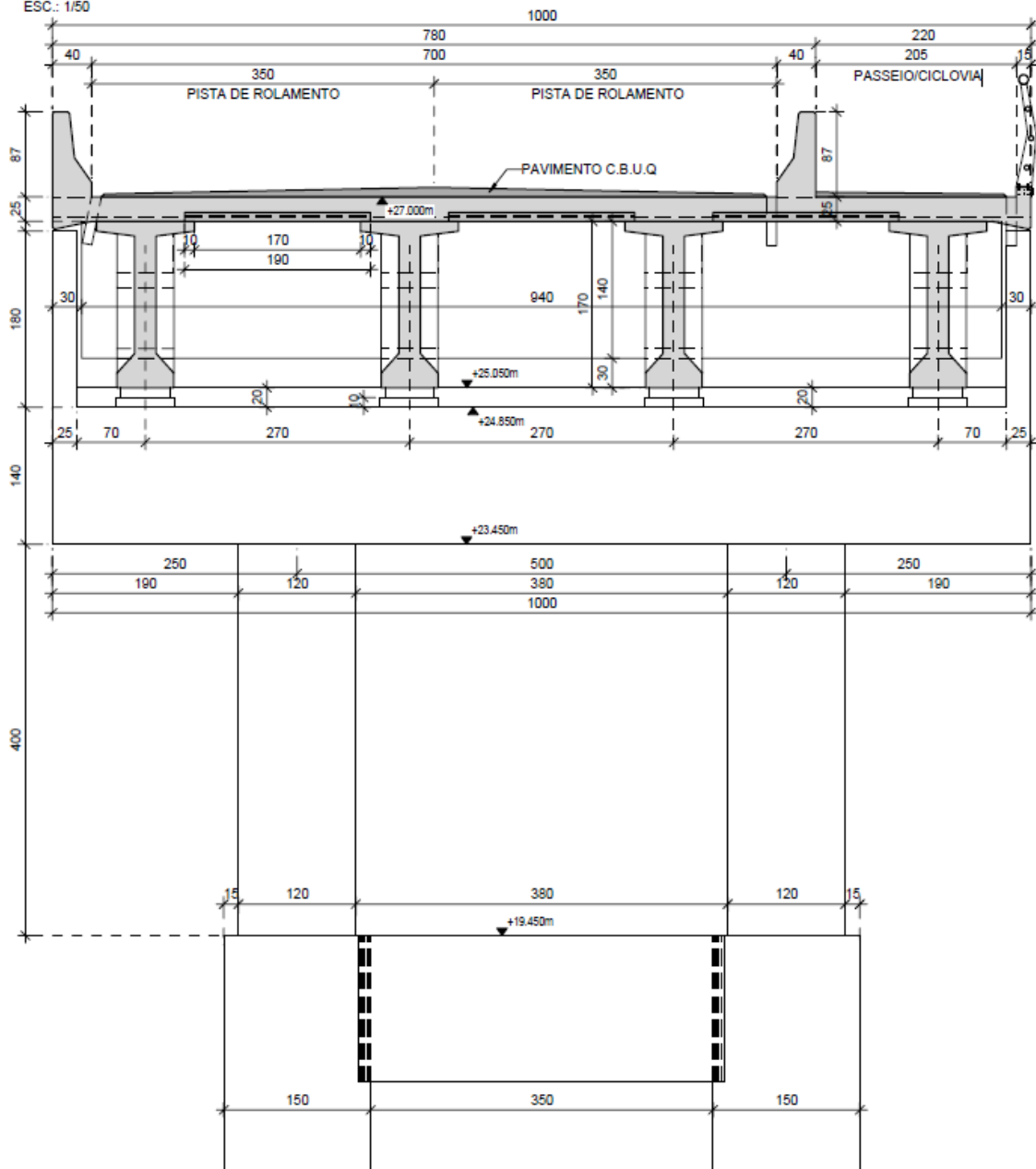
A presente OBRA DE ARTE ESPECIAL é uma PONTE localizada sobre Rio Tijucas, no Município de São João Batista - SC.



CORTE TRANSVERSAL

CORTE B-B

ESC.: 1/50



O dispositivo adotado foi desenvolvido com base nas recomendações técnicas contidas no Manual de Projeto de Engenharia Rodoviária editado pelo DNIT, considerando-se como veículo tipo, caminhão de carga classe 45T. O projeto foi também concebido de acordo com o preconizado nas Normas Brasileiras, em particular a NBR 7187 (Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido) e NBR 6118 / 2014.

A superestrutura da ponte é constituída por 3 vãos, onde o comprimento dos vãos 01 e 03 tem comprimento de 20,00m e o vão 02 centrais tem comprimento de 30,00m. O vão é constituído por 4 vigas dispostas com um entre eixo transversal de 2,70m.

Estas vigas longitudinais estão apoiadas diretamente sobre uma viga travessa ligadas aos pilares e ao bloco de fundação, as vigas longarinas estão consolidadas na laje de pista.

A consolidação formará o pórtico necessário ao suporte da estrutura calculada, sendo que está solidarização das vigas longitudinais com a laje de pista, forma o conjunto de sistema de pórtico, que estabiliza a estrutura evitando a utilização de vigas transversinas no centro do vão. As vigas estão dimensionadas para trabalhar em forma de T, utilizando a laje como parte integrante deste conjunto.

A modelagem desta estrutura em pórticos e sistema de grelha de vigas e lajes planas permite ao calculista uma análise integral de todas as variáveis e deformações da estrutura, dando liberdade na sua utilização com tecnologia avançada.

O conjunto forma assim um sistema reticulado do tipo grelha, possuindo alta hiperestaticidade interna. A consolidação da estrutura toda se dá com a concretagem in-loco unindo as peças e integrando a estrutura, através da laje.

A infraestrutura, de cabeceira formada por estacas tipo Estacas Wirth diâmetro de 1500mm. As estacas a serem utilizadas serão do tipo Wirth Ø1500mm no solo e 1500mm em rocha, com capacidade de carga de trabalho de 1300t. Vide cálculo na memória de infraestrutura.

A estrutura está dimensionada para absorver as cargas resultantes da transferência dos esforços verticais e horizontais da superestrutura. Esforços adicionais foram considerados de acordo com as Normas Brasileiras em especial a NBR 6118/2014.

Nas extremidades, estão detalhadas as cortinas frontais para fechamento transversal e alas laterais de contenção horizontal.

4.1.1 JUSTIFICATIVA DA SOLUÇÃO ADOTADA

A escolha do sistema estrutural adotado para a superestrutura norteou-se principalmente na eliminação sistemática de todas as variáveis menos ponderáveis que pudessem incidir na alteração do cronograma da obra, e conseqüentemente em prazos construtivos previstos. A solução por vigas pré-moldadas, com o posterior lançamento das vigas principais longitudinais foi escolhida, pois permite o uso de equipamento e mão de obra local, adotando a política de utilização total de recursos regionais.

Como consequência destas características, integradas e interdependentes, alcançou além de uma excelente qualidade técnica e estética, uma economia substancial, quando a solução adotada é comparada com uma estrutura – de mesma espessura construtiva – em concreto armado convencional moldado no local.

Com relação à solução adotada para a meso e infraestrutura, somente temos a dizer que, com base na verificação in-loco e, nas características da superestrutura e condições específicas desta obra, constitui-se uma solução clássica, de utilização corrente e rotineira, de execuções rápidas e simples.

Nossa proposta de solução estrutural tanto para a super, quanto para a interação meso e infraestrutura, constituem-se, numa solução racional para o aproveitamento de peças resistentes que transfiram, praticamente sem transição, os esforços e coações para o solo de fundação, acrescentando-se ainda em vantagens técnicas e econômicas provenientes da utilização de pré-moldagem padronizadas de baixo custo e prazo de fornecimento.

4.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

4.2.1 NORMAS E DISPOSIÇÕES GERAIS

Juntamente com esta especificação devem ser obedecidas todas as normas da ABNT, mas principalmente as seguintes:

NBR-6122 - Projeto e execução de fundações

NBR-7678 - Segurança na execução de obras e serviços de construção – Procedimento

Todos os serviços a serem executados, deverão ser baseados nos desenhos do Projeto básico e no desenvolvimento do projeto final executivo, tanto no que diz respeito às cotas de assentamento das estruturas, vãos da estrutura e às tensões admissíveis requeridas para o terreno.

4.2.2 SONDAgens

Sempre que necessário deverá ser utilizado o Boletim de Sondagem a fim de dirimir dúvidas.

4.3 ESPECIFICAÇÃO DE CONCRETO MAGRO

4.3.1 GENERALIDADES

4.3.1.1 OBJETIVO

O objetivo desta especificação é estabelecer os requisitos mínimos a serem observados na execução de concreto magro, compreendendo, sem se limitar, ao fornecimento e aplicação de materiais, bem como todos os serviços necessários à perfeita execução dos trabalhos.

4.3.1.2 NORMAS

Juntamente com esta memória, a Especificação “Concreto”, e a Especificação “Escavação de Cavas e Valas” devem ser obedecidas todas as normas de ABNT, pertinentes ao assunto, mas principalmente as seguintes:

NBR-6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado - Procedimento

NBR-6112 - Projeto e execução de fundações - Procedimento

4.3.1.3 DEFINIÇÃO

Entende-se como concreto magro ao concreto de regularização do fundo de cavas, que serve de suporte do concreto estrutural.

4.3.2 DISPOSIÇÕES GERAIS

Para fabricação, transporte e lançamento do concreto magro devem ser obedecidas às prescrições da Especificação “Concreto”.

A finalidade do concreto magro é a obtenção de uma superfície firme, limpa e que permita o posicionamento correto e rígido da fôrma e armação, e o lançamento do concreto estrutural em local isento de materiais que possam contaminá-lo.

Sob nenhum pretexto será permitido lançamento de concreto magro sobre barro, lama, solo ou aterro sem compactação, devendo-se tomar as providências para sempre lançar o concreto magro sobre solo firme.

Conforme NBR 6118/2003, o fck do concreto magro usado para regularização deve ser de 15 MPA, tipo C15 com consumo mínimo de cimento de 200 Kg/m³.

4.3.3 EXECUÇÃO

Concluída o aterro de cabeceira, quando for o caso, deve-se compactar convenientemente o solo, e posteriormente obedecer ao seguinte procedimento:

- a) Para fundações, a espessura do concreto magro será de 10,0 cm, conforme indicação do projeto;
- b) Para fundações, além da superfície de apoio, o concreto magro deve avançar mais 5cm para cada lado, para apoio da fôrma;
- c) Se a cava estiver sujeita a presença de água, provocando o solapamento do concreto magro, deverão ser adotadas soluções de sobre-largura, ou aumento de espessura do concreto magro nas bordas, ou outra, a critério da executante;
- d) As superfícies de apoio das formas da fundação deverão ser perfeitamente niveladas;
- e) Após o lançamento e espalhamento, o concreto magro deverá ser energicamente apiloado com soquete com área de 20 x 20 cm e 5kg, para haver um perfeito contato do concreto com o solo.

Obs.: Parte deste memorial foi compilada das Normas Rodoviárias do MT – DNER/DNIT – Obras-de-arte especiais – Concretos e argamassas

4.3.4 RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de concretos e argamassas. Para tanto, são apresentados os requisitos concernentes a material, equipamento, execução, verificação final de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição e medição dos serviços.

4.4 ESPECIFICAÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL

4.4.1 APRESENTAÇÃO

Esta norma estabelece a sistemática a ser empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

4.4.2 OBJETIVO

Fixar as condições exigíveis para a execução e recebimento de concretos, argamassas e caldas de cimento.

4.4.3 REFERÊNCIAS

Para o entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

DNER-EM 034/97 - Água para concreto;

DNER-EM 036/95 - Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno;

DNER-EM 037/97 - Agregado graúdo para concreto de cimento;

DNER-EM 038/97 - Agregado miúdo para concreto de cimento;

ABNT NBR-5738/16 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de Concreto;

ABNT NBR-5746 - Análise química de cimento Portland - determinação do enxofre na forma de sulfeto;

ABNT NBR - 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;

ABNT NBR - 5750/98 - Amostragem de concreto fresco;

ABNT NBR - 6118/14 - Projeto e execução de obras de concreto armado;

ABNT NBR - 7187/03 - Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido;

ABNT NBR - 7212/12 - Execução de concreto dosado em central;

ABNT NBR - 7223/98 - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

ABNT NBR - 7681/13 - Calda de cimento para injeção;

ABNT NBR - 7682/13 - Calda de cimento - determinação do índice de fluidez;

ABNT NBR - 7683/13 - Calda de cimento - determinação dos índices de exsudação e expansão;

ABNT NBR - 7684/13 - Calda de cimento - determinação da resistência à compressão;

ABNT NBR - 7685/13 - Calda de cimento - determinação de vida útil;

ABNT NBR - 8953/15 - Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência;

ABNT NBR - 9062/17 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;

ABNT NBR - 9606/98 - Determinação da consistência pelo espalhamento do tronco de cone;

ABNT NBR - 10839/89 - Execução de obras de arte especiais em concreto armado e protendido;

ABNT NBR - 12655/15 - Preparo, controle e recebimento do concreto;

Manual de Construção de Obras de Arte Especiais - DNER, 1995.

4.4.4 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, são adotadas as definições seguintes:

4.4.5 CONCRETO

Mistura de agregado com ligante (água e cimento) que endurece adquirindo características semelhantes à rocha.

4.4.6 ELEMENTO ESTRUTURAL

Parte da estrutura que apresenta uma configuração geométrica claramente definida, f_{ck} igual e mesmo tipo de solicitação (p.ex. fundações, blocos de apoios, pilares, encontros, paredes, vigas, transversinas, lajes e sobre laje).

4.4.7 CONDIÇÕES GERAIS

Deverão ser executados de acordo com as fôrmas e resistências características indicadas no projeto.

4.4.8 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

4.4.8.1 MATERIAL

4.4.8.1.1 CIMENTO

Os cimentos devem satisfazer às Especificações brasileiras, podendo ser de qualquer tipo e classe, desde que o projeto não prefira ou faça restrição a este ou aquele. Nos concretos, argamassas e caldas em contato com armaduras de protensão, o cimento empregado não poderá apresentar teor de enxofre sob a forma de sulfeto superior a 0,2%.

Nos cimentos empregados exigir a apresentação do certificado de qualidade. Todo cimento deverá ser guardado em local seco e abrigado de agentes nocivos e, não deverá ser transportado em dias úmidos.

O cimento poderá ser armazenado nos sacos de 50 Kg e 40 Kg ou em silos, quando entregue a granel e para cimento de uma única procedência. O período de armazenamento não poderá comprometer a sua qualidade. Exceto em clima muito seco, deverá ser verificado, antes da utilização se o cimento ainda atende às Especificações.

Deverá ainda atender à Especificação DNER-EM 036/95.

4.4.8.1.2 AGREGADOS

Os agregados deverão constituir-se de materiais granulosos e inertes, substâncias minerais naturais ou artificiais, britados ou não, duráveis e resistentes, com dimensões máximas características e formas adequadas ao concreto a produzir. Deverão ser armazenados separadamente, isolados do terreno natural, em assoalho de madeira ou camada de concreto de forma a permitir o escoamento d'água. Não conter substâncias nocivas que prejudiquem a pega e/ou o endurecimento do concreto, ou minerais deletérios que provoquem expansões em contato com a umidade e com determinados elementos químicos.

Deverão atender à Especificação DNER-EM 037/97 e DNER-EM 038/97.

4.4.8.1.3 AGREGADO MIÚDO

É normalmente constituída por areia natural quartzosa, de dimensão máxima característica igual ou inferior a 4.8 mm. Ser bem graduada, sendo recomendadas as areias grossas que não apresentem substâncias nocivas, como torrões de argila, materiais orgânicos, etc.

Somente será admitida a sua utilização, após estudos em laboratórios. O emprego de agregados miúdos somente poderá ser proveniente de rocha sadia.

4.4.8.1.4 AGREGADO GRAÚDO

Deverão apresentar dimensão máxima característica entre 4.8 mm e 50 mm e ser naturais (cascalhos ou seixos rolados, britados ou não) ou artificiais (pedras britadas, britas, argilas expandidas, etc). Não apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc. O agregado graúdo será constituído pelas partículas de diversas graduações nas proporções indicadas nos traços do concreto e armazenado separadamente, em função destas graduações.

4.4.8.1.5 PEDRA DE MÃO

A pedra de mão para concreto ciclópico, de granito ou outra rocha estável, deverá ter qualidade idêntica à exigida para a pedra britada a empregar na confecção do concreto.

Deverá ser limpa e isenta de incrustações nocivas e sua máxima dimensão não inferior a 30 cm, nem superior à 1/4 da mínima do elemento a ser construído.

4.4.8.2 ÁGUA

A água para a preparação do concreto não deverá conter ingredientes nocivos em quantidades que afetem o concreto fresco ou endurecido ou reduzir a proteção das armaduras contra a corrosão. Deverá ser razoavelmente clara e isenta de óleo, ácidos, álcalis, matéria orgânica, etc., e obedecer à exigência do item 6.1.3 desta Norma. Guardá-las em caixas estanques e tampadas de modo a evitar contaminação por substâncias estranhas.

4.4.8.3 ADITIVOS

A utilização de aditivos deve implicar no perfeito conhecimento de sua composição e propriedades, efeitos no concreto e armaduras, sua dosagem típica, possíveis efeitos de dosagens diferentes, conteúdo de cloretos, prazo de validade e condições de armazenamento.

Somente usar aditivos expressamente previstos nos projetos, ou nos estudos de dosagem de concreto empregados na obra, realizados em laboratório e aprovados pela autoridade competente.

Para o concreto protendido os aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos serão rigorosamente proibidos. Não deverão conter ainda ingredientes que possam provocar a corrosão do aço, as mesmas recomendações para a calda de injeção.

4.4.8.4 ADIÇÕES

As adições não poderão ser nocivas ao concreto e deverão ser compatíveis com os demais componentes da mistura.

4.4.9 EQUIPAMENTOS

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensões do serviço a executar. Para os concretos preparados na obra poderá ser utilizada betoneira estacionária de no mínimo 320 l, com dosador de água, central de concreto ou caminhão betoneira. Para o lançamento poderão ser utilizados carrinhos-caçamba, caçambas, bombas, etc.

4.4.10 EXECUÇÃO

4.4.10.1 CONCRETO

O concreto pode se apresentar quanto a sua densidade como concreto normal, com massa específica entre 2000 e 2800 kg/m³, como concreto leve, cuja massa específica não ultrapassa 2000 kg/m³ e como concreto pesado com massa específica maior que 2800 kg/m³. O concreto deve apresentar uma massa fresca

trabalhável com os equipamentos disponíveis na obra, para que depois de endurecido se torne um material homogêneo e compacto.

4.4.10.2 DOSAGEM

Os concretos para fins estruturais deverão ser dosados, racional e experimentalmente, a partir da resistência característica à compressão estabelecida no projeto, do tipo de controle do concreto, trabalhabilidade adequada ao processo de lançamento empregado e das características físicas e químicas dos materiais componentes. O cálculo da dosagem deverá ser refeito cada vez que prevista uma mudança de marca, tipo ou classe de cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais e quando não obtida à resistência desejada.

Os concretos são classificados conforme a resistência característica à compressão (f_{ck}) em grupos I e II e, dentro dos grupos, em classes, sendo o grupo I, subdividido em nove classes, do C15 ao C50 e o grupo II em quatro classes (C55, C60, C70 e C80).

Serão consideradas também para a dosagem dos concretos, condições peculiares como: impermeabilização, resistência ao desgaste, ação de águas agressivas, aspecto das superfícies, condições de colocação, etc.

A resistência de dosagem do concreto será função dos critérios utilizados para a definição da sua resistência característica, através do desvio padrão das amostras, dependendo do controle tecnológico dos materiais na obra, e classificada de acordo com as condições apresentadas na tabela seguinte:

Condições	Classe de Resistência	Cimento	Água	Agregados
C	C15	Massa	Volume (1)	Volume
B	C15 a C20	Massa	Volume, com dispositivo dosador (1)	Volume (2)
	C15 a C25	Massa	Volume, com dispositivo dosador (1)	Massa combinada com volume (3)
A	C15 a C80	Massa	Massa (1)	Massa

(1) corrigido pela estimativa ou determinação da umidade dos agregados.

(2) volume do agregado miúdo corrigido através da curva de inchamento e umidade, determinada em pelo menos três vezes no mesmo turno de serviço.

(3) umidade da areia medida no canteiro, em balanças aferidas para permitir a rápida conversão de massa para volume de agregados.

4.4.10.3 PREPARO

Para os concretos executados no canteiro, antes do início da concretagem, deverá ser preparada uma amassada de concreto, para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem.

O preparo do concreto destinado às estruturas deverá ser mecânico, em pequenos volumes nas obras de pequena importância, não podendo ser aumentada, em hipótese alguma, a quantidade de água prevista para o traço.

Os sacos de cimento rasgados, parcialmente usados, ou com cimento endurecido, serão rejeitados.

Os componentes do concreto medidos de acordo com o item anterior devem ser misturados até formar uma massa homogênea. O tempo mínimo de mistura em betoneira estacionária é de 60 segundos, aumentados em 15 segundos para cada metro cúbico de capacidade nominal da betoneira, ou conforme especificação do fabricante. Para central de concreto e caminhão betoneira deverá ser atendida a ABNT NBR-7212. Após a descarga não poderão ficar retidos nas paredes do misturador volumes superiores a 5% do volume nominal.

Quando o concreto for preparado por empresa de serviços de concretagem, a central deverá assumir a responsabilidade por este serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de execução do concreto (ABNT NBR-12655), bem como, as disposições da ABNT NBR-7212.

O concreto deverá ser preparado somente nas quantidades destinadas ao uso imediato. Não será permitida a re-mistura do concreto parcialmente endurecido.

4.4.10.4 TRANSPORTE:

Quando a mistura for preparada fora do local da obra, o concreto deverá ser transportado em caminhões betoneiras, não podendo segregar durante o transporte, nem apresentar temperaturas fora das faixas de 5 °C a 30 °C. Em geral, descarregados em menos de 90 minutos após a adição de água. A velocidade do tambor giratório não deverá ser menor que duas nem maior que seis rotações por minuto. Qualquer motivo provável da aceleração da pega irá acelerar o período completo de descarregamento, ou serão empregados aditivos retardadores da pega. O intervalo entre as entregas deverá ser tal que não permita o endurecimento parcial do concreto já colocado, não excedendo o tempo máximo de 30 minutos.

O intervalo entre a colocação de água no tambor e a descarga final do concreto da betoneira nas formas não deverá exceder 60 minutos, devendo a mistura ser revolvida de modo contínuo para que o concreto não fique em repouso antes do seu lançamento por tempo superior a 30 minutos. No transporte horizontal deverão ser empregados carros especiais providos de rodas de pneus, e evitado o uso de carros com rodas maciças, de ferro ou carrinhos comuns.

4.4.10.5 LANÇAMENTO:

O lançamento do concreto só pode ser iniciado após o conhecimento dos resultados dos ensaios da dosagem, verificação da posição exata da armadura, limpeza das fôrmas, que quando de madeira devem estar suficientemente molhadas, e do interior removidos os cavacos de madeira, serragem e demais resíduos

de operações de carpintaria. Serão tomadas precauções para não haver excesso de água no local de lançamento o que pode ocasionar a possibilidade do concreto fresco vir a ser lavado.

Não será permitido lançamento do concreto de uma altura superior a 2 m, ou acúmulo de grande quantidade em um ponto qualquer e posterior deslocamento ao longo das fôrmas. Na concretagem de colunas ou peças altas o concreto deverá ser introduzido por janelas abertas nas fôrmas, fechadas à medida que a concretagem avançar.

Calhas, tubos ou canaletas poderá ser usado como auxiliares no lançamento do concreto, dispostos de modo a não provocar segregação. Deverão ser mantidos limpos e isentos de camada de concreto endurecido, preferencialmente, executado ou revestidos com chapas metálicas.

O concreto somente poderá ser colocado sob água quando sua mistura possuir excesso de cimento de 20% em peso. Em hipótese alguma será empregado concreto submerso com consumo de cimento inferior a 350 kg/m³. Para evitar segregação o concreto deverá ser cuidadosamente colocado na posição final em uma massa compacta, por meio de funil ou de caçamba fechada, de fundo móvel, e não perturbado depois de ser depositado. Cuidados especiais serão tomados para manter a água parada no local de depósito. O concreto não deverá ser colocado diretamente em contato com a água corrente.

Quando usado funil, este deverá consistir de um tubo de mais de 25 cm de diâmetro, construído em seções acopladas umas às outras, por flanges providas de gachetas. O modo de operar deverá permitir movimento livre da extremidade de descarga e seu abaixamento rápido, quando necessário, para estrangular ou retardar o fluxo. O enchimento deverá processar-se por método que evite a lavagem do concreto. O terminal deverá estar sempre dentro da massa do concreto e o tubo conter uma quantidade suficiente de concreto para não haver penetração de água. O fluxo do concreto deverá ser contínuo e regulado de modo a obter camadas aproximadamente horizontais, até o término da concretagem.

Quando o concreto for colocado com caçamba de fundo móvel, esta deverá ter capacidade superior a meio metro cúbico (0,50 m³). Abaixar a caçamba, gradual e cuidadosamente, até apoiá-la na fundação preparada ou no concreto já colocado, elevá-la muito vagarosamente durante o percurso de descarga. Pretende-se, com isto, manter a água tão parada quanto possível no ponto de descarga e evitar agitação da mistura.

4.4.10.6 ADENSAMENTO DO CONCRETO

O concreto deverá ser bem adensado dentro das fôrmas, mecanicamente, usar vibradores, que poderão ser, internos, externos ou superficiais, com frequência mínima de 3.000 impulsos por minuto. O número de vibradores deverá permitir adensar completamente, no tempo adequado, todo o volume de concreto a ser colocado. Somente será permitido o adensamento manual em caso de interrupção no fornecimento de força motriz e pelo mínimo período indispensável ao término da moldagem da peça em execução, com acréscimo de 10% de cimento, sem aumento da água de amassamento.

Normalmente serão utilizados vibradores de imersão internos, os externos apenas quando as dimensões das peças não permitirem inserção do vibrador, ou junto com os internos quando se desejar uma superfície de boa aparência, e os vibradores superficiais em lajes e pavimentos.

O vibrador de imersão deverá ser empregado na posição vertical evitando-se o contato demorado com as paredes das formas ou com a armação, bem como, a permanência demasiada em um mesmo ponto. Não será permitido o uso do vibrador para provocar o deslocamento horizontal do concreto nas fôrmas. O afastamento de dois pontos contíguos de imersão do vibrador deverá ser de, no mínimo, 30 cm.

4.4.10.7 CURA DO CONCRETO

Para atingir sua resistência total, o concreto deverá ser curado e protegido eficientemente contra o sol, vento e chuva. A cura deve continuar durante um período mínimo de 7 dias, após o lançamento, caso não existam indicações em contrário. Para o concreto protendido, a cura deverá prosseguir até que todos os cabos estejam protendidos. Sendo usado cimento de alta resistência inicial, esse período poderá ser reduzido.

A água para a cura deverá ser da mesma qualidade usada para a mistura do concreto. Poderão ser utilizados, principalmente, os métodos de manutenção das fôrmas, cobertura com filmes plásticos, colocação de coberturas úmidas, aspersão de água ou aplicação de produtos especiais que formem membranas protetoras.

4.4.10.8 JUNTAS DE CONCRETAGEM

O número de juntas de concretagem deverá ser o menor possível.

4.4.10.9 CONCRETO CICLÓPICO

Onde for necessário o emprego de concreto ciclópico adicionar concreto, preparado como mencionado no subitem anterior, com volume de até 30% de pedras de mão, lavadas, saturadas com água e envolvidas com 5 cm, no mínimo, de concreto.

Nenhum concreto a ser empregado em concreto ciclópico deverá ter resistência característica à compressão (f_{ck}) inferior a 15 MPA (150 kgf/cm²).

4.4.10.10 ARGAMASSA

As argamassas poderão ser preparadas em betoneiras. Sendo permitida a mistura manual, a areia e o cimento deverão ser misturados a seco até obter-se coloração uniforme, quando, então, será adicionada a água necessária para a obtenção da argamassa de boa consistência, para manuseio e espalhamento fáceis com a colher de pedreiro. A argamassa não empregada em 45 minutos, após a preparação, será rejeitada e não será permitido seu aproveitamento, mesmo com adição de mais cimento.

As argamassas destinadas ao nivelamento das faces superiores dos pilares e preparo do berço dos aparelhos de apoio deverão ter resistência característica à compressão de 25 Mpa (250 kgf/cm²).

4.4.10.11 CALDA DE CIMENTO PARA INJEÇÃO:

Produto da mistura conveniente de cimento, água e, eventualmente, de aditivos, para preenchimento de bainhas ou dutos de armadura de protensão de peças de concreto protendido, a fim de proteger a armadura contra a corrosão e garantir a aderência posterior ao concreto da peça.

Recomenda-se injeção até, no máximo 8 dias após a protensão dos cabos.

O cimento utilizado deve ser o cimento Portland comum, ou outro tipo de cimento que satisfaça as seguintes exigências:

- a) teor de cloro proveniente de cloreto: máximo igual a 0,10%;
- b) teor de enxofre proveniente de sulfetos (ABNT NBR-NM 19:2004): máximo igual a 0,20%.

Não serão permitidos aditivos que contenham halogenetos ou reatores ao material de calda, deteriore ou ataquem o aço.

O fator água/cimento não deverá ser superior a 0,45 em massa.

4.4.11 INSPEÇÃO

4.4.11.1 CONTROLE DO MATERIAL

A ABNT NBR-12655:2015 fixa as condições exigíveis para realização do controle tecnológico dos materiais componentes do concreto.

4.4.11.2 CIMENTOS

Os ensaios de cimento deverão ser feitos em laboratório, de acordo com as normas ABNT NBR – NM 10:2004 (quando necessário) e as ABNT NBR-07215, ABNT NBR-NM 76:1998, ABNT NBR-NM 43:2003, ABNT NBR-NM 65:2003 e ABNT NBR-11582, desnecessária a realização frequente de ensaios se existirem garantia de homogeneidade de produção para determinada marca de cimento.

O peso do saco de cimento deverá ser verificado para cada 50 sacos fornecidos, com tolerância de 2%.

4.4.11.3 AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS:

Deverão obedecer à ABNT NBR-7211.

4.4.11.4 ÁGUA

Controle da água desde que apresente aspecto ou procedência duvidosa. Para utilização em concreto armado ou protendido será considerada satisfatória se apresentar pH entre 5.8 e 8.0 e respeitar os seguintes limites máximos:

- a) matéria orgânica: 3mg/l (oxigênio consumido);
- b) resíduo sólido: 5000mg/l;
- c) sulfatos: 300mg/l (íons SO₄);

d) cloretos: 500mg/l (íons Cl)

e) açúcar: 500mg/l.

Para casos especiais considerar outras substâncias prejudiciais.

O gelo a ser utilizado, quando necessário para resfriamento, da mistura (concreto ou calda de cimento) deverá obedecer aos requisitos acima.

4.4.12 CONTROLE DA EXECUÇÃO:

4.4.12.1 CONCRETO:

De acordo com a ABNT-NBR-12655 para a garantia da qualidade do concreto a empregar na obra, para cada tipo e classe de concreto, serão realizados os ensaios de controle, adiante relacionados, além de outros recomendados em projetos específicos:

a) ensaios de consistência, de acordo com a ABNT NBR-7223 e, ou ABNT NBR-NM 68:1998 (para concreto auto-adensável), sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados, na primeira amassada do dia após o reinício, seguido de interrupção igual ou superior a 2 horas, na troca de operadores e cada vez que forem moldados corpos de prova. Para concreto fornecido por terceiros deverão ser realizados ensaios a cada betonada;

b) ensaios de resistência à compressão de acordo com a ABNT NBR-5739, para aceitação ou rejeição dos lotes.

A consistência do concreto deverá atender aos valores estipulados nos métodos de ensaio. Acaso não os atenda na primeira amostra, repetir nova amostragem; se persistir, provavelmente não apresenta a necessária plasticidade e coesão. Verificar a causa e corrigir antes da utilização, com exceção para os concretos cuja plasticidade exceda os limites dos métodos de ensaio, como o concreto bombeado.

A amostragem mínima do concreto para ensaios de resistência à compressão deverá ser feita dividindo-se a estrutura em lotes. Cada lote corresponderá a um elemento estrutural, limitado pelos critérios da tabela adaptada da ABNT NBR-12655 apresentadas a seguir:

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou Compressão e Flexão	Flexão Simples
Volume de concreto	50m³	100m³
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem (1)	

(1) Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.

De cada lote retirar uma amostra, de no mínimo seis exemplares, para os concretos até a classe C50 e doze exemplares para as classes superiores a C50.

Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova da mesma amassada para cada idade do rompimento, moldados no mesmo ato. A resistência do exemplar de cada idade é considerada a maior dos

dois valores obtidos no ensaio. O volume de concreto para a moldagem de cada exemplar e determinação da consistência deverá ser de 1,5 vezes o volume necessário para estes ensaios e nunca menor que 30 litros.

A coleta deste concreto em betoneiras estacionárias deve ocorrer enquanto o concreto está sendo descarregado, representando o terço médio da mistura. Caso contrário, deve ser tomada imediatamente após a descarga, retirada de três locais diferentes, evitando-se os bordos. Homogeneizar o concreto sobre o recipiente com o auxílio de colher de pedreiro, concha metálica ou pá.

A coleta deste concreto em caminhão betoneira deverá ocorrer enquanto o concreto está sendo descarregado e obtido em duas ou mais porções, do terço médio da mistura.

Para o concreto bombeado, a coleta deve ser feita em uma só porção, colocando-se o recipiente sob o fluxo de concreto na saída da tubulação, evitando o início e o fim do bombeamento.

4.4.13 ARGAMASSA:

As argamassas serão controladas através dos ensaios de qualidade de água e de areia.

4.4.13.1 CONTROLE ESTATÍSTICO:

4.4.13.2 CONCRETO:

O controle poderá ser feito por amostragem parcial, quando são retirados exemplares de algumas betonadas de concreto atendidas às limitações já constantes do item 6.2.1, ou por amostragem total, quando são retirados exemplares de todas as amassadas de concreto e o valor estimado da resistência característica à compressão ($f_{ck\ est}$), na idade específica, obtidos conforme tabela seguinte:

Resistência Característica Estimada $f_{ck\ est}$

Amostragem parcial		Amostragem total	
$6 \leq n < 20$	$n \geq 20$	$n \leq 20$	$n > 20$
$2 \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$	$f_{cm} - 1,65 S$	f_1	f_i
Se maior que $\Psi_6 f_1$			

Sendo:

n = número de exemplares;

$m = n/2$, desprezando-se o valor mais alto de n , se n for ímpar;

f_1, f_2, \dots, f_m = valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente;

Ψ_6 = valores constantes da tabela valores de Ψ_6 ;

f_{cm} = resistência média dos exemplares do lote, em MPa;

S = desvio padrão do lote para $n - 1$ resultados, em Mpa;

$i = 0,05n$, adotando-se a parte inteira imediatamente superior, para o valor de i fracionário.

A resistência do concreto através do controle tecnológico e rompimento de corpos-de-prova, pode ser feita com relação ao f_{ck} , representando de forma estatística a resistência de um determinado conjunto de corpos-de-prova.

No início da obra ou quando não se conhecer o valor do desvio padrão S , considerar os seguintes valores para S_d , de acordo com a condição de preparo:

Condição A: $S_d = 4,0$ Mpa

Condição B: $S_d = 5,5$ Mpa

Condição C: $S_d = 7,0$ Mpa

VALORES DE Ψ_6											
Condição de Preparo	Número de Exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

Em casos excepcionais, em lotes correspondentes a no máximo $10m^3$, com número de exemplares entre 2 e 5: $f_{ck\ est} = \Psi_6 f_1$.

4.4.13.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

Realizar inspeção visual após a retirada das fôrmas e escoramento quanto à existência de brocas, falhas no posicionamento das armaduras, etc.

Os lotes de concreto serão aceitos automaticamente quando atingirem a idade de controle:

$$f_{ck\ est} \geq f_{ck}$$

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

4.4.14 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

4.4.14.1 CONCRETO

O concreto, simples, armado, protendido ou ciclópico, será medido por metro cúbico de concreto lançado no local, volume calculado em função das dimensões indicadas no projeto ou, quando não houver indicação no projeto, pelo volume medido no local de lançamento. Inclui o fornecimento dos materiais, preparo, mão de obra, utilização de equipamento, ferramentas, transportes, lançamento, adensamento, cura, controle e qualquer outro serviço necessário a concretagem.

4.4.14.2 ARGAMASSA:

A argamassa será medida por metro cúbico aplicado, em função das dimensões indicadas no projeto. Não caberá a medição em separado quando se tratar de alvenaria de pedra argamassada.

4.5 ESPECIFICAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO

4.5.1 GENERALIDADES

4.5.1.1 OBJETIVO

O objetivo desta especificação é estabelecer os requisitos mínimos a serem observados na execução de aparelhos de apoio, compreendendo, sem se limitar, ao fornecimento e aplicação de materiais, utilização de equipamentos, bem como todos os serviços necessários à perfeita execução dos trabalhos.

4.5.2 NORMAS

Devem ser obedecidas todas as normas da ABNT, pertinentes ao assunto, mas principalmente as seguintes:

NBR - 9783	-	Aparelhos de Apoio de Elastômero Fretado;
NBR - 9784	-	Aparelhos de Apoio de Elastômero - Compressão simples;
NBR - 9785	-	Aparelhos de Apoio de Elastômero – Distorção;
NBR - 9786	-	Aparelhos de Apoio de Elastômero – Deslizamento.

4.5.3 DEFINIÇÃO

Entende-se como aparelho de apoio ao elemento estrutural interposto nas junções de partes distintas da estrutura, de maneira a transmitir somente os esforços admitidos no cálculo estrutural, sem se danificar ou danificar as estruturas.

4.5.4 DISPOSIÇÕES GERAIS

Os aparelhos de apoio devem ser fabricados conforme a especificação do Projeto Executivo definido pela Usiminas e de tal forma que suportem os esforços previstos no cálculo estrutural e comportando-se conforme as prescrições das normas da ABNT.

Todos os aparelhos de apoio deverão ser fornecidos com os respectivos certificados de garantia do fabricante, acompanhado dos relatórios de ensaio de todos os materiais empregados.

Na instalação dos aparelhos de apoio deverá ser observado com a máxima atenção ao assentá-lo conforme a determinação do Projeto Executivo e de tal modo que haja um perfeito contato entre as partes para que as tensões fiquem igualmente distribuídas, evitando-se assim um mau funcionamento do aparelho de apoio.

4.6 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO

Trata-se de aparelhos de apoio constituídos de placas de elastômeros confinadas por placas de aço, devidamente dimensionados para trabalhar nas condições as quais se destinam.

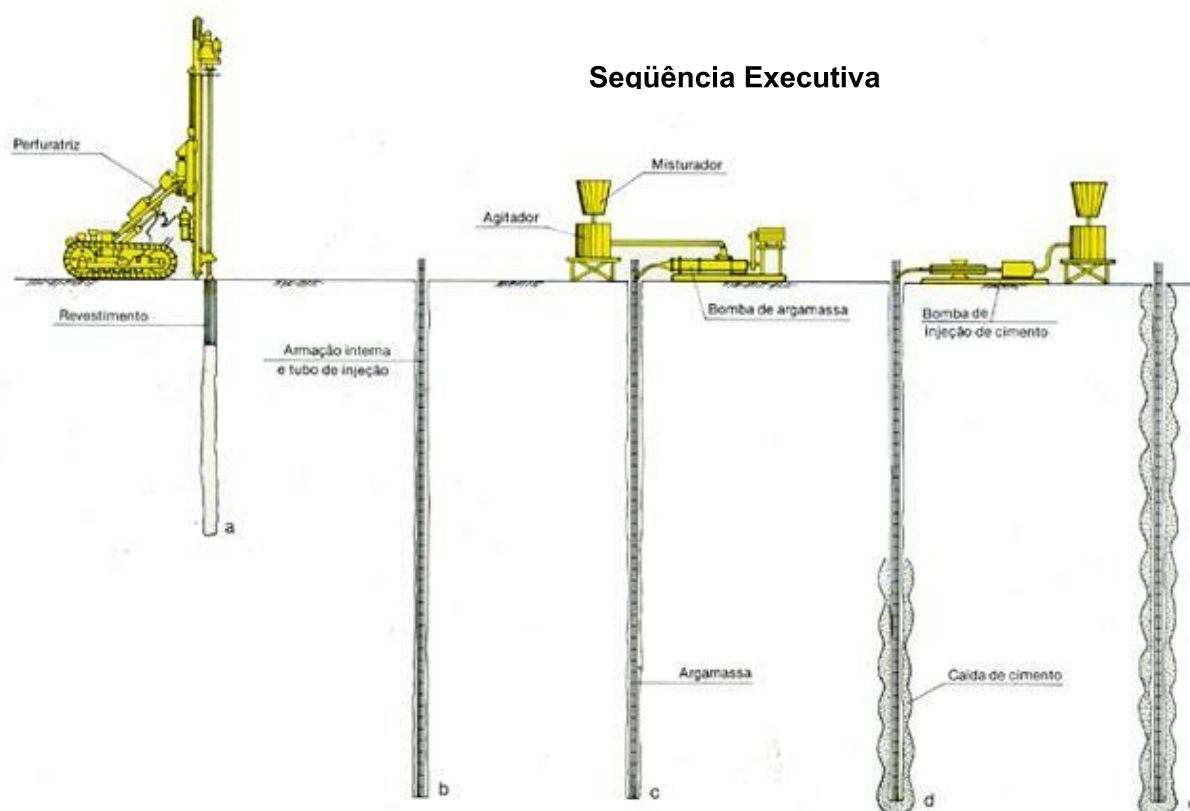
As Diferentes Camadas de Elastômeros unem-se continuamente entre si e com as chapas de aço, através do processo de vulcanização, de modo que o aparelho de apoio se comporte como um monobloco.

Os aparelhos de apoio deverão ter uma camada de recobrimento de no mínimo 3 mm de elastômero envolvente as placas de aço externas, bem como as faces laterais. A camada externa envolvendo do elastômero deverá ser de dureza inferior (até 20 pontos) que as camadas interiores.

Todos os aparelhos de apoio deverão ter certificado quanto às condições do item 4, da NBR-9783.

Na instalação dos aparelhos de apoio as superfícies devem ser bastante firmes, bem niveladas e lisas para uma perfeita distribuição dos esforços.

4.7 ESTACA TIPO WIRT



O emprego deste tipo de estaca é indicado em todo tipo de fundação e em especial para fundações de equipamentos industriais, reforços de fundações, locais com restrição de pé direito ou dificuldade de acesso para equipamentos de grande porte, situações nas quais a execução possa provocar vibrações, em casos onde é preciso atravessar matacões ou blocos de concreto ou ainda quando existe necessidade de engaste da estaca no topo rochoso.

4.7.1 METODOLOGIA EXECUTIVA

- Liberação formal da(s) estaca(s) a serem executada(s), no tocante à sua locação e cotas, de acordo com o desenvolvimento dos trabalhos.
- Posicionar a perfuratriz.
- Verificar a verticalidade e/ou ângulo de inclinação de acordo com a característica da estaca.
- Centrar o tubo de revestimento no piquete de locação da estaca.

4.7.2 PERFURAÇÃO

Realizar a perfuração do solo por meio da perfuratriz rotativa ou roto-percussiva com a descida de tubo de revestimento; caso o tubo de revestimento encontre dificuldade para seu avanço, em razão da ocorrência de solos muito duros ou ainda plásticos, devem ser empregadas brocas de três asas, tipo tricône, para execução de pré-furo ou ainda para limpeza no interior.

Descer o tubo, com auxílio de circulação de água (ou ar comprimido) injetada no seu interior, até a profundidade prevista no projeto.

Medir a profundidade da perfuração, utilizando-se a composição de tubos de injeção, introduzindo-a no interior do tubo de revestimento até a cota de fundo da perfuração.

Quando a perfuração atingir matacão, rocha e/ou concreto, deverá ser usada sapata ou coroa diamantada, acoplada ao barrilete amostrador, interno à composição de tubos de revestimento, de maneira a retirar-se o testemunho da rocha (procedimento igual ao da sondagem rotativa).

Alternativamente podem ser utilizados martelos pneumáticos ou hidráulicos, sendo que todos os martelos perfuram por sistema roto-percussivo e trabalham interiormente ao tubo e revestimento.

Sempre a perfuração deve prosseguir até a cota de fundo prevista em projeto.

4.7.2.1 ARMAÇÃO

Montar a armadura da estaca em forma de gaiola, com os estribos helicoidais, prevendo-se a armadura longitudinal com aço CA-50 podendo os estribos ser em aço CA-25, ou tubo metálico Schedule, obedecendo-se ao projeto.

Definir o diâmetro externo do estribo de forma a garantir um cobrimento mínimo de 20 mm entre a face interna do revestimento e o próprio estribo.

Executar a limpeza interna do tubo de revestimento, utilizando-se para tal, a composição de lavagem, descendo até a cota inferior da estaca.

Descer a armadura à profundidade alcançada durante a perfuração até apoiar-se no fundo do furo.

4.7.2.2 INJEÇÃO

Lançar a argamassa de cimento e areia por meio da bomba injetora, através da composição de injeção, posicionando o tubo de injeção de argamassa no fundo do furo.

Proceder à injeção de baixo para cima até a expulsão de toda água de circulação contida no interior do tubo de revestimento.

Iniciar a extração do revestimento por ação coaxial ao eixo da estaca, complementando-se o volume da argamassa por gravidade, sempre que houver abatimento da mesma no interior do tubo.

4.7.3 EQUIPAMENTOS

Perfuratriz rotativa hidráulica, mecânica ou a ar comprimido, montada sobre estrutura metálica, dotada ou não de esteiras para deslocamento, acionada por motor à explosão (diesel) ou elétrico ou ainda

através de compressor pneumático; deve ainda, ter capacidade para revestir integralmente todo trecho em solo, utilizando-se do tubo de revestimento.

Conjunto misturador de argamassa, acionado por motor elétrico ou à explosão.

Bomba de injeção de argamassa, acionada por motor elétrico ou à explosão.

Compressor de ar, com capacidade de vazão mínima de 5 pcm⁷ e pressão máxima de 0,5 MPa.

Bomba de água, acionada por motor elétrico ou à explosão, capaz de promover a limpeza dos detritos da perfuração do interior do tubo de revestimento.

Conjunto extrator; dotado de macaco e conjunto de acionamento hidráulico, com capacidade para extrair integralmente o tubo de revestimento do furo quando totalmente preenchido com argamassa.

Reservatórios para acumulação de água, com capacidade para perfuração contínua de pelo menos uma estaca.

Conjunto de gerador, na eventualidade de não haver energia disponível no local dos serviços.

4.7.4 MATERIAIS

Os materiais necessários para execução dos serviços de Estacas tipo Raiz são: cimento e areia para as injeções; aço CA-50 e aço CA-25, armadas em gaiolas, devidamente travadas e soldadas, conforme projeto.

4.8 FÔRMAS

Moldes provisórios destinados a receber e conter o concreto, enquanto endurece.

- Fôrmas reutilizáveis Fôrmas elaboradas, em geral, de chapas de madeira compensada e impermeabilizada; dependendo da obra e do projeto dos painéis, o reaproveitamento pode ser superior a dez vezes.

- Fôrmas brutas Fôrmas de tábuas, que somente devem ser usadas para concreto não aparente; a reutilização é pequena.

- Fôrmas auto-portantes Fôrmas que dispensam escoramento; somente possíveis para pequenos vãos e cargas limitadas.

- Fôrmas metálicas Chapas metálicas finas e enrijecidas, usadas para estruturas repetitivas e com acabamento apurado, tais como elementos pré-moldados e pilares circulares.

4.8.1 CONDIÇÕES GERAIS

A responsabilidade pelo projeto, execução e remoção das fôrmas é do construtor. As fôrmas somente devem entrar em carga após a liberação da Fiscalização. Em virtude da importância, responsabilidade, custo relativo e multiplicidade de soluções, as fôrmas devem ser projetadas e dimensionadas com antecedência, antes do início da construção. As fôrmas devem ser projetadas e detalhadas de maneira que as lajes, vigas, paredes e outros elementos estruturais acabados tenham as dimensões, formas, alinhamentos e posições dentro das tolerâncias admissíveis. Fôrmas e escoramentos devem formar um sistema interdependente, com

previsão de desmoldagem parcial ou total. Fôrmas e escoramentos devem ser dimensionados com previsão de ação de ventos e sobrecargas de equipamentos, pessoal e materiais.

4.8.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Projeto A escolha dos materiais adequados para execução das fôrmas deve atender a requisitos de economia, segurança e acabamento desejado para a obra. O projeto das fôrmas, bem como do escoramento, é de responsabilidade do construtor e deve ser apresentado completo, para exame da Fiscalização; o projeto deve atender a todas as normas e especificações, inclusive as locais, estaduais e federais. O projeto das fôrmas deve indicar, quando necessário, aberturas provisórias para limpeza e retirada de detritos. No projeto, devem ser previstos forma, prazo e condições para remoção das fôrmas.

4.8.2.1 INSUMOS

Madeira em tábuas Praticamente, todos os tipos de fôrmas necessitam de algum componente de madeira; há uma grande variedade de espécies de madeira e a escolha de algum tipo depende da disponibilidade e do custo. Quando permitidas as fôrmas de madeira, sob a forma de tábuas, devem ser escolhidas madeiras não muito secas, que incham quando molhadas, e nem muito verdes, que empenam quando secam. A qualidade do acabamento do concreto que se consegue com a madeira em forma de tábuas melhora muito quando se utiliza a madeira aparelhada, isto é, a madeira submetida a plainas e lixadeiras.

Madeira compensada Os compensados de madeira são o material mais usado para o revestimento de fôrmas; disponíveis em painéis grandes de 110 x 220 cm e espessuras industriais de 3 a 30 mm permitem, além de excelente acabamento, um grande reaproveitamento, de cinco a dez vezes, principalmente se a face em contato direto com o concreto for impermeabilizada, por pinturas ou revestimento metálico.

Fôrmas metálicas Para grande número de repetições e acabamento mais apurado, nas vigas pré-moldadas e pilares circulares, por exemplo, as fôrmas metálicas são as mais indicadas. Em certas estruturas, tais como vigas de grandes vãos, a fôrma metálica é praticamente e economicamente insubstituível, visto que elimina apoios intermediários.

4.8.2.2 ACESSÓRIOS

Pregos Os pregos são os dispositivos mecânicos mais comuns para a junção de painéis de fôrmas e seu uso adequado contribui para a economia e a qualidade do trabalho. A preferência dos profissionais recai nas seguintes bitolas: para tábuas, sarrafos e contraplacados de 1 polegada de espessura, pregos de 18 x 27 (3,4 x 61 mm) e para tábuas, ripas e contraplacados de 0,5 polegada de espessura, pregos de 15 x 15 (2,4 x 34 mm).

Tirantes Os tirantes são dispositivos tensionados, adaptados para manter as fôrmas em seu lugar, impedindo-as de abrir, quando solicitadas pela pressão lateral do concreto fresco; podem ser simples vergalhões de aço ou sofisticados produtos industriais. O tirante é isolado da massa de concreto por um tubo

plástico que o envolve e permite sua retirada após o endurecimento do concreto; os furos para passagem dos tirantes devem ser obturados com espessura mínima igual ao cobrimento adotado.

4.8.2.3 CARGAS ATUANTES

Cargas verticais As cargas verticais que incidem nas fôrmas são as cargas permanentes e as sobrecargas; as cargas permanentes são o peso próprio das fôrmas, o peso das armaduras e o peso do concreto fresco, e as sobrecargas incluem o peso dos equipamentos e materiais estocados, o peso dos operários e o impacto da movimentação das sobrecargas.

Pressão lateral do concreto fresco A pressão lateral do concreto fresco deve ser calculada em função das características do concreto, peso específico e fluidez, velocidade de lançamento e altura da massa de concreto; cuidados especiais devem ser tomados nas fôrmas dos pilares, onde o mais seguro é considerar toda a altura do pilar.

Cargas horizontais Fôrmas e escoramentos devem ser dimensionados e contraventados para resistir a solicitações do vento, lançamento do concreto, forças resultantes de apoios inclinados, protensão de cabos e movimentação e frenagem de equipamentos.

Fatores que afetam a pressão lateral do concreto O peso do concreto, com influência direta na pressão hidrostática, a vibração interna para adensamento do concreto, a temperatura do concreto por ocasião do lançamento e outras variáveis de menor importância afetam a pressão lateral do concreto e devem ser levadas em conta no dimensionamento das fôrmas. A revibração e a vibração externa, aceitas em certos tipos de construção, produzem solicitações superiores à vibração interna e tornam necessárias fôrmas especiais, reforçadas.

Remoção de fôrmas A remoção de fôrmas, desejável para permitir a execução de outras fases construtivas e possibilitar seu reaproveitamento, deve ser efetuada em bases absolutamente confiáveis. Fôrmas e escoramentos não devem ser removidos de vigas, lajes e paredes antes que estes elementos estruturais tenham adquirido resistência suficiente para suportar seu peso próprio e as sobrecargas permitidas nesta fase; além da resistência, um módulo de elasticidade mínimo deve ser atingido, para minimizar as deformações por fluência do concreto. Os prazos mínimos para retirada de fôrmas podem ser obtidos no ACI 347 e devem ser confrontados com a Norma ABNT NBR 6118:2007, adotando-se os prazos mais longos; os prazos sugeridos pelo ACI 347 são os seguintes: a) Paredes, colunas e faces de vigas: 12 horas; porém se estas fôrmas se referem a fôrmas de lajes ou fôrmas de fundos de vigas, a remoção deve ser governada por estas últimas. b) Fôrmas de fundo de vigas: • Vão livre entre apoios menor que 3,0 m e carga móvel estrutural menor que a carga permanente estrutural: 7 dias; se a carga móvel estrutural é maior que a carga permanente estrutural: 4 dias. • Vão livre entre apoios situados entre 3 m e 6 m e carga móvel estrutural menor que a carga permanente estrutural: 14 dias; se a carga móvel estrutural é maior que a carga permanente estrutural: 7 dias. • Vão livre entre apoios maior que 6,0 m e carga móvel estrutural menor que

a carga permanente estrutural: 10 dias; se a carga móvel estrutural é maior que a carga permanente estrutural: 7 dias.

Técnicas especiais de construção Algumas técnicas especiais de construção, às vezes mescladas com escoramentos, também especiais, são citadas a seguir.

Fôrmas deslizantes Nas fôrmas deslizantes o concreto plástico é colocado nas fôrmas que, por dispositivos apropriados, avançam, dando a conformação final à estrutura; as fôrmas deslizantes podem ser verticais, para colunas de grande altura, principalmente, ou horizontais, para canais. As fôrmas deslizantes por utilizar equipamentos específicos e por exigir o conhecimento de uma série de detalhes executivos, devem ser operadas por empresas especializadas. A movimentação das fôrmas é lenta, constante e dependente da consistência e resistência do concreto. Em virtude da movimentação das fôrmas deslizantes causar microfissuras no concreto, a espessura do cobrimento das armaduras deve ser acrescida de 2,5 cm.

Fôrmas trepantes Diferentemente das fôrmas deslizantes, que se movimentam constantemente, as fôrmas trepantes avançam aos saltos, em geral, em módulos de três metros. Em virtude de utilizar equipamentos especiais e mão-deobra especializada, as fôrmas trepantes somente devem ser operadas por empresas que tenham experiência comprovada na sua utilização. Não há necessidade de cobrimento adicional das armaduras.

Fôrmas auto-portantes As fôrmas auto-portantes são as que dispensam escoramentos; pouco usadas e somente para pequenos vãos, foram citadas e esquematizadas em uma edição do Beton-Kalender da década de 50 e utilizadas em algumas pontes brasileiras nas décadas de 60 e 70. Constam, essencialmente, de camadas de tábuas com a altura da peça a construir, cortadas de maneira a serem dispostas a 45º, superpostas, cruzadas e solidarizadas por pregos. Não é um tipo de fôrma confiável e sua utilização deve ser evitada.

Fôrmas de construção em avanços sucessivos As fôrmas de avanços sucessivos são associadas a treliças metálicas, macacos e tirantes e prestam-se à construção de pontes e viadutos rodoviários em avanços sucessivos; o conhecimento deste tipo de fôrmas está bastante difundido.

Fôrmas de construção em incrementos sucessivos As pontes de construção em incrementos sucessivos, “incremental launching”, são construídas a partir das extremidades, em comprimentos iguais à metade do comprimento dos vãos e que são empurrados para seu lugar definitivo. Podem ser construídas em grandes comprimentos, retas ou em curvas circulares.

6 Condicionantes ambientais Na hipótese, cada vez mais rara, de utilização de tábuas como fôrmas, somente devem ser utilizadas madeiras com aprovação para exploração. O material resultante da desforma deve ser removido do local e depositado em áreas previamente aprovadas para tal fim. Para minimizar as agressões ao meio ambiente é necessário o atendimento da Norma DNIT 070/2006 – PRO - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento e das prescrições resumidas, indicadas acima, assim como, das recomendações pertinentes constantes da subseção 5.1.2 do Manual para Atividades Ambientais Rodoviárias, do DNIT (IPR Publ. 730).

Projeto Estrutural da Obra de Arte Especial



