MEMORIAL DESCRITIVO

ASSUNTO : PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES COM CORTINAS ATIRANTADAS NO CRUZAMENTO DAS RUAS ELIMÁRIO MOREIRA VIANA COM OROZIMBO CORREIA NO CETRO DE PRESIDENTE KENNEDY-ES

EXTENSÃO: RUA ELIMARIO MOREIRA VIANA_____ 74,50M
RUA OROZIMBO CORREIA_____18,00M

1. INTRODUÇÃO

Estamos apresentamos nesse relatório o memorial de cálculo bem como a justificativa das obras necessárias à estabilização do talude existente à jusante das Ruas Elimario Moreira Viana e Orozimbo Correia em Presidente Kennedy - E.S. (ver figura 1 abaixo).

Figura 1 – Localização das intervenções geotécnicas

2. DOCUMENTOS CONSULTADOS

Para elaboração do presente projeto foram consultados os seguintes documentos:

- Levantamento Topográfico,
- Seções Transversais,
- Visitas técnicas ao local.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A área estudada faz parte da região serrana do Espírito Santo, caracterizada por um relevo forte ondulado, onde a altitude média é de 700 m, com vales profundos junto À zona montanhosa.

A geologia regional é caracterizada pela presença de rochas intrusivas graníticas e rochas metamórficas de alto grau, representadas pelo migmatito (figura 02). Destacam-se também zonas de fraturamento intenso, por vezes associadas ao próprio intrusionamento dos corpos graníticos.

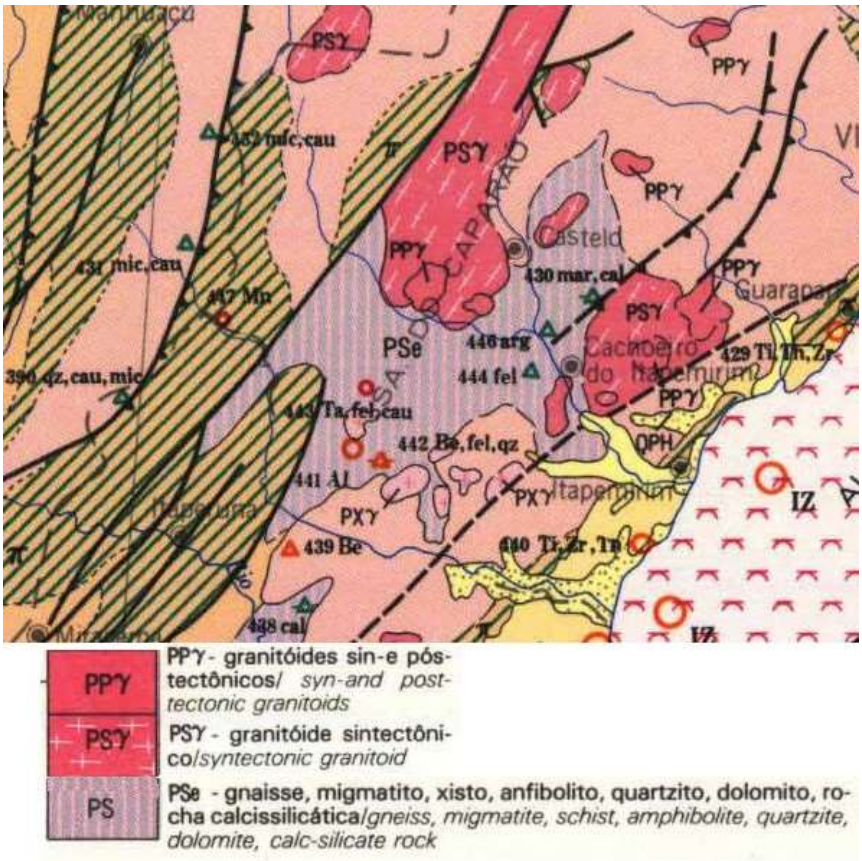


Figura 02 – Caracterização geológica regional da área de Presidente Kennedy (Mapa Geológico do Brasil, CPRM – 1981).

As rochas migmatíticas são caracterizadas pela sua heterogeneidade, exibindo porções de textura granítica em meio a uma massa de textura gnaisse. Essas características podem resultar em propriedades mecânicas, hidrogeológicas e de intemperismo também heterogêneas.

Os solos residuais de granito apresentam, normalmente, boa resistência ao cisalhamento, mostrando resistência à penetração (no ensaio “SPT”) crescente com a profundidade. Possuem, entretanto, certa suscetibilidade à erosão causada pelas águas e sofrem expressiva perda de resistência com o aumento do grau de saturação do terreno (perda de sucção). Esta última é a principal causa dos deslizamentos nesse tipo de material em períodos de intensa e prolongadas chuvas.

3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema local está relacionado a execução de cortes verticalizados faceando as citadas ruas e com desníveis variáveis atingindo até 9,00m no encontro das duas ruas (ver foto 1).

Foto 1 – Vista geral do talude de corte. (Notar a verticalidade, altura excessiva e proximidade da rua)

Baseado no fato acima citado avaliou-se, através de software apropriado (Slope-w da Geoslope), as condições de estabilidade desse talude para inclinação máxima 45^0 e nas condições atuais. Os resultados dessas analises estão apresentados nas figuras 3 e 4 abaixo e revelam que o corte realizado levou a uma diminuição significativa no fator de segurança podendo ocorrer rupturas principalmente em períodos chuvosos intensos, quando os parâmetros de resistência do solo diminuem conforme acima relatado.**Essa situação configura um risco elevado ao local podendo ocorrer ruptura que afete severamente não só as ruas no entorno, mas também os transeuntes.**

De acordo com a norma de taludes NBR 11682 o fator de segurança mínimo aceitável para situação como a do presente caso e de 1,5 (ver tabela1).

Tabela 1 – Fatores de segurança (NBR11682)

Grau de segurança **Perdas de vidas** **Grau de segurança** **Perdas materiais e ambientais**	**Alto**	**Média**	**Baixo**
Alto	1,5	1,4	1,3
Médio	1,4	1,3	1,2(*)
Baixo	1,4	1,3	1,10(*)

(*) A adoção de fatores de segurança iguais ou inferiores a 1,2 só será permitida quando os parâmetros de resistência do solo puderem ser confirmados por retroanálise, para as condições mais desfavoráveis de poro-pressões.

No caso de estabilidade de blocos rochosos os fatores de segurança podem ser parciais, incidindo sobre γ, ϕ , C' , em função da incerteza sobre estes parâmetros, devendo ser justificado pelo projetista. Deve-setambém adotar um fator de segurança mínimo sobre o método de cálculo empregado, igual a 1,1

Figura 3 – Estabilidade do talude considerando-se inclinação de 45^0 (FS = 1,51)

q = 40 kPa

Figura 4 – Estabilidade do talude considerando-se o corte verticalizado (FS=0,90)

De forma a estabilizar essa encosta torna-se necessáira a execução de obras de contenção e drenagem que promovam uma segurança adequada, que, conforme preconizado pela norma de taludes NBR 11682 devem garantir um fator de segurança contra a ruptura de pelo menos 1,5.

4. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES PROJETADAS

A estabilização da área será obtida através das seguintes intervenções (ver figura 1):

- Cortina ancorada na base do talude Rua Eleimario Moreira Viana;
- Cortina ancorada na base do talude a jusante da Rua Orozimbo Correia.

A escolha dessas soluções foi pautada pelas características geométricas (altura do corte e limitações de espaço na base e crista do talude) e geológicas do terreno local e levaram em consideração além da segurança executiva a melhor relação custo benefício dentre as possíveis soluções de estabilização disponíveis.

5. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO.

- **Método**

Para dimensionamento da cortina ancorada foi utilizado o método brasileiro, baseado na Teoria de Culmann, que admite uma superfície de ruptura plana passando pelo pé do talude.

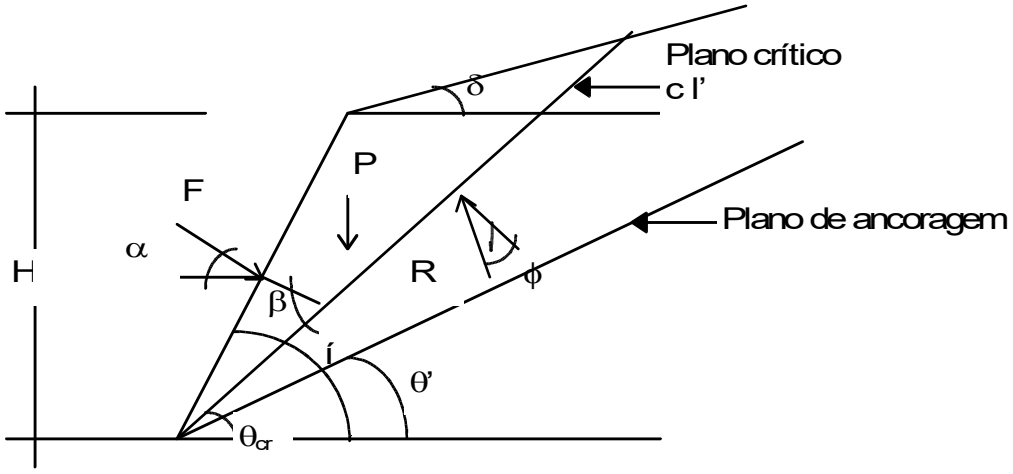
A hipótese de superfícies planas de ruptura passando pela base é, segundo Taylor, válida para taludes verticais e sub-verticais, situação essa que ocorre no presente caso.

Um resumo do esquema de cálculo utilizando esse método está apresentado abaixo;

Cálculo do espaçamento de coluna de tirantes necessários à estabilização pelo Método Brasileiro - Aspectos teóricos*:*

Figura 3- Modelo matemático do Método Brasileiro

θ_{cr} =



$$\frac{i+\varphi}{2}$$

$\beta = \alpha + \theta_{cr}$

$$FS_{min} = \frac{cl' \cos\varphi}{p\,\mathrm{sen}(\theta_{cr} - \varphi)}$$

$$\lambda = \frac{FS_p}{FS_{min}} = \frac{1{,}5}{FS_{min}}$$

$$F = \frac{\lambda - 1}{\lambda} p \frac{\mathrm{sen}(\theta_{cr} - \varphi)}{\cos(\beta - \varphi)}$$

$$l \leq \frac{n \times c_t}{F}$$

$$N \geq \frac{F \times L}{c_t}$$

$$F_s = \frac{K}{\mathrm{sen}(i-\theta)\,\mathrm{sen}(\theta - \phi)} \quad \text{onde } K = \frac{2c}{\gamma H} \mathrm{sen}\, i \cos\varphi$$

$$l' = \frac{H}{\mathrm{sen}\,\theta_{cr} - \cos\theta_{cr}\, tg\,\delta}$$

$$P = \frac{\gamma H\left(l'\cos\theta_{cr} tg\delta + H\right)}{2tg\theta_{cr}} + pl'\cos\theta_{cr}$$

Sendo:

⇒ θ_{cr} - Ângulo formado pelo plano crítico de deslizamento com um plano horizontal.
⇒ θ - Ângulo formado por um plano qualquer de possível deslizamento com um plano horizontal.
⇒ **i** - Inclinação do talude com a horizontal
⇒ **θ'** - Ângulo formado pelo plano de ancoragem com um plano horizontal.
⇒ δ - Ângulo formado pela superfície do terreno com um plano horizontal.
⇒ α - Ângulo formado pelas ancoragens com a horizontal.
⇒ β - Ângulo formado pelas ancoragens com o plano crítico de deslizamento.
⇒ **p** - Peso da cunha mais provável de deslizamento (com extensão unitária).
⇒ **R** - Reação do maciço sobre a cunha ABC.
⇒ **l'** - Comprimento da linha do plano crítico de deslizamento.
⇒ F_s - Coeficiente de segurança ao deslizamento.
⇒ $F_{s\,mín}$ - Coeficiente de segurança mínimo relativo ao plano crítico de deslizamento.
⇒ F_{sp} - Coeficiente de segurança obtido com as forças de protensão.
⇒ **F** - Força de protensão necessária para dar fator de segurança F_{sp} = 1,5 à cunha de deslizamento definida pelo plano crítico de deslizamento.
⇒ **l** - Espaçamento entre colunas de ancoragens.
⇒ **n** - Número de ancoragens das colunas.
⇒ **L** - Extensão de um trecho de cortina.
⇒ **N** - Número total de ancoragens necessárias a um trecho de cortina.
⇒ c_t - Carga de trabalho admissível de uma ancoragem, com fator de segurança de 1,5 para ancoragens provisórias e 1,75 para ancoragens permanentes.

- **Modelo Geomecânico**

O modelo geomecânico de cálculo adotado para a análise de estabilidade das cortinas está apresentado na figura abaixo e foi elaborado para a maior altura da cortina (8,90m) por retratar a situação mais desfavorável..

Seção Típica / Modelo de Cálculo

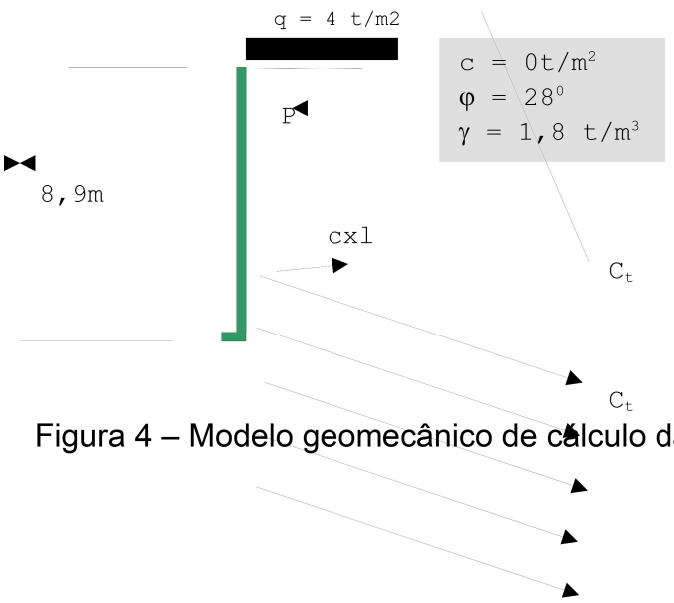


Figura 4 – Modelo geomecânico de cálculo da cortina

A sobrecarga adotada corresponde à tráfego de veiculos e equipamentos pesados de até 4,0 t/m^2

Apresentamos na planilha 1 os resultados do cálculo pelo método de Culmann.

Planilha de Cálculo

i (graus) =	90		57,29578
ϕ (graus) =	28		1,259065
c (t/m2) =	0		
γ (t/m3) =	1,8		
H (m) =	8,9	θcr =	59
δ (graus) =	20	L =	13,28936
q (t/m2) =	4	j =	7,283792
α = (graus)	15		
n (col. de anc.) =	5	P =	83,95982
Ct (tf) =	28	FS =	0
		λ =	INFINITO
		β =	74
		Fp =	62,25003
		e (entre anc.) =	2,248995

PLANILHA 1 - Estabilidade Interna Cortina Ancorada

Dessa forma, adotou-se espaçamentos máximos de 2,10m

Comprimento do Bulbo de Ancoragem

Devem ser atendidas as seguintes condições:

a) Aderência pasta - ancoragem

$$l_b \geq \varphi/4 \frac{f_{yd}}{\tau_b}$$

(NBR – 6118/82)

b) Aderência pasta – maciço

$$l_b \geq \frac{T}{\Pi D \tau_b}$$

onde:

D = Diâmetro do cilindro de nata no trecho ancorado;

ϕ = Diâmetro do tirante;

τ_b = Tensão admissível de cisalhamento no contato nata – solo;

T = esforço de teste.

Tem-se:

$$\tau_{bu}=0,9\sqrt[3]{f_{cd^2}};f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c};f_{yd}=\frac{f_y}{\gamma_s};\gamma_c=1,4;\gamma_s=1,15$$

Para satisfazer à primeira condição tem-se:

ϕ = 32mm $\Rightarrow$ $l_b \geq$ 5,20m

Para satisfazer à segunda condição tem-se:

ϕ = 32mm $\Rightarrow$ $l_b \geq$ 6,30m

Adotamos l_b = 7,00m

- ***ESTABILIDADE GLOBAL***

Apresenta-se ainda, para esse trecho, análise global obtidas através do programa GEOSLOPE da GEOSTUDIO (2007).

O modelo geomecânico adotado corresponde ao perfil indicado na figura 4 e os parâmetros geomecânicos adotados correspondem aos já indicados acima.

A figura 5 abaixo apresenta os resultados dessa análise e indica que ao se reforçar o talude com cortina ancorada a estabilidade global do maciço é atingida e os fatores mínimos de segurança são superiores à 1,5 conforme preconizado pela NBR-6112.

Figura 5 – Estabilidade global do talude com obra proposta

6 -) ANEXOS

São apresentados em anexo ao pre q = 40 kPa io os seguintes documentos:

- Especificações Técnicas Executivas
- Desenhos do Projeto Básico

7 -) BIBLIOGRAFIA

- COSTA NUNES, A. J. (1966) - “Slope Estabilization - Improvements of prestressed anchoraded rocks and soils.” - Proc. First Int. Society Rock Mechanics, Vol II, pg 141 - Lisboa.

- COSTA NUNUES, A. J. e VELLOSO, DIRCEU A. (1963) - "Estabilização de taludes em capas residuais de origem granito-gnaissica." - II ***ABNT.*** NBR 5629/1966. Execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro: ***ABNT, 1996*.**

- ACHILLEOS, E. **User guide for PC STABL 5M**. West Lafayette : Purdue University, 1988. International Report JHRP - 88/19.

- BERNARDES, G.P., ANTUNES, F.S., MUNECHIKA, V.L..**Propriedades Geotécnicas de um Solo Residual de Leptinito da região do Mirante Dona Marta, Rio de Janeiro.** In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992 - v.2, p. 419-431.

- LACERDA, W.A., CLEMENTINO , R.. **Resistência ao cisalhamento dos solos residuais e coluvionares de granito do escorregamento da rua Licurgo, RJ**. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. V.2, p. 433-443.

- LACERDA, Willy de A., EHRLICH, M., DANZIGER, F. A. B. LOPES, F. R., ILIESCU M., CID, M.R.V.K., PINTO, C. P., JORGE, M. **Soluções de estabilização de encostas na cidade de Petrópolis**. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. v.1, p. 119-134.

- SILVEIRA, J., PINTO, C.P., **Projeto e execução de Contenções na Linha Amarela – RJ.** In: 3ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – COBRAE 2001, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ABMS, 2001. p. 130-148.

- TAYLOR, DONALD W. (1958) - "Fundamentals of Soil Mechanics" - New York - Wiley - 1958.

- TERZAGHI, KARL e PECK, RALPH (1962) - “Mecânica dos Solos na Prática de Engenharia” - Ao livro Técnico S. A.

- MANUAL TÉCNICO DE ENCOSTA – GEORIO.

ANEXO 1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Ancoragens e Grampos

Objetivo

Esta especificação tem por objetivo estabelecer as condições para a execução de ancoragens e grampos.

Normas complementares

Complementam esta especificação:

ABNT NBR 5629 Execução de tirantes ancorados no terreno

ABNT NBR 5732 Cimento Portland comum. - Especificação

ABNT NBR 6502 Rochas e solos. – Terminologia

ABNT NBR 7480 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. – Especificação

ABNT NBR 7681 Calda de cimento para injeção. – Especificação

ABNT NBR 7682 Calda de Cimento para injeção. – Determinação do índice de fluidez. – Método de ensaio

ABNT NBR 7683 Calda de cimento para injeção. – Determinação de exudação e expansão. – Método de ensaio

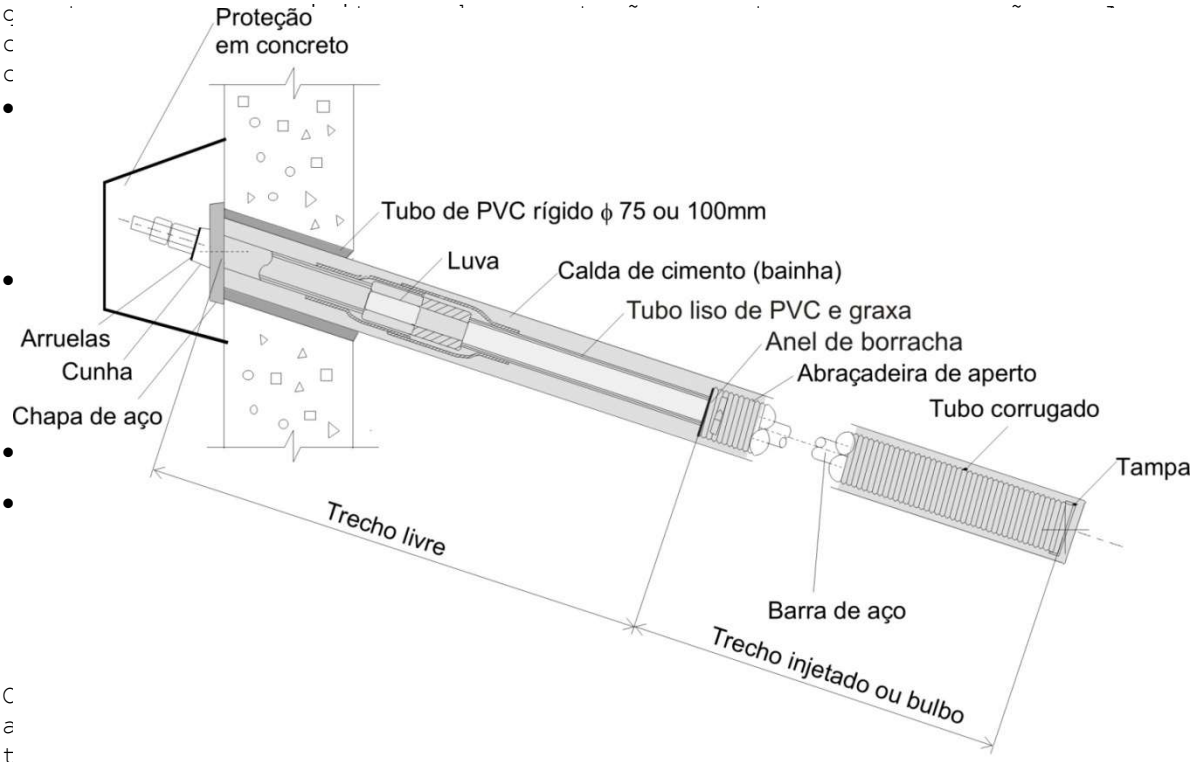
ABNT NBR 7684 Calda de cimento para injeção. – Determinação da resistência à compressão. – Método de ensaio

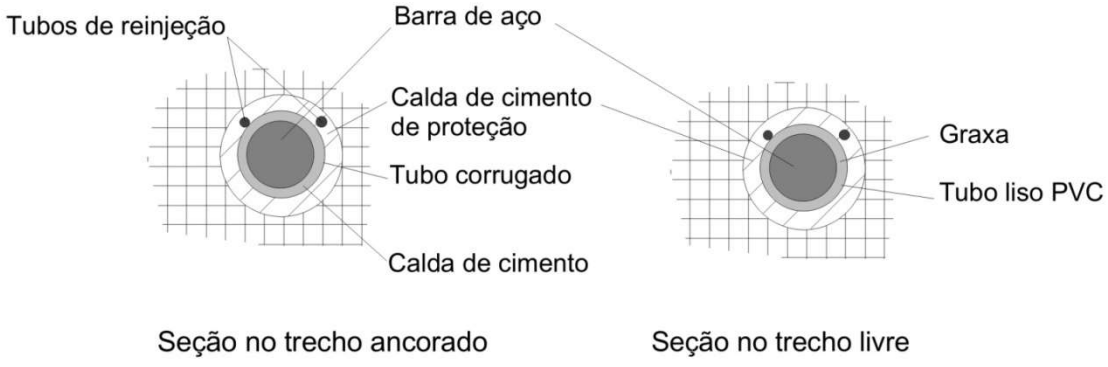
ABNT NBR 7685 Calda de cimento para injeção. – Determinação da vida útil. – Método de ensaio
ASTM 942-78 (1984) Standard test method for oxidation stability of lubricating greases by the oxygen bomb method.
ASTM B 117-85 Standard method of salt spray (fog) testing.
ASTM D 1743-73 (1981) Standard test method for corrosion preventive properties of lubricating.
ASTM D 072-86 Standard test method for evaporation loss of lubrication greases and oils.
ASTM D 1742-83 Standard test method for oil separation from lubricating grease during storage.
ASTM D 217-86 Standard test methods for cone penetration of lubricating grease.
ASTM D 4327-84 Standard test method for anions in water by ion chromatography.
ASTM D 566-76(1982) Standard test method for dropping point of lubricating grease.
ASTM D 95-83 Standard test method for water in petroleum products and bituminous materials by distillation.

ASTM D 974-85 Standard test method for neutralization number by colour- indicator titration.
GEO (1989) Model specification for prestressed ground anchors, Geospec 1, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 168 p.

Definições

As características das ancoragens e grampos adotados nesta especificação atendem aos requisitos da norma ABNT NBR 5629, inclusive





Proteção contra corrosão

A Figura 1 apresenta detalhes das ancoragens. A proteção dupla com tubo plástico corrugado, no trecho ancorado, e liso de PVC no trecho livre, é adotada como padrão mínimo, independentemente da agressividade do meio.
Os acessórios da cabeça do tirante, ou seja, placas, porcas, arruelas e calços, deverão ter proteção através de pintura anticorrosiva antes e após a protensão.
A proteção da cabeça é realizada através de uma tampa de concreto, conforme figura citada.
Com relação à proteção dos grampos, estes poderão ter somente proteção simples, a critério do projeto, constando de limpeza da barra, pintura dupla anticorrosiva e uso de espaçadores e centralizadores.

Materiais

Este capítulo define as características dos materiais empregados. As normas aplicáveis constam da Tabela 1.

Tabela 1 Normas aplicáveis ao aço, ao cimento e à calda de cimento

Materiais	Requisitos	Normas
Aço	CA 50A, Dywidag, Gewi, Rocsolo, Incotep	ABNT NBR 7480
Cimento	Cimento Portland comum	ABNT NBR 5732
Calda de cimento	Fator água-cimento igual ou inferior a 0,5, resistência aos 28 dias superior a 25 MPa	ABNT NBR 7681, ABNT NBR 7682, ABNT NBR 7683, ABNT NBR 7684, ABNT NBR 7685

Calda de cimento

O cimento empregado deverá estar de acordo com a norma ABNT NBR 5732.
A calda de cimento deverá ser constituída de cimento Portland comum e água, de acordo com o fator água-cimento identificado em projeto. Não deverá ser empregada areia, a menos que aprovada previamente pela Fiscalização da GeoRio.
Aditivos poderão ser empregados com a aprovação prévia da Fiscalização da GeoRio.
A calda de cimento não poderá ter o fator água-cimento superior a 0,5.
No mínimo três corpos-de-prova da calda de cimento deverão ser preparados na obra e ensaiados de acordo com a norma ABNT NBR 7681. A resistência aos 28 dias deverá ser superior a 25 MPa.
A calda de cimento deverá obedecer também aos critérios de fluidez, exudação e expansão de acordo com as normas ABNT NBR 7682, 7683 e 7685.

Graxa

As graxas empregadas são aquelas formuladas e fabricadas com objetivo de proteção contra a corrosão de barras de aço para o concreto e aços de alta resistência empregados nos tirantes. As graxas devem ter as seguintes propriedades:

- Evitar tanto a presença quanto a penetração da água.
- Autocicatrizantes.
- Tixiotrópicas.
- Resistentes à degradação microbiológica.

A graxa deve ter propriedades tais que, durante o processo de bombeamento, preencham todos os vazios e garantam contato íntimo entre o aço e o tubo de proteção do trecho livre. A graxa só é considerada barreira protetora quando for garantida a permanência no local de aplicação.
O executor deve informar por escrito o tipo de graxa, o nome e endereço do fabricante, a marca e a data de fabricação da graxa, além de fornecer laudo técnico emitido por laboratório químico especializado em lubrificantes que ateste propriedades do produto e compare com os resultados da Tabela 2. Este laudo deverá ser assinado por químico qualificado.
Entre as graxas que atendem a esta especificação inclui-se a graxa de denominação comercial Ferroprot 4450, fornecida pela Shell.

Tabela 2 Características da graxas

Propriedades	Método de ensaio	Critério de aceitação
Número base	ASTM D 974-85	0.5 min
Umidade	ASTM D 95-83	Máximo: 0,1% da massa
Conteúdo de cloretos	ASTM D 4327 - 84	Máximo: 5 ppm na massa
Conteúdo de nitratos	ASTM D 4327 - 84	Máximo: 5 ppm na massa
Conteúdo de sulfetos	APHA: Part 427 1985	Máximo: 5 ppm na massa
Penetração do cone a 25° C	ASTM D 217 - 86	175 – 340 unidades (1 unidade = 0.1 mm)
Prevenção contra a corrosão (48h a 52° C e 100% umidade relativa	ASTM D 1743 – 73 (1981)	Sem corrosão tipo 1, corrosão incipiente (não mais de três focos visíveis) do tipo 2, classificação máxima 2
Separação de óleo	ASTM D 1742 - 83	Máximo 3% da massa
Perda por evaporação	ASTM 972 - 86	Máximo 0,5% da massa
Ponto de fulgor	ASTM D 93 - 85	Mínimo 42° C
Ponto de queda	ASTM D 566 - 76	Mínimo 60° C
Oxidação 100 h 400 h 1000 h	ASTM D 942 - 78	Perda máxima 70 kPa 140 kPa 210 kPa
Efeito de aspersão de sal (camada de 1 mm de espessura por 250 h)	ASTM B 117 - 85	Sem corrosão

Plásticos

Os plásticos empregados nos tubos de proteção contra a corrosão deverão ter espessura mínima de 4 mm.
As superfícies dos plásticos deverão ser lisas, limpas, sem bolhas e outros defeitos. O material deverá ser homogêneo, termicamente estável, inerte e resistente à degradação química e bacteriológica. O tubo plástico empregado deverá ser resistente à carga máxima de tração de ensaio da ancoragem, ou seja, não apresentar trincas ou fissuras quando submetido a essa carga.

O executor deverá informar por escrito:
1. Detalhes de identificação do produto, marca, fabricante.
2. Diâmetros interno e externo.
3. Espessura da parede.
4. Passo e amplitude das rugas, no caso de plástico corrugado.
5. Comprimento padrão em metro.
6. Detalhes das juntas.

Cargas em ancoragens

As cargas de ensaio e de trabalho dos tirantes constam da Tabela 3
A cargas (*T*) máximas de ensaio e de trabalho são obtidas pelas seguintes equações:

$$T_{ensaio} = 0{,}9 f_y A_s$$

$$T_{trabalho} = T_{ensaio} / 1{,}75$$

onde f_yé a tensão de escoamento do material da ancoragem e A_s é a área da seção transversal útil da barra, descontando-se a parcela perdida pela rosca no caso de seção reduzida. Os fatores 0,9 e 1,75, aplicados nas equações anteriores, correspondem aos fatores de segurança prescritos pela norma ABNT NBR 5629.

A Tabela 3 apresenta os principais tipos de ancoragens utilizados pela GeoRio e as suas características principais.

Tabela 3 Cargas em ancoragens

Tipo de aço	Tipo de seção	Diâmetro da nominal da barra (mm)	Diâmetro mínimo recomendado do furo (mm)	Carga máxima de ensaio (T_{ensaio}) kN	Carga de trabalho ($T_{trabalho}$) kN
Dywidag ST 85/105	Plena	15	75	350	80
Dywidag ST 85/105	Plena	32	100	610	350
Dywidag ST 85/105	Plena	36	125	610	450
Gewi	Plena	25	100	240	140
Gewi	Plena	32	100	360	210
Gewi	Plena	50	150	875	500
CA 50 A	Plena	25	100	230	130
CA 50 A	Plena	32	100	350	200
CA 50 A	Reduzida com rosca	25	100	190	110
CA 50 A	Reduzida com rosca	32	100	280	160
Rocsolo ST 75/85	Plena	22	100	210	125
Rocsolo ST 75/85	Plena	25	100	290	165
Rocsolo ST 75/85	Plena	28	100	350	200
Rocsolo ST 75/85	Plena	38	125	660	375
Rocsolo ST 75/85	Plena	41	125	890	510
Incotep 7D	Reduzida com rosca	19	75	120	70
Incotep 13D	Reduzida com rosca	22	100	230	130
Incotep 22D	Reduzida com rosca	30	100	350	200
Incotep 35D	Reduzida com rosca	40	125	600	340
Incotep 45D	Reduzida	47	150	750	430

	com rosca				
Incotep 50D	Reduzida com rosca	50	150	890	510

Perfuração

A perfuração para a instalação de ancoragens no terreno deve ser de acordo com os desenhos de projeto. As tolerâncias geométricas são:

- Locação: 50 mm.
- Desvio de alinhamento: 3 graus.

O método de perfuração, incluindo fluido de limpeza, deve ser aprovado em comum acordo com a Fiscalização.
O revestimento de furo deverá ser empregado no caso de perigo de colapso da perfuração.

Os furos deverão ser limpos ao final da perfuração mediante a injeção de água de mesma qualidade da água utilizada na confecção da nata.
A seguir são apresentadas as dimensões de perfuração utilizadas:
Tabela 2 Diâmetros de perfuração

Série		Coroas		Sapatas de revestimento		Hastes		Revestimentos	
		Diâmetro externo	Diâmetro interno	Diâmetro externo	Diâmetro interno	Diâmetro externo	Diâmetro interno	Diâmetro externo	Diâmetro interno
AX	mm	48	30	60	48	41	29	57	-
BX	mm	60	42	75	60	48	32	73	-
NX	mm	75	55	92	76	60	51	89	-
HX	mm	99	76	117	100	89	78	114	-

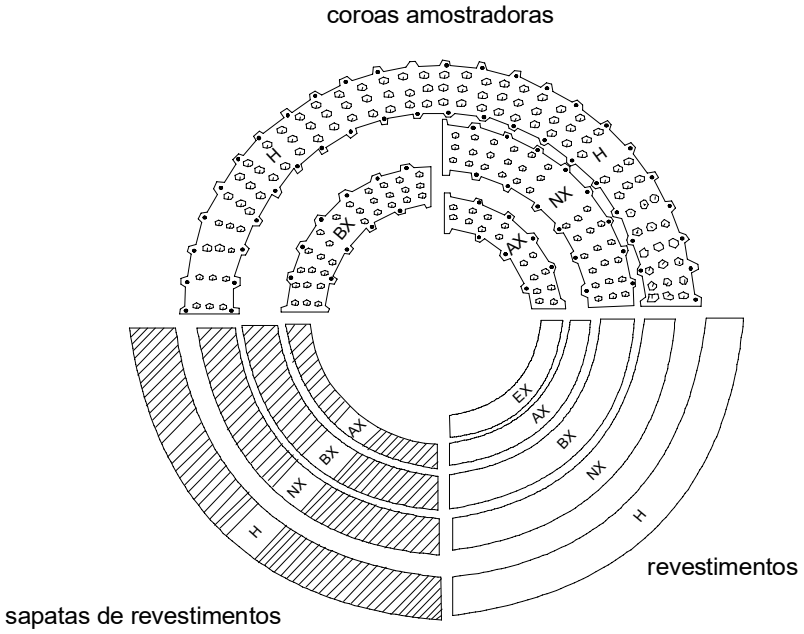


Figura 2 Diâmetros de perfuração, coroas e revestimentos.

Introdução da ancoragem

A Fiscalização deverá aprovar o início da inserção do tirante no furo, uma vez atendidos pelo executor todos os requisitos anteriores.
Esta fase não poderá ser iniciada com intervalo de tempo superior a 12 horas após o término do furo sem que haja verificação de integridade do furo ou reperfuração, exceto para furos totalmente revestidos.

Injeção

Equipamento de injeção
O equipamento de injeção deverá constar de bomba de pistão ou parafuso e dispositivos de medição do volume e pressão de injeção.
Procedimento de injeção
A injeção será realizada única e exclusivamente pelo método ascendente, ou seja, do fundo do furo para a extremidade superior (boca) com a utilização de mangueira ou tubo de injeção com o objetivo de preencher o furo uniformemente e sem vazios.
Durante este procedimento, os seguintes dados deverão ser registrados:
1. Hora inicial e final.
2. Volume de calda de cimento.
3. Pressão de injeção, se houver.

Cabeça da ancoragem

A instalação dos dispositivos da cabeça de ancoragem deverá ser realizada com tolerância de ± 5 mm e angular de ± 3 graus. A cunha de grau e bloco de ancoragem tem que garantir o alinhamento adequado do tirante, ou seja, de 90° com o bloco de ancoragem de forma a se ter somente tração no tirante, sem flexão.

Aplicação de Carga

Montagem e equipamentos

O equipamento de ensaio é indicado na Figura 3 e consiste em macaco hidráulico, placas de apoio, deflectômetros e dispositivos de referência para a medição dos deslocamentos, dispositivos centralizadores da carga e célula de carga. Somente em ensaios de recebimento podem ser empregados outros dispositivos mais simples de medição de deslocamento, como os paquímetros.

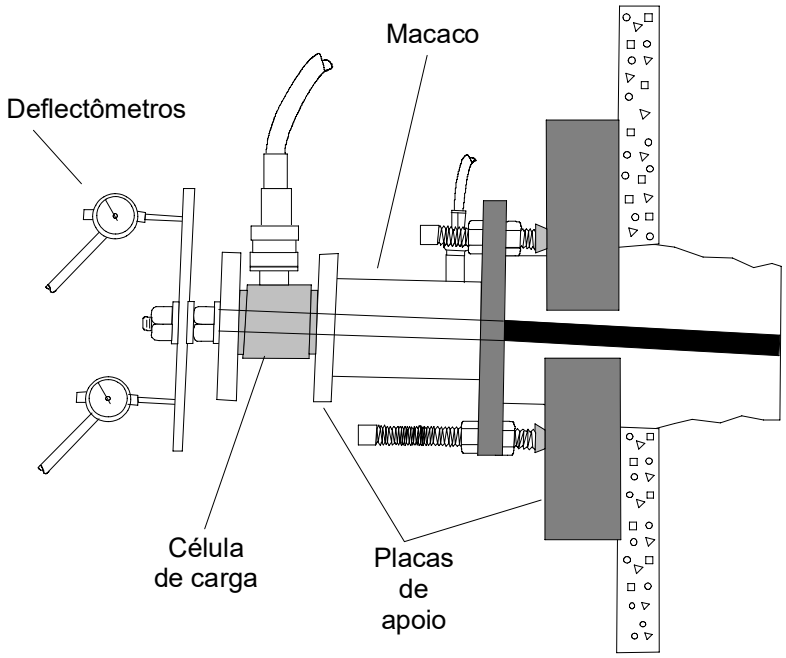


Figura 3 Equipamento de ensaio.

Critério para início do carregamento

O procedimento de aplicação da carga somente poderá ser iniciado após a conclusão dos ensaios de resistência à compressão da calda de cimento e com garantia de que a mesma tenha apresentado valor igual ou superior a 25 MPa.

Critério de Segurança

O executor deverá tomar precauções de segurança contra possível ruptura brusca do tirante durante o ensaio. Pessoas deverão manter uma distância segura em relação ao tirante. Barreiras para a circulação de pessoal e equipamentos, bem como avisos de segurança, deverão ser instalados nesta fase de operação.

Medição de carga aplicada ao tirante

Os ensaios e a operação de pré-tensionamento das ancoragens deverão ser realizados com medição das cargas aplicadas através de *célula de carga*, pois os macacos hidráulicos, mesmo aferidos, apresentam grande erro nas leituras, que pode ser superior a 25%.
As células de carga são transdutores elétricos de força (Figura 4) que permitem medir as cargas aplicadas com grande acurácia. Existem células elétricas do tipo resistivo, que empregam transdutor do tipo elétrico resistivo, e as de corda vibrante, descritas no capítulo 10 deste manual, que são mais estáveis com o tempo. Um exemplo de utilização em ensaios de ancoragem consta da Figura 5. As células de carga devem ser montadas, conforme esta figura, entre placas rígidas de aço com espessura mínima de 30 mm, para evitar erros devido à torção na célula.
As células empregadas em qualquer ensaio deverão medir as cargas com acurácia melhor que 0,5 kN e deverão apresentar certificado de aferição por órgão autorizado pelo Inmetro, com data não superior a um ano anterior ao ensaio.

Os instrumentos de leitura deverão ser do tipo digital.

Figura 4 Células de carga de corda vibrante.

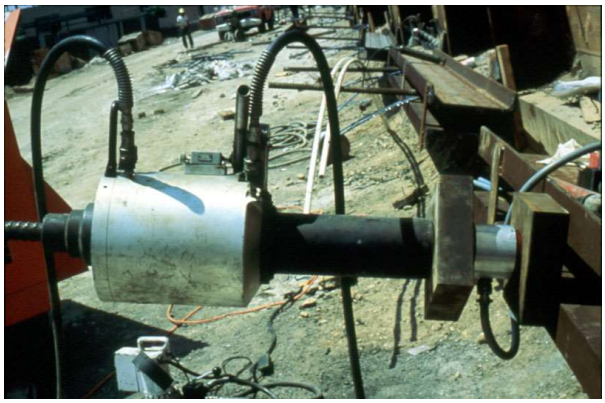


Figura 5 Exemplo de emprego de célula de carga de corda vibrante em ensaio de tração.

Medição de deslocamentos

Os ensaios de recebimento poderão ter os deslocamentos medidos simplesmente pelo deslocamento do pistão através de régua, com acurácia de 1 mm, seguindo-se a norma ABNT NBR 5629.
Os demais ensaios deverão ter o deslocamento medido através de deflectômetro com curso de no mínimo 100 mm e acurácia de 0,1 mm. Pelo menos dois deflectômetros serão empregados e deverão estar posicionados em alinhamento com o tirante. Estarão fixados em viga de referência, que por sua vez estará fixada em local distante da região influenciada pelas cargas da ancoragem ensaiada.

Cuidados e proteções finais

Os cuidados finais, após a aplicação da protensão às ancoragens se referem à proteção cuidadosa da cabeça de ancoragem. A experiência indica que este é o ponto mais fraco para resistir a corrosão, havendo um grande número de ancoragens que romperam devido à corrosão na cabeça.
Os cuidados necessários são:

Repintura das peças metálicas

Após a protensão realizar limpeza e pintura anticorrosiva adicional das partes metálicas.

Instalação da cabeça de proteção do tirante

A cabeça de proteção deve ser instalada de acordo com o critério na norma ABNT NBR 5629, sendo necessário apicoar a superfície da parede de concreto para garantir bom atrito e aplicar adesivo estrutural. Deve-se garantir um recobrimento mínimo de 2 cm.

Injeção da cabeça do tirante

Este é um cuidado importante que evita o acúmulo de água junto à cabeça do tirante. Consiste na instalação de dois tubos plásticos flexíveis de diâmetro de 8 mm, um para injeção, outro para respiro ou retorno (Figura 6). Após todos os trabalhos, a injeção de calda de cimento de selagem da cabeça é realizada lentamente com bomba manual ou por gravidade, a partir do topo da cortina. A injeção é lenta e gradual até o completo preenchimento com calda de cimento e expulsão da água acumulada.

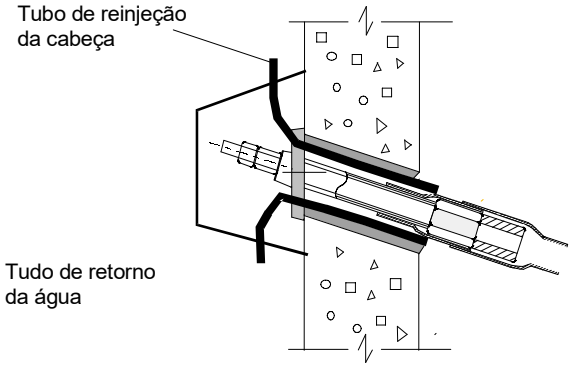


Figura 6 Reinjeção da cabeça do tirante.

Ensaios

Os tipos de ensaio conforme norma ABNT NBR 5629 são:

Definições

- *Ensaio básico*: para verificar a qualidade do tirante. Inclui a escavação do mesmo após o ensaio.
- *Ensaio de qualificação*: levado à carga máxima de ensaio, ou seja, 1,75 $T_{trabalho}$.
- *Ensaio de recebimento*: para aceitar uma ancoragem. São ensaios de rotina em todas as obras.
- *Ensaio de fluência*: são ensaios de carga controlada, que é mantida por intervalos de tempo determinados de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos ou mais. São realizados somente em casos especiais, conforme projeto.

Recomendações quanto à utilização dos ensaios de ancoragem

Os ensaios básicos, de qualificação e fluência são aplicáveis quando for introduzido um novo tipo ou sistema de ancoragem ou no caso de serem em terrenos onde não se tenha experiência comprovada na

utilização de ancoragens. O projeto da obra/fiscalização definirá a necessidade da utilização desses tipos de ensaios. A NBR 5629 aborda em detalhe os aspectos desses ensaios.

Ensaio de recebimento

É obrigatória a sua realização em todas as ancoragens, adotando-se a proposição da norma:

- Tipo A: em 10% dos tirantes instalados e no mínimo em um ensaio;
- Tipo B: realizado nas demais ancoragens.

A norma ABNT NBR 5629 fornece todos os estágios de carga a serem praticados em cada caso, conforme transcrito abaixo:

Tabela 3 Estágios de carga em ensaios de ancoragens

Estágios de carga	
Ensaio tipo A	Ensaio tipo B
$T_0 = 0,1\ f_y\ A_s$	$T_0 = 0,1\ f_y\ A_s$
$0,3\ T_{trabalho}$	$0,3\ T_{trabalho}$
$0,6\ T_{trabalho}$	$0,6\ T_{trabalho}$
$0,8\ T_{trabalho}$	$0,8\ T_{trabalho}$
$1,0\ T_{trabalho}$	$1,0\ T_{trabalho}$
$1,2\ T_{trabalho}$	$1,2\ T_{trabalho}$
$1,4\ T_{trabalho}$	$1,4\ T_{trabalho}$
$1,6\ T_{trabalho}$	
$1,75\ T_{trabalho}$	

Os anexos apresentam modelos de folha de ensaio para realização dos ensaios nas ancoragens mais utilizadas, ou seja, barras de aço CA-50A e St 85/105, diâmetro= 32 mm.

Construção das linhas dos gráficos de interpretação

Os resultados devem ser apresentados nos eixos cartesianos (Figura 7) em que *T* corresponde às cargas de tração em kN e *d* aos deslocamentos medidos em milímetros.

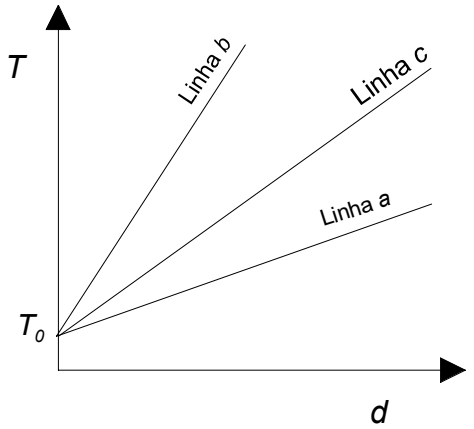
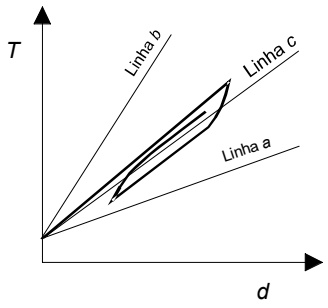


Figura 7 Apresentação dos resultados.

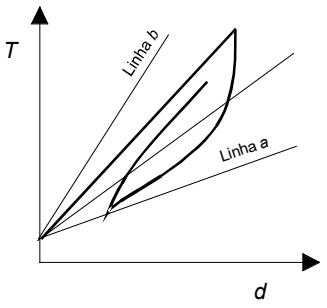
Nesta figura são determinadas três semi retas cuja origem comum corresponde à primeira carga aplicada no ensaio. A inclinação das semi retas ($\Delta T\ /\ \Delta d$) é dada pela equação:

$$\frac{\Delta T}{\Delta d} = \frac{A_s E}{L_t}$$

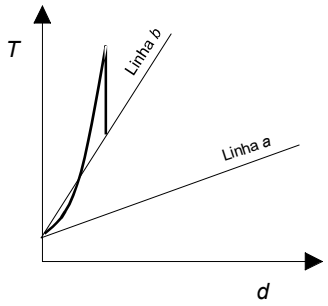
Resultado desejado



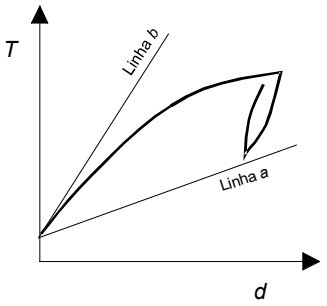
Atrito proporcional ao carregamento



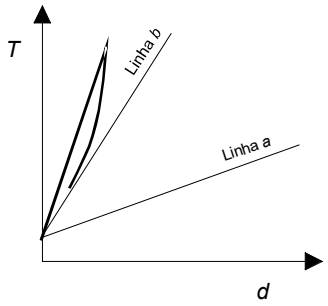
Obstrução na cabeça



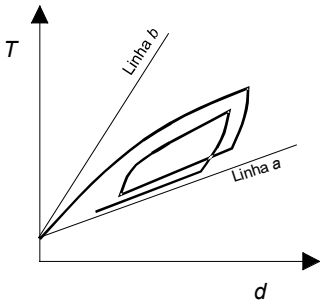
Obstrução na descarga



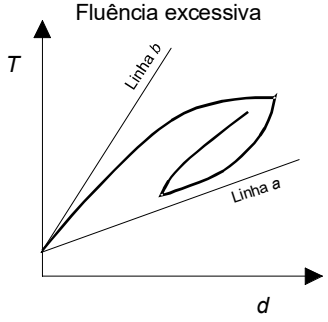
Compriimento livre curto demais



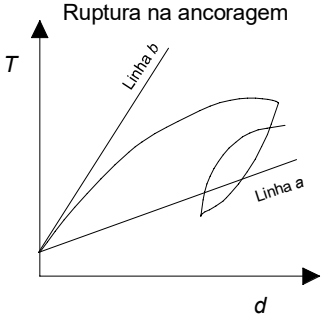
Protensão ineficiente



Fluência excessiva



Ruptura na ancoragem



onde:
A_s é a área da seção do aço da ancoragem;
E é o módulo de Young do aço;
L_t é o comprimento dado por:

Reta *a*: $L_t = L_l + 0{,}5\, L_b$

Reta *b*: $L_t = 0{,}8 L_l$

Reta *c*: $L_t = L_l$

Critérios de aceitação das ancoragens a partir do ensaio de recebimento

De acordo com a norma e apontado abaixo:

1. Os deslocamentos da cabeça devem se estabilizar com a aplicação da carga máxima de ensaio prevista.
2. Os deslocamentos medidos e plotados conforme indicado na Figura 7 devem estar entre as linhas *a* e *b* do gráfico

Caso os resultados não obedeçam aos critérios anteriores, deve-se consultar o autor do projeto.

Interpretação dos ensaios

Os resultados de ensaios serão interpretados segundo a norma ABNT NBR 5629. Yassuda e Dias (1998) apresentam interpretações dos ensaios de acordo com a Figura 8.

Figura 8 Critérios de aceitação e rejeição (Martak, 1979).

Ensaio de arrancamento em grampos

O ensaio de arrancamento é realizado para se determinar o atrito solo-grampo e, durante a obra, para que sejam confirmados os valores de projeto em pelo menos dois grampos ou em 1% dos grampos de uma obra executados especificamente para o ensaio.
A Figura 9 indica alguns detalhes da montagem necessária. A barra de aço empregada deve ser superdimensionada para que o ensaio atinja preferencialmente a ruptura do trecho injetado.
A carga máxima de ensaio (T_{max}) é dada pela seguinte equação:

$$T_{\max} = 0{,}9 f_y A_s$$

onde: f_yé a tensão de escoamento do aço e A_s é a área da seção transversal útil da barra. Esta carga não deve ser ultrapassada para evitar um acidente, devido à possível ruptura brusca do aço.
As cargas deverão ser aplicadas em pequenos estágios que não excedam 20% da carga máxima esperada, aguardando-se pelo menos 30 minutos para a estabilização das deformações. Durante este tempo, a carga é mantida constante e os deslocamentos são lidos a intervalos de 0, 1, 2, 4, 8, 15 minutos.
Deverá ser executado pelo menos um ciclo de carga-descarga, que deverá ser iniciado quando a carga for da ordem da metade estimada da carga total máxima esperada.

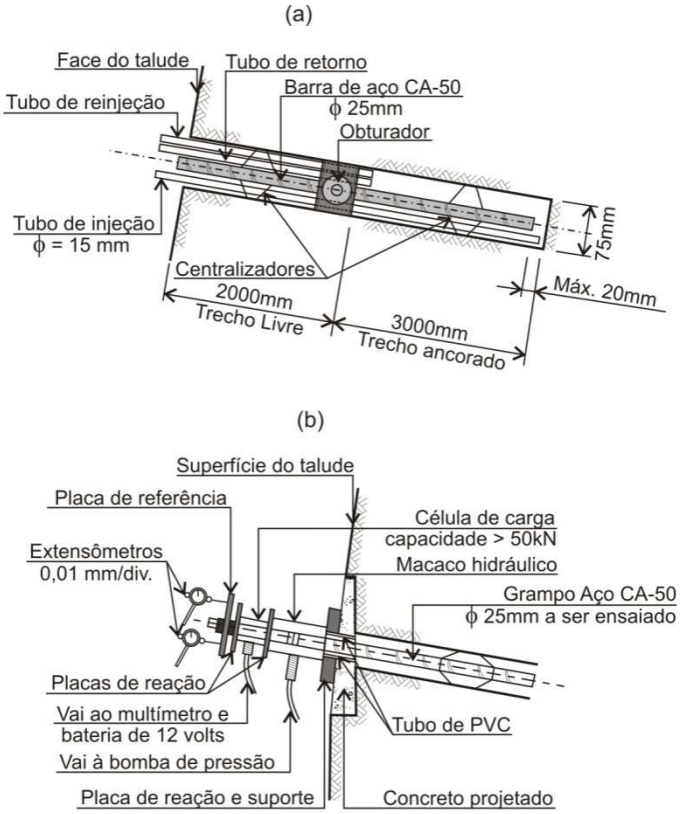


Figura 9 Ensaios de arrancamento: (a) montagem e injeção dos grampos e (b) sistema de aplicação de carga (Feijó e Ehrlich, 2001).

Os resultados serão apresentados em um gráfico *Tversusd* (Figura 7). O boletim de sondagem mais próximo deverá ser anexado ao relatório. O valor da carga que leva à ruptura do grampo por atrito com o solo é definido com T_{rup}e deverá ser determinado no gráfico dos resultados. Em seguida calcula-se o valor do atrito solo-grampo (q_s) através da equação:

$$q_s = \frac{T_{rup}}{\pi D L_b}$$

onde: D = diâmetro da perfuração, L_b = comprimento do bulbo ancorado do grampo-teste.

Boletim de registro – Ancoragens e Grampos

A contratada elaborará um boletim de registro de todos os serviços de execução das ancoragens e dos grampos. Esse registro deverá incluir dados relativos às perfurações (cota da boca, método de perfuração, material perfurado e profundidade do furo) e a quantidade de calda injetada em cada furo, informando o método de injeção. Além destes registros devidamente datados, deverão ser anotados, no boletim do respectivo furo, todos os dados que possam interessar à interpretação dos resultados.

GEORIO — FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

MODELO DE BOLETIM DE ANCORAGENS E ENSAIO DE RECEBIMENTO - AÇO CA 50 A

Folha 1/2

DADOS DA OBRA:

OBRA:		PROCESSO N.º:	
LOCAL:		DES. REFERÊNCIA N.º:	
EMPRESA		DATA:	

DADOS DA ANCORAGEM

ANCORAGEM N.º		DIÂM. EFETIVO (mm):	32,0	TIPO:	Inclinação (º):
Comp. Livre(m):		Comp. Anc.(m):		Comp. Total(m):	
Carga Ensaio. (kN):		Carga Trab. (kN):		Carga Incorp. (kN):	

DADOS DA PERFURAÇÃO

Diâm. Furo (mm):		Perfur. em solo(m):	INJEÇÃO			
Circ. Água: ☐ Sim	☐ Não	Perfur. em alteração(m):	Data	A/C	Cimento(sc)	Pressão(kg/cm²)
Revestimento		Perfur. em rocha(m):				
Diam.(mm): até	(metros)	Perfur. total(m):				

DADOS DO ENSAIO (para preenchimento dos dados, ver formulário apresentado abaixo da tabela)

Equipamento de Carga:		Eq. medição de desloc.:	
Relação de Carga:		Data do Ensaio:	

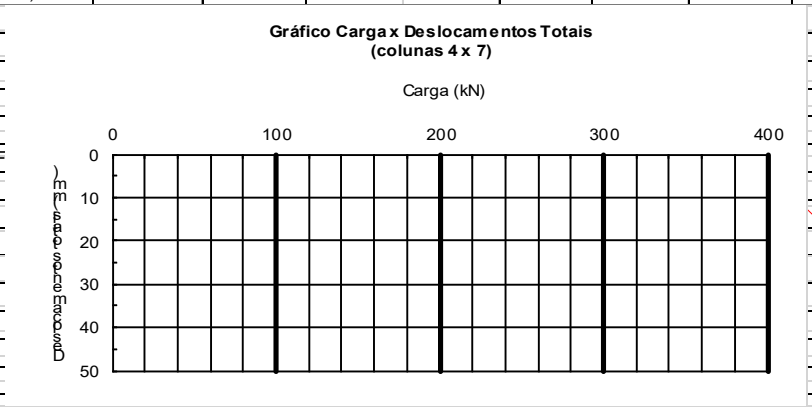
GEORIO — FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

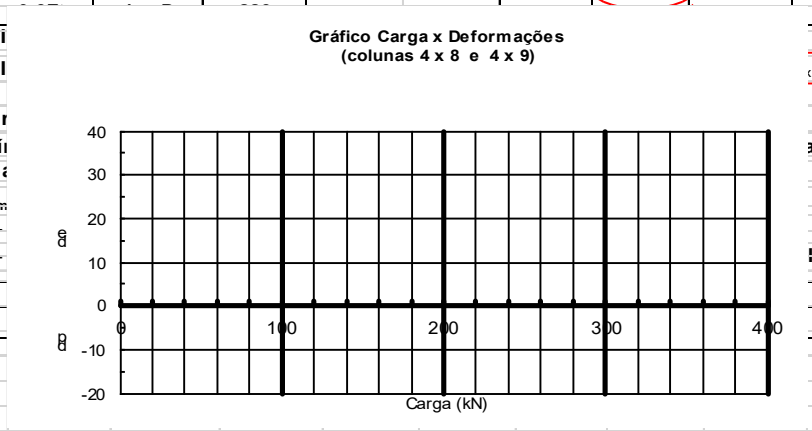
MODELO DE BOLETIM DE ANCORAGENS E ENSAIO DE RECEBIMENTO - AÇO CA 50A

Folha 2/2

col. 1	col. 2	col. 3	col. 4	col. 5	col. 6	col. 7	col. 8	col. 9
			Carga (kN)	Leitura de Carga	Deslocamento (mm)		Deformações	
				Leitura inicial	Leitura	Real	Elásticas	Plásticas
	Fo=0,1Fe	A e B	35			Zero	Zero	Zero
	0,3Ft	A e B	105					
	0,6Ft	A e B	210					

GRÁFICOS





ENSAIO TI

ENSAIO TI

OBS.1: Par ... Ft

OBS.2: O í ... a

desloc. rea

$de_{máx} = d_m$

$de_j = [(F_j -$

$dp_j = de_j -$ ... l a zero)

CONSTRUÇÃO DAS RETAS LIMITES

(A SEREM TRAÇADAS NO GRÁFICO CARGA X DEFORMAÇÕES ELÁSTICAS)

Para retas limites, considerar:

E = 210	(Módulo de Elasticidade do aço em kN/mm²)
S = 804,25	(Seção de aço em mm²)

Reta a			**Reta b**		
PONTO	X	Y	PONTO	X	Y
A	**Fo**	**zero**	C	**Fo**	**zero**
B	**1,75Ft**		D	**1,75Ft**	

=[(1,75Ft - Fo)*(Comp Livre(mm) + Comp.

=[(1,75Ft - Fo)*(Comp Livre(mm)*0.8)]/(**E*S**)

Concreto Armado

Objetivo

O objetivo desta especificação é estabelecer as condições mínimas a serem observadas no preparo e aplicação de concreto e concreto armado.

Normas complementares

Integram esta especificação as seguintes normas:

ABNT NBR 5732	Cimento Portland Comum
ABNT NBR 5733	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
ABNT NBR 5735	Cimento Portland de Alto Forno
ABNT NBR 5740	Análise Química de Cimento Portland Disposições Gerais
ABNT NBR 6118	Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
ABNT NBR 7211	Agregados para Concreto
ABNT NBR 7480	Barras e Fios de Aço destinados a Armaduras para Concreto Armado.
ABNT NBR 7212	Concreto Pré-misturado
ABNT NBR 7215	Ensaio de Cimento Portland
ABNT NBR 7217	Determinação de Composição Granulométrica dos Agregados
ABNT NBR 7218	Determinação do Teor de Argila em Torrões Agregados
ABNT NBR 7219	Determinação do Teor de Materiais Puverulentos nos Agregados
ABNT NBR 7220	Avaliação das Impurezas Orgânicas das Areias para Concreto
ABNT NBR 7221	Areia - Ensaio de Qualidade
DNER EM 37/71	Agregado Graúdo para Concreto de Cimento
DNER EM 38/71	Agregado Miúdo para Concreto de Cimento
DNER ME 35/64	Desgaste de Agregado por Abrasão e demais Instruções

Composição

A Executante deverá apresentar, com antecedência, para aprovação da Fiscalização, os ensaios dos materiais e traços propostos.
A composição dos vários tipos de concreto, será definida de acordo com a curva granulométrica dos materiais inertes, com a resistência pretendida e com o fim a que se destina. A Executante não poderá alterar essas composições, sem autorização escrita da Fiscalização.
O traço do concreto determinado em laboratório será em peso. Permitida a dosagem em volume pela Fiscalização, o laboratório fornecerá o fator de conversão necessário.
A resistência característica do concreto à compressão f_{ck} mínima deverá ser de 20 MPa. O fator água/cimento será função da tensão característica f_{ck} que constar do projeto, com o valor máximo de 0,6.
Nas obras em concreto ciclópico, ao concreto preparado como descrito anteriormente, deverão ser adicionadas pedras-de-mão, em volume máximo de 30%.
Aditivos para concreto somente poderão ser empregados com prévia autorização da Fiscalização.
Quando especificada a utilização de concreto magro este deverá possuir resistência à compressão

Cimentos Especiais e Aditivos

Poderão ser empregados cimentos especiais, desde que atendam as prescrições das normas ABNT NBR 5733 e 5735 e seu uso seja previamente aprovado pela Fiscalização.
Os aditivos somente serão empregados excepcionalmente, a critério da Fiscalização. Esta somente decidirá a respeito após a realização, pelo Executante, de ensaios que comprovem:

1. a eficiência do(s) aditivo(s) no sentido de melhorar as características do concreto, sem nenhum risco de efeitos colaterais nocivos;
2. que sua aplicação não resulte em acréscimo no custo do concreto.

Recebimento, Armazenamento e Procedência do Cimento

A ABNT NBR-7948 deverá ser obedecida rigorosamente no recebimento e armazenamento do cimento.
O cimento que, por qualquer motivo, apresentar torrões será considerado hidratado e deverá ser retirado da obra, imediatamente.
Todo cimento deverá ser entregue no local da obra, em sua embalagem original, onde ficará até a ocasião de seu emprego.

Agregados

O agregado miúdo consistirá de areia natural, constituída unicamente de grãos de quartzo.
O agregado graúdo consistirá de pedra britada, proveniente de rocha sã. Seu emprego no concreto será feito com a mistura em proporções convenientes, de acordo com o traço indicado dos materiais de granulometria conhecida.
O cascalho só poderá ser empregado quando especificado no projeto e aprovado em laboratório.
As propriedades dos agregados serão regidas pelas especificações da ABNT NBR-7211. Os agregados deverão ser armazenados separadamente, isolado do terreno natural por assoalho de madeira ou camada de concreto magro.

Pedra-de-mão

A pedra-de-mão para concreto ciclópico será de rocha sã e deverá ter qualidade idêntica a exigida para a pedra britada que constituirá o agregado graúdo.
Deverá ser isenta de incrustações nocivas e sua máxima dimensão não poderá ser superior a 30cm nem a metade da dimensão mínima do elemento a ser construído.

Água

A água para o concreto deverá ser perfeitamente limpa, clara, isenta de óleo, matéria orgânica e outras substâncias nocivas.
Na hipótese de haver dúvida quanto a qualidade da água, devem ser realizados ensaios necessários, conforme prescreve o item 8.1.3 da ABNT NBR 6118.
A estocagem deve ser feita em recipiente limpo e se necessário coberto.

Equipamento

As instalações de preparo do concreto serão feitas sob inteira responsabilidade da Executante, que ao dimensioná-las, deverá levar em conta o volume a executar dentro dos respectivos cronogramas, suas dificuldades, condições locais e tudo o mais que possa influir na sua capacidade de produção.
As dimensões das betoneiras deverão ser compatíveis com o traço a ser usado. Será permitida a utilização de central de concreto, desde que aprovada pela Fiscalização.
As betoneiras, como todo o equipamento, deverão ser mantidas em perfeitas condições, principalmente no que se refere ao dispositivo de medição de água.
Deverão ser previstos vibradores e agulhas compatíveis com as peças a serem concretadas, inclusive vibradores de reserva em perfeito estado de funcionamento. Indispensável também o ar comprimido com água, para limpeza de formas e superfícies.

Preparo do concreto

Os trabalhos de preparação do concreto consistem em amassamento, lançamento e adensamento. As quantidades dos materiais para mistura devem obedecer rigorosamente aos traços definidos em projeto.
Com prévia autorização da Fiscalização, após recomendação do laboratório, poderão ser incluídos na mistura, aditivos para aceleração da pega ou impermeabilizantes.
O concreto será misturado mecanicamente em betoneira equipada com reservatório de água e dispositivo para medir com suficiente precisão a quantidade de água usada.

Os aditivos deverão ser adicionados à água durante a mistura. O amassamento deve continuar até que se consiga uma distribuição uniforme dos materiais, por período nunca inferior a um minuto e meio.
Após a adição da água, o tempo máximo para iniciar-se o lançamento do concreto é de trinta minutos. Nos casos de transporte em caminhão-betoneira, este tempo máximo pode ser de cinquenta minutos; entre o instante de início da mistura e o final do lançamento, o máximo deverá ser de 60 minutos, desde que não seja usado retardador de pega do cimento.
A Executante poderá empregar concreto proveniente de usinas comerciais, desde que mantidos os mesmos padrões de qualidade indicados no projeto e com prévia autorização da Fiscalização.
Em casos especiais, a critério da Fiscalização, a mistura para confecção do concreto poderá ser feita manualmente. Nesta situação, a mistura é feita inicialmente a seco até obter-se cor uniforme; posteriormente, adiciona-se água na proporção especificada. Não se permitirá amassamento superior a 350 litros de concreto de uma só vez.

Transporte e lançamento

O concreto deve ser transportado do local de amassamento para o lançamento tão rapidamente quanto possível e o meio de transporte deverá ser tal que não acarrete a segregação de seus elementos ou perda de qualquer deles, não se admitindo o uso de concreto remisturado.
O lançamento do concreto deverá ser feito segundo um plano pré estabelecido, tendo em vista os pontos das juntas ou emendas de concretagem.
Não será permitido lançar-se concreto de altura superior a 2 m sem o uso de tubos ou calhas de comprimento regulável e com menor diâmetro possível, levando-se em conta a consistência do concreto.
A Executante não poderá iniciar o lançamento do concreto sem a vistoria da Fiscalização às formas e armaduras.
O concreto, tanto quanto possível, deve ser depositado uniformemente em camadas de igual espessura permitindo, assim, uma pressão sobre as formas e cimbramento o mais regular possível.
Deve-se prever também o lançamento de maneira tal que não haja o início de pega de uma camada antes da camada seguinte ter sido lançada sobre ela.
Durante ou imediatamente após o lançamento o concreto deve ser adensado mecanicamente por meio de vibradores de tipo e tamanho aprovados pela Fiscalização. A vibração deverá ser feita cuidadosamente a fim de evitar deslocamento da armadura ou segregação e escorrimento do concreto.
A distância entre os pontos de vibração deverá ser, no máximo, de 50 cm e o vibrador não poderá ser usado para empurrar o concreto para dentro da forma. Cada imersão deverá durar no máximo 30 segundos, retirando-se o vibrador lentamente.
Em elementos estruturais altos, deverá ser usado vibrador de placa externa.
Somente em casos excepcionais, a critério da Fiscalização, poderá se adensar o concreto por meio de soquetes manuais.
O sistema de lançamento deverá ser aprovado pela Fiscalização.

Lançamento de Concreto Submerso

O concreto deverá ter $f_{ck} \geq$ 30 MPa, com 20% de excesso de cimento. Cuidados especiais deverão ser tomados durante o lançamento para evitar segregação. O lançamento deverá ser feito por processo aprovado previamente pela Fiscalização.

Lançamento de Concreto Bombeado

No caso de empregar bombas para o lançamento do concreto, deverão ser tomados os seguintes cuidados:

- o agregado miúdo deverá conter 15 a 20% de material passando na peneira 0,2mm e 3% na peneira 0,15mm;

- o diâmetro máximo do agregado deverá ser sempre menor do que um terço do diâmetro do tubo;
- o consumo mínimo de cimento deverá ser 300 kg/m^3 de concreto;
- o abatimento do concreto (*slump*) deverá estar compreendido entre 6 e 16 cm, dependendo do tipo de bomba a ser utilizada.

Juntas de concretagem

A Executante deverá apresentar o plano de concretagem para prévia aprovação da Fiscalização.
As formas deverão estar providas de anteparo para todas as juntas, com exceção das juntas horizontais ou ligeiramente inclinadas.
As "juntas frias" nunca deverão ser posicionadas em locais onde as tensões tangenciais sejam elevadas e não haja armaduras suficientes para absorvê-las.
Para garantir suficiente ligação do concreto já endurecido com o concreto a ser lançado, tanto nas juntas previstas como nas que eventualmente possam ocorrer, a superfície da junta deverá ser apicoada de forma a remover a nata de cimento endurecida. Esta superfície apicoada deverá estar isenta de partículas soltas, devendo-se para isso empregar jato de ar comprimido ou jato de água com pressão suficiente para deixar a superfície perfeitamente limpa.
Ao se retomar a concretagem, deverá ser colocada de 1 a 2 centímetros de espessura da argamassa com o mesmo traço do concreto, porém sem o agregado graúdo. Esta camada servirá para evitar formação de vazios entre o agregado graúdo e o concreto velho, ficando sempre uma camada de ligação entre eles. A utilização de traço com elevado *slump*, deverá ser evitada por determinar junta frágil, com muita porosidade.
No caso de paredes ou outros elementos, em que não seja possível o uso de qualquer jato para limpeza das superfícies endurecidas, as formas deverão ser executadas até o nível das juntas. O enchimento das formas deverá ser feito até 3 cm acima desse nível, fazendo-se a remoção do excesso no início do endurecimento. O acabamento poderá ser por meio de escovas de pelo duro, ou qualquer outro meio manual adequado.
Será efetuada a completa remoção do concreto defeituoso, das concentrações de nata e argamassa fraca, manchas e quaisquer materiais indesejáveis, completando-se com a lavagem cuidadosa da superfície do concreto, a fim de eliminar todos os materiais soltos.
No caso de uso de adesivos, as instruções do fabricante deverão ser obedecidas e, o reinício da concretagem deverá ocorrer antes que o adesivo inicie seu endurecimento e/ou polimerização.

Cura

Todas as superfícies de concreto expostas ao ar livre deverão ser mantidas continuamente úmidas 7 dias após o lançamento do concreto.
Nos casos em que as superfícies são protegidas pelas formas, o concreto deverá ser curado, por umidecimento, da parte superior, durante pelo menos 7 dias.
Nos lugares onde não for possível cobrir o concreto com areia, terra, serragem molhada ou material semelhante, as superfícies de concreto deverão ser permanentemente molhadas.
A água usada na cura deverá ser limpa e livre de elementos que possam prejudicar, manchar ou descolorir o concreto.
As formas de madeira deverão ser molhadas frequentemente , para impedir a abertura de juntas e a evaporação através da madeira.
Quando os moldes forem metálicos, especial atenção deverá ser dada à vedação das juntas.
As superfícies a serem cobertas com terra só necessitarão ser curadas até ser colocado o aterro.
Durante as 24 horas seguinte ao término da concretagem deverá ser vetado todo o recebimento ou depósito de materiais ou ainda vibrações provenientes de estaqueamento nas proximidades das partes concretadas.
Qualquer processo especial de cura só poderá ser utilizado com aprovação prévia da Fiscalização.

Acabamento

As irregularidades causadas por deslocamentos ou má colocação da forma ou por ligamentos soltos ou madeira defeituosa da forma, bem como "ninhos de abelhas" serão consideradas como irregularidades e deverão ser reparadas, onde ocorrerem, sem ônus para o DNIT.

Controle de resistência e aceitação

O concreto deverá ter sua resistência verificada através de rompimento de corpo de prova por laboratório idôneo, previamente aprovado pela Fiscalização, e obedecendo ao controle sistemático determinado pela ABNT NBR 6118.
A Fiscalização exigirá da Executante, relatórios periódicos por obra, ou por etapa de obra, interpretando os certificados de verificação de resistência escolhido, de tal forma que possam ser verificadas se foram satisfeitas as condições quanto a qualidade e resistência do concreto.
Assim, a estrutura de obra será aceita automaticamente se: $f_{ck,est} \geq f_{ck}$ (o valor estimado de resistência característica do concreto à compressão deverá ser maior ou igual à resistência característica do concreto à compressão).
Caso ocorra $f_{ck,est} < f_{ck}$ a decisão a tomar será baseada nas verificações recomendadas item 16.2 da ABNT NBR 6118.

Forma

A Executante será responsável pela eficiência das formas para suportar às pressões decorrentes do lançamento e vibração do concreto e outras cargas atuantes, sem falhas, movimentos ou de flexões das partes componentes. As formas deverão obedecer aos alinhamentos e dimensões das obras de concreto apresentadas nos Projetos e serão constituídas de maneira a assegurar a perfeita aparência das superfícies do concreto.
Será permitido o emprego de tipos ou técnicas especiais na construção de formas, desde que sua utilização e resultado sejam comprovados pela prática, devendo-se justificar a eficiência de outros métodos propostos que, por serem novos, careçam de maior garantia, no entender da Fiscalização.
Todas as formas deverão ser suficientemente estanques de modo a impedir a perda da nata de cimento. As juntas serão preenchidas com madeira ou mastique, não sendo permitido o emprego de gesso ou argila. Substâncias gordurosas e descolorantes não deverão ser utilizadas.
Imediatamente antes do lançamento do concreto, a Executante deverá realizar cuidadosa vistoria nas formas para verificação da sua geometria, estanqueidade, rigidez e limpeza, molhando-as perfeitamente a fim de evitar a fuga da nata do cimento.
Em peças nas quais a limpeza se torna difícil, deverão ser deixadas aberturas provisórias para facilitar esta operação.
As formas de madeira poderão ser reutilizadas, desde que aprovadas pela Fiscalização, estejam em bom estado , desempenadas, inteiramente limpas e sem bordos quebrados ou danificados, e análogas, em todos os pontos de vista às formas feitas com madeira nova.
Para efeito das obras a que se refere esta especificação, formas podem ser classificadas nos tipos a seguir discriminados, de acordo com sua utilização:

- Forma Comum: serão aquelas utilizadas para superfícies de reaterro de concreto que ficarão posteriormente cobertas por um revestimento, ou ainda fiquem internas em caixões. Poderão ser utilizadas, neste caso, tábuas aparelhadas e de comprimento e largura variáveis.

- Forma para Concreto Aparente: serão aquelas utilizadas para superfície de concreto que deverão ser completamente lisas, isentas de irregularidades e com coloração homogênea. Estas formas deverão ser de madeirit resinada ou forrada de outro material liso e não absorvente tais como, aço e plástico. Todas as bordas dos painéis deverão ser em esquadro e retilíneas em ambas as direções, devendo os painéis coincidirem perfeitamente no comprimento, largura e alinhamento.

Os tipos descritos podem também ser caracterizados para peças planas ou curvas.
Os dispositivos de aço utilizados para fixação das formas deverão ser construídos de modo a permitir a sua retirada até a profundidade idêntica à do recobrimento do concreto, sem danificá-lo.

Quanto aos materiais, as formas poderão ser metálicas, madeira, produtos aglomerados ou outros previamente aprovados pela Fiscalização.
O produto empregado para facilitar a remoção das formas não deverá deixar manchas no concreto aparente. A sua aplicação nas formas deverá ser feita antes da colocação da armadura.

Escoramento

À Executante caberá projetar e dimensionar os escoramentos e andaimes necessários, salvo no caso de elementos simples já consagrados pela prática. Este Projeto com os detalhes de construção e cálculos justificativos, será submetido à aprovação da Fiscalização , com antecedência necessária, podendo ou não ser aceito. Os escoramentos deverão ser calculados para suportar o peso próprio total acrescido do peso total do concreto fresco, calculado utilizando-se o peso específico γ = 26 kN/m^3, e uma sobrecarga de pelo menos 2 kN/m^2.
As deformações devido às cargas nos escoramentos, serão determinadas com a maior aproximação possível, a fim de ser dada a contra-flecha necessária.
Cuidados especiais deverão ser tomados nos apoios do escoramento (cunhas de madeira dura, caixas de areia, parafusos especiais etc), para permitir um ajuste, bem como um descimbramento suave e uniforme.
Andaimes situados mais de 2 m acima do terreno natural, assim como passarelas, saídas de escadas etc, deverão ser protegidas com corrimão de tubos ou tábuas com 1 m de altura.
A estabilidade dos escoramentos será verificada periodicamente, principalmente após interrupções longas das obras ou após temporais. Especial atenção deverá ser dada aos elementos de ligação.
O descimbramento deverá ser feito de modo suave e uniforme de acordo com o plano que deverá ser apresentado pela Executante e devidamente estudado para atuação simultânea dos dispositivos utilizados nessa operação.
Os escoramentos poderão ser constituídos por elementos de madeira ou metálicos, desde que previamente aprovados pela Fiscalização e sempre que se enquadrem nestas especificações.
Na hipótese de utilização de madeira, a possibilidade de deformações transversais no sentido das fibras deve ser reduzida intercalando-se chapas de madeira dura ou aço.
Nos escoramentos de madeira deve-se evitar, na medida do possível, ligações em peças verticais, assim como em peças sujeitas a compressão. Quando isto for inevitável, as emendas deverão eliminar a possibilidade de deslocamento lateral ou separação, para tal, deverão ser utilizados reforços de fixação lateral.
Não serão permitidas emendas nos elementos submetidos flexão.
Quando forem utilizadas cunhas de madeira (exclusivamente madeira dura), estas terão uma inclinação de 1:10 e serão suficientemente largas para estabelecer um contato perfeito.
Os escoramentos metálicos com braçadeiras serão admitidos sempre que satisfaçam as condições estáticas e dinâmicas necessárias.

Armadura

As armaduras deverão estar isentas de qualquer material nocivo antes de serem colocadas nas formas. Deverão ser colocadas de modo apropriado e, durante a operação de concretagem, mantidas na posição correta através de dispositivo que garantam posicionamento e cobrimento indicados no projeto.
Antes e durante o lançamento do concreto, as plataformas de serviços deverão estar dispostas de modo a não acarretar deformações às armaduras.
Serão utilizadas barras de aço nos diâmetros, quantidades e categorias indicados na lista de barras do projeto.
O corte e dobramento das barras devem ser executados a frio, de acordo com os detalhes de projeto e as normas aplicáveis.
No caso de interrupções de obras, as barras que já tenham sido parcialmente incorporadas ao concreto deverão ser protegidas com nata de cimento.
As barras que se sobressaiam das juntas de concretagem deverão ser limpas e liberadas do concreto endurecido, antes de prosseguir a concretagem.
As emendas das barras serão sempre por transpasse e deverão ser executadas de acordo com os detalhes de projeto.

As soldas só poderão ser empregadas excepcionalmente, devendo neste caso a Executante apresentar o processo a ser utilizado para aprovação do DNIT.
Com a finalidade de evitar a paralisação dos serviços, a Executante deverá prever, com base no cronograma de execução, a manutenção de estoque mínimo de material por bitola, de acordo com o projeto.

Montagem

A armadura será montada no interior das formas, na posição e espaçamento indicados no projeto, de tal maneira que suporte, sem deslocamento, as operações de lançamento do concreto. Será permitido para esse fim o uso de arame e tarugos de aço.
As posições corretas das armaduras serão garantidas por espaçadores e suportes, juntamente com as ligações entre as próprias armaduras.
Como regra geral, os espaçadores e suportes serão de concreto com resistência e durabilidade idêntica às do concreto da obra , podendo ser usados espaçadores e suportes metálicos, desde que não fiquem em contato com as formas e sejam aprovados pela Fiscalização.
Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco e não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver em processo de endurecimento.

Controle

A Fiscalização inspecionará as armaduras durante a montagem e colocação nas formas verificando, em cada caso, o posicionamento das barras, o seu diâmetro, a limpeza do material, a correta execução das emendas, a colocação dos espaçadores e suportes, de modo a assegurar a rigorosa obediência ao projeto e a esta especificação.