

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 5629

Segunda edição
17.03.2006

Válida a partir de
15.04.2006

Execução de tirantes ancorados no terreno

Procedure of ties anchored in soil

Palavras-chave: Estrutura ancorada. Cortina atirantada.
Descriptors: Anchored tieback. Anchored structure.

ICS 93.020



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 5629:2006
32 páginas

©ABNT 2006

ABNT NBR 5629:2006

Arquivo de impressão gerado em 22/03/2017 15:40:24 de uso exclusivo de CONEPP CONSULTORIA LTDA. [10.525.827/0001-72]

© ABNT 2006

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio.....	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Definições.....	1
4 Dimensionamento.....	3
4.1 Materiais	3
4.2 Cálculo dos esforços	3
4.3 Dimensionamento da seção de aço.....	3
4.4 Dimensionamento do bulbo de ancoragem.....	4
4.5 Estabilidade global	5
5 Execução	5
5.1 Materiais	5
5.2 Proteção contra a corrosão.....	6
5.2.1 Objetivo	6
5.2.2 Princípios básicos de proteção	6
5.2.3 Agressividade dos meios (terrenos e águas freáticas).....	6
5.2.4 Sistemas de proteção.....	6
5.2.5 Componentes da proteção	7
5.3 Montagem.....	8
5.4 Perfuração	8
5.4.1 Sistema de perfuração	8
5.4.2 Locação	9
5.4.3 Interferência com terceiros	9
5.4.4 Cobrimento mínimo.....	9
5.4.5 Diâmetro da perfuração	9
5.4.6 Registro de dados	9
5.5 Instalação	10
5.5.1 Verificações prévias	10
5.5.2 Colocação do tirante no furo.....	10
5.5.3 Preenchimento do furo	10
5.5.4 Uso de revestimento	10
5.5.5 Aterro após a execução de tirantes.....	10
5.6 Injeção.....	10
5.6.1 Tipos	10
5.6.2 Injeção em fase única.....	11
5.6.3 Injeção em fases múltiplas	11
5.6.4 Aditivos para cimento	11
5.6.5 Calda	11
5.6.6 Pressões e volumes	11
5.7 Protensão e ensaios.....	11
5.7.1 Condições gerais.....	11
5.7.2 Ensaios	12
5.8 Incorporação	18
5.8.1 Carga de incorporação (F_i)	18
5.8.2 Fases de incorporação.....	18
5.9 Serviços finais	18
5.9.1 Injeção do comprimento livre.....	18
5.9.2 Concretagem da cabeça do tirante definitivo.....	18
Anexo A (normativo) Figuras.....	19
Anexo B (informativo) Classificação de agressividade dos meios (terrenos e águas freáticas)	29
B.1 Tabela informativa.....	29
B.2 Casos especiais.....	29
Índice alfabético.....	30

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 5629 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Execução de Tirantes Acorados no Terreno (CE-02:152.10). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 12, de 30.12.2005, com o número de Projeto ABNT NBR 5629.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 5629:1996), a qual foi tecnicamente revisada.

Esta Norma contém o anexo A, de caráter normativo, e o anexo B, de caráter informativo.

Execução de tirantes ancorados no terreno

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece os requisitos exigíveis para tirantes ancorados no terreno, tanto para fins provisórios como permanentes.

NOTA Pela designação de terreno englobam-se solo e rocha.

1.2 Esta Norma não se aplica a estacas de tração ou a estruturas passivas de ancoragem previamente enterradas.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

ABNT NBR 6502:1995 – Rochas e solos – Terminologia

ABNT NBR 7480:1996 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação

ABNT NBR 7482:1991 – Fios de aço para concreto protendido – Especificação

ABNT NBR 7483: 2004 – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Requisitos

ABNT NBR 7681:1983 – Calda de cimento para injeção – Especificação

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições da ABNT NBR 6502 e as seguintes.

3.1 tirante injetado: Peças especialmente montadas, tendo como componente principal um ou mais elementos resistentes à tração, que são introduzidas no terreno em perfuração própria, nas quais, por meio de injeção de calda de cimento (ou outro aglutinante) em parte dos elementos, forma um bulbo de ancoragem que é ligado à estrutura através do elemento resistente à tração e da cabeça do tirante.

NOTA A força a ser absorvida pelo tirante deve ser transmitida ao terreno somente pelo bulbo de ancoragem.

ABNT NBR 5629:2006

3.2 tirante provisório: Tirante destinado a ser utilizado por tempo inferior a dois anos.

NOTA Cabe ao proprietário definir o caráter da obra quanto a ser provisória ou permanente. Se, por qualquer razão, os tirantes provisórios forem solicitados por tempo superior a dois anos, cabe ao proprietário tomar as providências necessárias para resguardar a segurança da obra.

3.3 tirante permanente: Tirante destinado a ser utilizado por tempo superior a dois anos.

3.4 tirante reinjetável: Tirante que permite injeções adicionais após sua instalação.

3.5 tirante não reinjetável: Tirante que não permite injeções adicionais após sua instalação.

3.6 carga aplicada ao tirante: Carga que, aplicada na cabeça do tirante, é transmitida ao solo pelo bulbo de ancoragem.

3.7 comprimento ancorado ou bulbo (L_b): Trecho do tirante, projetado para transmitir a carga aplicada ao terreno (ver figuras A.1-a) e A.1-b)).

3.8 comprimento livre (L_L): Distância entre a cabeça do tirante e o ponto inicial de aderência do bulbo de ancoragem, observada na montagem do tirante, e conforme previsto em projeto (ver figuras A.1-a) e A.1-b)).

3.9 comprimento ancorado efetivo ou bulbo efetivo (L_{be}): Trecho de transferência efetivo de carga ao solo. Pode ser igual, maior ou menor que o do projeto (L_b) (ver figura A.1-b)).

3.10 comprimento livre efetivo (L_{Le}): Trecho efetivo de alongamento livre sob aplicação de carga (ver figura 1-b)).

NOTA É obtido através de ensaios de qualificação.

3.11 cabeça do tirante: Dispositivo que transfere a carga do tirante à estrutura a ser ancorada, constituído de placas de apoio, cunhas, cones, porcas etc. (ver figura A.1-c)).

3.12 ensaios de tirantes: Procedimentos executados para verificação do desempenho de um tirante, classificados em básico, de qualificação, de recebimento e de fluência.

3.12.1 básico: Aquele executado somente para a verificação da adequação de um novo tipo de tirante injetado.

3.12.2 qualificação: Aquele executado para a verificação, em um dado terreno, do desempenho de um tipo de tirante injetado, já credenciado pelo ensaio básico.

3.12.3 recebimento: Aquele executado para controlar a capacidade de carga e o comportamento de todos os tirantes de uma obra.

3.12.4 fluência: Aquele executado para a avaliação da estabilização do tirante sob a ação de cargas de longa duração.

3.13 carga limite de ensaio (F_{lim}): Máxima carga aplicada ao tirante para o qual ainda há estabilização do deslocamento.

3.14 carga de trabalho (F_t): Carga que pode ser aplicada ao tirante, de modo que este apresente a segurança necessária contra o escoamento do elemento resistente à tração, contra o arrancamento do bulbo e contra deformações por fluência.

3.15 carga de incorporação (F_i): Carga aplicada ao tirante durante a sua incorporação à estrutura.

4 Dimensionamento

4.1 Materiais

4.1.1 Para a construção dos tirantes só são admitidos aços de acordo com as ABNT NBR 7480, ABNT NBR 7482 e ABNT NBR 7483.

4.1.2 No caso dos tirantes constituídos por outros materiais que não o aço, o dimensionamento deve obedecer aos critérios estabelecidos por instituição idônea.

4.2 Cálculo dos esforços

Os esforços que solicitam os tirantes são calculados de acordo com os métodos consagrados na mecânica dos solos, levando-se em conta, além da natureza do solo, o seguinte:

- a) deslocabilidade da estrutura de contenção;
- b) número de níveis de tirantes; e
- c) seqüência executiva.

4.3 Dimensionamento da seção de aço

4.3.1 A seção de aço dos tirantes deve ser calculada a partir do esforço máximo a que ele é submetido, tomando-se como tensão admissível:

- a) no caso de tirantes permanentes:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,75} \times 0,9$$

- b) no caso de tirantes provisórios:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,50} \times 0,9$$

Onde:

σ_{adm} é igual à tensão admissível;

f_{yk} é igual à resistência característica do aço à tração.

NOTA Para outros materiais resistentes à tração, manter o conceito de tensão admissível igual a 90% da sua resistência característica à tração, dividida pelo fator de segurança (FS) de 1,75 ou 1,50, conforme os tirantes sejam definitivos ou provisórios, e desde que o material não apresente fluência.

4.3.2 No caso de tirantes com elementos de aço, a seção individual de cada barra, fio ou cordoalha não deve ser inferior a 50 mm².

ABNT NBR 5629:2006**4.4 Dimensionamento do bulbo de ancoragem**

4.4.1 A determinação do comprimento e seção transversal da ancoragem deve ser feita experimentalmente por meio dos ensaios básicos e de qualificação, sendo que em 4.4.2 a 4.4.5 são apresentadas expressões para estimativas preliminares.

4.4.2 No caso de solos arenosos, a resistência à tração (T) de uma ancoragem pode ser estimada pela seguinte equação:

$$T = \sigma'_z U L_b k_f$$

Onde:

σ'_z é igual à tensão efetiva no ponto médio da ancoragem;

U é igual ao perímetro médio da seção transversal da ancoragem; e

k_f é igual ao coeficiente de ancoragem indicado na tabela 1.

Tabela 1 — Coeficientes de ancoragem

Solo	Compacidade		
	Fofa	Compacta	Muito compacta
Silte	0,1	0,4	1,0
Areia fina	0,2	0,6	1,5
Areia média	0,5	1,2	2,0
Areia grossa	1,0	2,0	3,0

4.4.3 No caso de solos argilosos, a resistência à tração (T) pode ser estimada pela seguinte equação:

$$T = \alpha U L_b s_u$$

Onde:

α é igual ao coeficiente redutor ao cisalhamento;

U é igual ao perímetro médio da seção transversal da ancoragem; e

s_u é igual à resistência ao cisalhamento não drenado do solo argiloso.

NOTAS

- 1 Para $s_u \leq 40$ kPA, $\alpha = 0,75$.
- 2 Para $s_u \geq 100$ kPA, $\alpha = 0,35$.
- 3 Entre esses dois valores, interpolar linearmente.

4.4.4 A ancoragem em rocha é estimada a partir de uma tensão de aderência rocha-argamassa que deve ser o menor dos dois seguintes valores:

- a) 1/30 da resistência à compressão simples da rocha;
- b) 1/30 da resistência à compressão simples da argamassa.

4.4.5 O trecho de ancoragem do tirante não pode ser executado nos seguintes solos:

- a) solos orgânicos moles;
- b) aterros ou solos coesivos, com $N \leq 4$ do ensaio SPT;
- c) aterros sanitários.

4.5 Estabilidade global

4.5.1 O centro das ancoragens em solo deve ser colocado sobre ou além da superfície de deslizamento, determinada por um processo consagrado em mecânica dos solos, que ofereça o fator de segurança (FS) pelo menos igual a 1,50, sem levar em conta as forças de protensão por elas introduzidas no maciço.

4.5.2 Na determinação da superfície de deslizamento, devem ser levadas em conta todas as peculiaridades geológicas, climáticas e sobrecargas atuantes, tanto nas fases de execução quanto na de utilização.

4.5.3 Com a introdução das forças dos tirantes, nenhuma superfície de escorregamento pode apresentar um fator de segurança menor que 1,5 (ver figura A.2).

5 Execução

5.1 Materiais

5.1.1 Para a constituição do elemento resistente à tração dos tirantes, podem ser utilizados fios, cordoalhas e barras de aço. Outros materiais resistentes à tração podem também ser usados mediante a comprovação experimental atestada por órgãos competentes.

5.1.2 O cimento empregado na injeção dos tirantes deve ser tal que, com um fator água/cimento máximo de 0,5, obtenha-se calda ou argamassa com resistência mínima à compressão simples de 25 MPa, na data do ensaio.

5.1.3 No caso de águas ou terrenos agressivos ao cimento, devem-se utilizar materiais especificamente resistentes a essa agressão.

5.1.4 Não é permitido o uso de aditivos que contenham cloretos ou quaisquer outros agentes agressivos ao aço.

5.1.5 O uso de resinas sintéticas fica condicionado aos resultados dos ensaios de protensão previstos nesta Norma.

5.1.6 Nenhum material utilizado pode ser nocivo aos demais materiais componentes do tirante.

ABNT NBR 5629:2006

5.2 Proteção contra a corrosão

5.2.1 Objetivo

O objetivo de se proteger o elemento resistente à tração do tirante, normalmente de aço, contra a corrosão é garantir que, durante a vida útil para a qual este tirante foi projetado, não haja comprometimento da segurança da obra.

5.2.2 Princípios básicos de proteção

5.2.2.1 A escolha do tipo de proteção depende de fatores tais como consequência de ruptura e agressividade do meio.

5.2.2.2 O grau de agressividade do meio em que é implantado um tirante de ancoragem orienta a escolha do tipo de cimento mais adequado para sua injeção e a classe de proteção anticorrosiva a ser empregada, para atender à sua vida útil de projeto.

5.2.2.3 Excluindo o cimento, qualquer sistema adicional de proteção deve atender aos seguintes requisitos:

- a) ter vida efetiva maior ou igual que a requerida para o tirante;
- b) não reagir quimicamente com o meio;
- c) não restringir o movimento do trecho livre;
- d) ser composto de materiais com deformações compatíveis às do tirante;
- e) não sofrer envelhecimento ou trincar sob tensão;
- f) ser resistente às operações de montagem, transporte, instalação e protensão do tirante.

5.2.3 Agressividade dos meios (terrenos e águas freáticas)

Conforme o terreno seja muito agressivo, medianamente agressivo ou não agressivo (ver anexo B), adotam-se sistemas de proteção detalhados em 5.2.4.

5.2.4 Sistemas de proteção

5.2.4.1 Proteção classe 1

5.2.4.1.1 É usada para tirantes permanentes em meio muito agressivo ou medianamente agressivo, e para tirantes provisórios em meio muito agressivo.

5.2.4.1.2 A proteção classe 1 exige o emprego de duas barreiras físicas contra a corrosão em toda a extensão do tirante. O cimento é considerado como barreira. Nesse trecho de ancoragem, o elemento de tração do tirante e o cimento devem ser protegidos por um tubo plástico corrugado ou tubo metálico com espessura mínima de 4 mm.

5.2.4.1.3 Os elementos tracionados do trecho livre devem ser protegidos por uma das seguintes formas:

- a) cada elemento é envolvido por graxa anticorrosiva e por duto plástico, e o conjunto envolvido por outro duto plástico e injetado com calda de cimento após a protensão. A transição do trecho livre à cabeça de ancoragem deve possuir dispositivos que assegurem a continuidade da proteção;
- b) o conjunto de elementos tracionados é envolvido por um único duto plástico e graxa anticorrosiva, que por sua vez é envolvido por outro duto plástico, preenchendo-se com argamassa o vazio entre os dois dutos.

5.2.4.2 Proteção classe 2

5.2.4.2.1 É usada para tirantes permanentes em meio não agressivo e tirantes provisórios em meio medianamente agressivo.

5.2.4.2.2 Consiste em manter o mesmo tipo de proteção do trecho livre da classe 1, sendo o trecho de ancoragem protegido por cimento ou argamassa injetada. No trecho de ancoragem, os elementos de tração devem possuir centralizadores, garantindo um recobrimento mínimo de aglutinante de 2 cm.

5.2.4.3 Proteção classe 3

5.2.4.3.1 É usada para tirantes provisórios em meio não agressivo.

5.2.4.3.2 O trecho livre é protegido por um duto plástico abrangendo todos os elementos de tração ou por dutos plásticos individuais.

5.2.4.3.3 O trecho de ancoragem é equipado com centralizadores e protegido com calda de cimento ou argamassa injetada.

5.2.5 Componentes da proteção

5.2.5.1 A proteção anticorrosiva deve ser feita por meio de um ou mais dos seguintes componentes:

- a) películas protetoras sintéticas (tintas e resinas);
- b) fluidos à base de betume com teor de enxofre inferior a 0,5% em massa;
- c) tubo(s) contínuo(s) de polipropileno, polietileno, PVC ou similar;
- d) graxa;

NOTAS:

1 A graxa só é considerada barreira protetora quando há garantia de sua permanência no local de aplicação.

2 A graxa deve ser específica para uso em cabos de aço.

e) nata ou argamassa à base de cimento, utilizada somente para proteção rígida para ancoragens provisórias ou como primeira proteção de um sistema duplo de proteção;

NOTA O cimento utilizado deve ter os seguintes teores máximos de cloro total (proveniente dos cloretos e cloro-aluminatos) e de enxofre (proveniente dos sulfatos):

— cloro total: 0,05% da massa do cimento;

— enxofre dos sulfatos: 0,15% da massa do cimento.

f) tratamento superficial de galvanização ou de zincagem.

5.2.5.2 Qualquer componente utilizado deve ser totalmente especificado pelo seu fabricante.

ABNT NBR 5629:2006

5.3 Montagem

A montagem dos tirantes deve ser feita de tal maneira que:

- a) se utilize bancada especial, coberta e devidamente protegida contra as intempéries;
- b) o seu comprimento seja tal que garanta a dimensão total indicada no projeto, incluindo-se o tamanho necessário para a operação da protensão;
- c) as emendas (luvas, soldas etc.) sejam toleradas, desde que se garanta, por ensaios, que a resistência destas atenda às cargas de projeto;
- d) sejam providos de dispositivos que garantam o cobrimento mínimo especificado;
- e) sejam providos de toda proteção anticorrosiva prevista para o tipo de tirante a ser executado, em seu trecho livre e ancorado, conforme 5.2.

5.4 Perfuração

5.4.1 Sistema de perfuração

É tolerado o uso de qualquer sistema de perfuração, desde que o furo resultante seja retilíneo, com diâmetro, inclinação e comprimento previstos, e desde que obedeça às tolerâncias de projeto e às condições de 5.4.1.1 a 5.4.1.4.

5.4.1.1 Alinhamento da perfuração

5.4.1.1.1 O sistema de perfuração empregado deve garantir o melhor alinhamento possível. Sistemas que empregam uma brusca redução da inércia (maior ou igual a 35%) entre a ferramenta de corte e/ou desagregação (sapata, coroa, bit etc.) e a haste devem ter seu uso controlado, uma vez que podem produzir desvios que ocasionam excessiva aproximação entre os trechos de ancoragem de tirantes vizinhos.

5.4.1.1.2 Quando do uso de redução de inércia superior ao valor de 5.4.1.1.1, o ensaio de recebimento deve ser executado de acordo com 5.7.2.3.5.

5.4.1.2 Estabilidade da perfuração

5.4.1.2.1 O sistema de perfuração deve garantir que o furo permaneça aberto até que ocorra a injeção do aglutinante, sendo tolerado o uso de revestimento de perfuração e/ou de fluido estabilizante.

5.4.1.2.2 O fluido estabilizante é tolerado, desde que o executor garanta a capacidade de carga do tirante e desde que este não contenha produtos agressivos aos elementos componentes do tirante, nem produtos que interfiram na cura e/ou pega do aglutinante.

5.4.1.3 Perfuração do terreno

O sistema de perfuração deve ser tal que a execução do furo, ao longo do trecho de ancoragem, não deteriore a resistência do terreno, em particular por encharcamento, especialmente no caso de solos coesivos.

5.4.1.4 Estruturas vizinhas

O sistema de perfuração não deve prejudicar o comportamento das estruturas vizinhas.

5.4.2 Locação

5.4.2.1 A locação da perfuração deve ser feita cuidadosamente, de modo que o tirante nela instalado tenha a posição prevista em projeto.

5.4.2.2 As tolerâncias de locação devem atender aos valores indicados no projeto.

5.4.3 Interferência com terceiros

5.4.3.1 Cabe ao proprietário levantar o cadastro de interferências (tubulações, galerias, fundações etc.) e encaminhar ao projetista para definição de distâncias mínimas entre as interferências e as perfurações para a instalação dos tirantes.

5.4.3.2 O projetista e o executor devem exigir do proprietário as informações e documentos de 5.4.3.1.

5.4.4 Cobrimento mínimo

Antes da execução da perfuração, é obrigatório verificar se o recobrimento de terra, sobre o trecho de ancoragem do tirante, é suficiente para o processo de ancoragem previsto, sendo, em geral, recomendável um cobrimento mínimo de 5 m sobre o centro do trecho de ancoragem.

5.4.5 Diâmetro da perfuração

5.4.5.1 O diâmetro da perfuração deve ser tal que, no trecho de ancoragem, o recobrimento do aglutinante sobre o elemento resistente à tração seja suficiente para garantir uma proteção contra corrosão e/ou desagregação deste.

5.4.5.2 No caso de tirantes com fios, cordoalhas ou barras de aço recobertos por argamassa ou nata de cimento, o recobrimento mínimo está estipulado em 5.2.4.2.2.

5.4.6 Registro de dados

5.4.6.1 O executor é obrigado a registrar, em boletins apropriados, os principais dados da perfuração executada.

5.4.6.2 Os dados mínimos são os seguintes:

- a) tipo de equipamento e sistema de perfuração;
- b) identificação, diâmetro e inclinação do furo;
- c) diâmetro e comprimento do revestimento (quando usado);
- d) tipo de fluido de estabilização (quando usado);
- e) espessura e tipo de solo das camadas atravessadas;
- f) datas de início e término do furo;
- g) outras observações (perda de água e/ou ar, obstáculos encontrados etc.).

ABNT NBR 5629:2006

5.5 Instalação

5.5.1 Verificações prévias

Antes da instalação de cada tirante, deve ser constatado se:

- a) o comprimento de perfuração atende no mínimo ao indicado no projeto; em nenhum caso, entretanto, o início do bulbo deve distar menos de 3 m da superfície do terreno de início de perfuração;
- b) os comprimentos livres e do bulbo estão confirmados;
- c) a proteção anticorrosiva não apresenta falhas no instante da instalação do tirante no furo, particularmente nos locais de emendas, que devem ser inspecionados e corrigidos, se necessário;
- d) a locação atende aos valores das tolerâncias indicadas no projeto;
- e) os dispositivos de fixação da cabeça correspondem às necessidades estruturais, além de estarem de acordo com a inclinação do tirante em relação à estrutura a ser ancorada.

5.5.2 Colocação do tirante no furo

O tirante pode ser instalado antes ou após o preenchimento do furo com calda de cimento ou aglutinante. Neste último caso, a introdução deve ser executada imediatamente após a colocação da calda ou aglutinante no furo.

5.5.3 Preenchimento do furo

O furo deve ser preenchido com calda de cimento ou aglutinante do fundo para a boca.

5.5.4 Uso de revestimento

5.5.4.1 É recomendável a instalação do tirante em furos protegidos com revestimento ao longo de todo o comprimento. Neste caso, o revestimento somente é retirado após o preenchimento do furo com calda de cimento e introdução do tirante, ainda durante a aplicação da pressão pela boca.

5.5.4.2 No caso de tirantes permanentes, é obrigatória a metodologia de 5.5.4.1 ou utilização de espaçadores dotados de dispositivos tipo esqui, para evitar o acúmulo de material durante a introdução do tirante no furo.

5.5.5 Aterro após a execução de tirantes

No caso de ser necessária a execução de aterro após a execução dos tirantes, a compactação deve ser executada com os cuidados necessários para não prejudicar a integridade e a linearidade do trecho livre. Para tanto, pode-se prever uma proteção especial composta de tubo adicional de PVC ou similar.

5.6 Injeção

5.6.1 Tipos

5.6.1.1 A injeção do tirante pode ser feita por calda de cimento ou outro aglutinante qualquer.

5.6.1.2 A injeção pode ser em fase única ou em fases múltiplas.

5.6.1.3 A escolha do tipo de injeção fica a critério do executor, desde que seja garantido o preenchimento total do furo aberto no solo e a capacidade de carga do tirante.

5.6.2 Injeção em fase única

Executada por simples preenchimento do furo aberto no solo ou pela aplicação de pressão apenas na boca do furo.

5.6.3 Injeção em fases múltiplas

Executada através de válvulas que permitem reinjeção através de um tubo auxiliar que contenha válvulas especiais, permitindo o fluxo, em sentido único, de calda ou de outro aglutinante em uma ou mais fases. Pode ser executada em tantas fases de injeção quantas forem necessárias.

NOTA Somente é considerada fase de injeção aquela executada após a pega do cimento injetado na fase anterior.

5.6.4 Aditivos para cimento

5.6.4.1 Em princípio, devem ser evitados por conterem, muitas vezes, elementos químicos nocivos aos tirantes.

5.6.4.2 Somente podem ser utilizados aditivos, desde que comprovado que não ataquem quimicamente nenhum dos elementos constituintes do tirante, durante sua vida útil.

5.6.4.3 Com a utilização de aditivos, devem ser respeitados os novos tempos de cura indicados pelos fabricantes, antes da execução dos ensaios recomendados nesta Norma.

5.6.5 Calda

Para injeção deve ser utilizada calda de cimento conforme a ABNT NBR 7681, com as seguintes dosagens em massa, referidas ao fator água/cimento em massa:

- a) 0,5, para a execução da bainha (injeção inicial de chumbamento para a fixação do tirante), sendo aceita outra dosagem, desde que comprovada por ensaios específicos de que sua resistência aos 28 dias supera 25 MPa;
- b) 0,5 a 0,7, para execução de reinjeção.

NOTA O tirante pode ser injetado com calda de cimento, conforme referenciado nesta Norma e prática usual, ou com argamassa ou mesmo outro produto aglutinante, desde que com eficiência comprovada.

5.6.6 Pressões e volumes

As pressões e volumes de injeção devem ser controlados de forma a não interferir com construções ou propriedades de terceiros.

5.7 Protensão e ensaios

5.7.1 Condições gerais

5.7.1.1 Segurança

Por ocasião da protensão e dos ensaios, o espaço atrás da cabeça da ancoragem deve ser protegido e mantido livre de pessoas.

5.7.1.2 Reação

5.7.1.2.1 Os ensaios podem ser executados reagindo contra a estrutura na qual são incorporados, ou diretamente contra o solo. Neste último caso, as cargas de reação devem ser distribuídas por peças de madeira, concreto ou aço.

ABNT NBR 5629:2006

5.7.1.2.2 Atenção especial deve ser dada no caso de estruturas não apoiadas diretamente no terreno, como no caso de cortinas, as quais são aterradas, para evitar danos à estrutura. Neste caso, só são válidos os ensaios executados contra a estrutura, após a execução do aterro.

5.7.1.3 Indicação das cargas

As cargas de trabalho, máxima de ensaio e de incorporação devem constar no projeto.

5.7.1.4 Prazo

Os ensaios devem ser executados após um tempo mínimo de cura, coerente com as características do cimento injetado no bulbo e o ritmo de produção previsto de obra, a saber:

- para cimento Portland comum, cura de sete dias;
- para cimento ARI (alta resistência inicial), cura de três dias;
- para outros materiais ou cimentos com aditivos conforme recomendações dos fabricantes ou ensaios específicos, de acordo com as dosagens adotadas.

5.7.1.5 Aplicação das cargas

5.7.1.5.1 As cargas devem ser aplicadas através do conjunto manômetro-macaco-bomba hidráulico, com atestado de aferição cuja data seja igual ou inferior a um ano. As forças de tração devem ser coincidentes com a direção do eixo do tirante.

5.7.1.5.2 Todos os valores de cargas indicados nesta Norma podem ser aplicados em num intervalo de $\pm 5\%$ do valor básico, de forma a melhor se adaptar às condições de leitura, com exceção da carga máxima de ensaio.

5.7.1.6 Carga inicial (F_0)

Por motivos técnicos de medição, a força de tração deve ter um valor inicial igual a $F_0 = 0,1 f_{yk} S$, onde f_{yk} é a resistência característica à tração do elemento resistente do tirante e S é a menor seção do elemento resistente à tração do tirante.

NOTA No caso de elemento com rosca, deve ser dada atenção especial a este aspecto.

5.7.1.7 Deslocamentos iniciais

Os deslocamentos que ocorrem nas cargas menores ou iguais à inicial F_0 não são medidos.

5.7.2 Ensaaios

Os ensaios definidos em 3.12 são realizados de acordo com o prescrito em 5.7.2.1 a 5.7.2.4.

5.7.2.1 Ensaio básico

Para verificar a correta execução do tirante, observa-se principalmente a conformação do bulbo de ancoragem, a centralização do tirante no bulbo, a qualidade da injeção e a definição do comprimento livre do tirante, através da escavação deste, após o ensaio de qualificação. Desta forma, verifica-se o comportamento do tirante sob a ação de carga por meio dos deslocamentos elástico e permanente, e da capacidade de carga.

5.7.2.2 Ensaio de qualificação

Neste ensaio são verificados a capacidade de carga do tirante e seus deslocamentos sob carga, calculado o seu comprimento livre e avaliado o atrito ao longo deste comprimento livre, a partir dos deslocamentos observados.

5.7.2.2.1 O carregamento deve obedecer à seguinte sistemática:

- o ensaio deve partir da carga inicial (F_0) e seguir pelos estágios $0,4 F_t$; $0,75 F_t$; $1,0 F_t$; $1,25 F_t$; e $1,5 F_t$, para tirantes provisórios e até $1,75 F_t$ para tirantes permanentes;
- após cada estágio, a partir de $1,75 F_t$, deve ser procedido o alívio até F_0 , seguindo os mesmos estágios do carregamento, com medições de deslocamentos da cabeça, para obtenção dos deslocamentos permanentes;
- a carga máxima do ensaio deve ser correspondente à carga de trabalho (F_t), multiplicada pelo fator de segurança adotado, e no máximo igual a $0,9 f_{yk} S$.

5.7.2.2.2 As medições requeridas são as seguintes:

- cargas - através de correlação com a pressão indicada em manômetro do conjunto manômetro-macaco-bomba, com atestado de aferição com data inferior ou igual a um ano, sendo permitido ao projetista ou contratante exigir um atestado de aferição mais recente;
- deslocamentos da cabeça - devem ser medidos a partir da carga inicial (F_0), em relação a um ponto de referência fixo na extremidade do tirante, na direção da tração aplicada, com extensômetro, com resolução de $0,01$ mm. A base de leitura deve ser uma viga de referência fixada em região seguramente fora de influência de deformações do terreno, decorrentes das cargas aplicadas durante o ensaio ou de qualquer outra fonte de perturbação.

5.7.2.2.3 Antes de cada alívio de carga, os deslocamentos, sob carga constante, devem ser observados e medidos até a estabilização, de acordo com os seguintes critérios:

- para estágios de cargas menores ou igual a $0,75 F_t$, com deslocamentos menores que $0,1$ mm para intervalos de 5 min;
- para estágios de cargas entre $0,75 F_t$ e $1,0 F_t$, com deslocamentos menores que $0,1$ mm para:
 - intervalos de 15 min em solos arenosos;
 - intervalos de 30 min em solos argilosos ou duvidosos;
- para estágios de cargas superiores a $1,0 F_t$ até $(FS) F_t$, com deslocamentos menores que $0,1$ mm para intervalos de 60 min, para qualquer tipo de solo.

5.7.2.2.4 Devem ser obrigatoriamente executados ensaios em 1% dos tirantes por obra, por tipo de terreno e por tipo de tirante, com um mínimo de dois ensaios por obra.

5.7.2.2.5 A interpretação do ensaio deve ser feita através dos gráficos indicados na figura A.3.

5.7.2.2.6 Os traçados dos gráficos de interpretação do ensaio para as cargas x deslocamento (figura A.3-a)), bem como o de cargas x deslocamentos elásticos e permanentes (figura A.3-b)), devem obedecer ao disposto em 5.7.2.2.7 e 5.7.2.2.8, respectivamente.

5.7.2.2.7 O gráfico da figura A.3-a), função de F e d , deve possuir o eixo horizontal das forças, representando todos os ciclos de carga e descarga.

ABNT NBR 5629:2006

5.7.2.2.8 O gráfico da figura A.3-b), repartição em deslocamentos elásticos e permanentes, função de F e d_e e de F e d_p , possui linhas como a seguir descritas:

- a) linha “a” ou linha limite superior, correspondente ao deslocamento elástico da cabeça para um tirante com o comprimento livre (L_L) mais metade do bulbo (L_b), cuja equação é dada por:

$$d_{ea} = \frac{(F - F_o)(FL_L + L_b/2)}{ES}$$

- b) linha “b” ou limite inferior, correspondente ao deslocamento da cabeça para um tirante com o comprimento livre (L_L) diminuído de 20%, cuja equação é dada a seguir, com um trecho inicial RS defletido, onde os pontos R e S são definidos por coordenadas:

$$d_{eb} = \frac{0,8(F - F_o)L_L}{ES}$$

NOTAS:

- 1 As coordenadas dos pontos R e S são:

— ponto R: $d = 0$; $F = F_o + 0,15 (FS) F_t$

— ponto S: $d = [0,6(FS) F_t] L_L / E S$; $F = F_o + 0,75(FS) F_t$

- 2 O traçado de OR-RS considera a diminuição no alongamento devido à existência de maiores perdas relativas por atrito nos carregamentos iniciais.

- 3 Linha “c” ou linha média, correspondente ao alongamento teórico do trecho livre (L_L). Seu traçado é aconselhável como referência e sua equação é dada por:

$$d_{ec} = \frac{(F - F_o)L_L}{ES}$$

- 4 O eixo das forças aplicadas (F) deve ser horizontal, os deslocamentos elásticos devem ser representados na parte superior e os permanentes na parte inferior do gráfico, como exemplificado no gráfico da figura A.3-b).

5.7.2.2.9 O comprimento livre efetivo do tirante (L_{Le}) resulta da inclinação do trecho aproximadamente reto da curva dos deslocamentos elásticos obtido no gráfico ($F \times d_o$), cuja equação pode ser escrita como:

$$L_{Le} = \frac{\Delta d_e}{\Delta F} ES$$

Onde:

Δd_e é igual à variação de deslocamento em dois pontos quaisquer do trecho reto;

ΔF é igual à variação de força correspondente a Δd_e ;

E é igual ao módulo de elasticidade do material resistente à tração do tirante.

5.7.2.2.10 A interseção do prolongamento da reta definida em 5.7.2.2.9, com o eixo das forças, determina aproximadamente a perda de carga por atrito no trecho livre por ocasião da protensão (P_a).

5.7.2.2.11 Para a aprovação devem ser obedecidos os dois critérios a seguir:

- a) os pontos correspondentes aos deslocamentos elásticos no gráfico ($F \times d$) devem situar-se entre as linhas limite superior “a” e inferior “b”;
- b) o segmento P_a que representa a perda de carga por atrito ao longo do comprimento livre deve ser menor ou igual ao segmento $F_o R$.

5.7.2.3 Ensaio de recebimento

5.7.2.3.1 São previstos quatro tipos de carregamentos, conforme a utilização do tirante e seqüência de execução, sendo que todos os ensaios devem partir da carga inicial F_o , ir até a carga máxima prevista, retornar à carga inicial F_o e recarregar até a carga de trabalho F_t com medições de deslocamentos da cabeça, tanto nas fases de carga como na de descarga, para as cargas indicadas na tabela 2.

5.7.2.3.2 As medições requeridas são as seguintes:

- a) cargas - através de correlação com a pressão indicada em manômetro do conjunto manômetro-macaco-bomba, com atestado de aferição com data inferior a um ano, permitindo-se ao projetista ou ao contratante exigir um atestado de aferição do conjunto manômetro-macaco-bomba mais recente;
- b) deslocamentos da cabeça - devem ser medidos com régua graduada, a partir da carga inicial F_o , em relação a um ponto de referência fixo na extremidade do tirante, na direção da tração aplicada, em relação à viga ou à linha de referência fixada em local livre da influência dos movimentos localizados da estrutura ou do terreno. Com o macaco reagindo contra a estrutura apoiada no terreno natural, a medição pode ser efetuada no êmbolo do macaco, desde que se meça o deslocamento da estrutura.

5.7.2.3.3 Um estágio de carregamento somente pode ser aplicado após a estabilização da pressão do manômetro do conjunto de protensão. Na carga máxima, os deslocamentos da cabeça devem ser menores que 1 mm nos seguintes intervalos de tempo:

- a) 5 min, no caso de solos arenosos;
- b) 10 min, no caso de solos argilosos ou não arenosos.

5.7.2.3.4 Os ensaios devem atender à seguinte distribuição:

- a) para tirantes definitivos - executar ensaios do tipo A em pelo menos 10% dos tirantes da obra e do tipo B nos restantes;
- b) para tirantes provisórios - executar ensaios do tipo C em pelo menos 10% dos tirantes da obra e do tipo D nos restantes.

5.7.2.3.5 Para ancoragens próximas, sempre que houver ancoragens com bulbos distando menos de 1,30 m, o ensaio de recebimento deve ser executado junto com o controle de cargas dos tirantes vizinhos, que não devem apresentar variação de carga superior a 20%.

5.7.2.3.6 O ensaio de recebimento deve ser interpretado em relação à estabilização dos deslocamentos da cabeça e atrito ao longo do trecho livre, podendo ser aceito em toda sua plenitude quando:

- a) os deslocamentos da cabeça se estabilizarem com a aplicação da carga máxima de ensaio prevista (ver 5.7.2.3.3);
- b) o deslocamento máximo da cabeça representado nos gráficos das figuras A.4 a A.7 se situar entre as linhas “a” e “b” destes gráficos.

ABNT NBR 5629:2006**Tabela 2 — Cargas a serem aplicadas no ensaio de recebimento**

Tirante	Ensaio	Estágios de carga e descarga
Permanente	Tipo A	F_o e $0,3 F_t$; $0,6 F_t$; $0,8 F_t$; $1,0 F_t$; $1,2 F_t$; $1,4 F_t$; $1,6 F_t$; e $1,75 F_t$
Permanente	Tipo B	F_o e $0,3 F_t$; $0,6 F_t$; $0,8 F_t$; $1,0 F_t$; $1,2 F_t$; e $1,4 F_t$
Provisório	Tipo C	F_o e $0,3 F_t$; $0,6 F_t$; $0,8 F_t$; $1,0 F_t$; $1,2 F_t$; e $1,5 F_t$
Provisório	Tipo D	F_o e $0,3 F_t$; $0,6 F_t$; $0,8 F_t$; $1,0 F_t$ e $1,2 F_t$

5.7.2.3.7 Na reavaliação deve-se considerar o seguinte:

- a) caso o tirante não resista à carga máxima prevista conforme a tabela 2 ou não atenda a 5.7.2.3.6, deve:
- ser reavaliado o método executivo e o comprimento do bulbo;
 - ser reiniciado o procedimento de ensaio tipo A nos próximos cinco tirantes executados;
 - ser aceito com carga de trabalho inferior, igual à maior carga estabilizada obtida no ensaio dividida pelo fator de segurança, desde que esta situação seja compatível com o projeto, sendo que, neste caso, é obrigatória a verificação do projeto e a execução de ensaio de fluência neste tirante ou ser executado outro tirante em substituição ao reprovado, no mesmo local ou nas proximidades, sendo que, neste último caso, é obrigatória a verificação do projeto;
 - no caso de tirante reinjetável, este pode ser reinjetado e repetido o ensaio;
- b) caso o deslocamento máximo da cabeça representado nos gráficos das figuras A.4 a A.7 se situe entre as linhas “a” e “b”, deve:
- ser repetido o ciclo de carga, com a finalidade de soltar o trecho livre;
 - ser reavaliado o projeto para verificar se o tirante pode ser aproveitado como está;
 - ser aceito o tirante com carga inferior, reduzindo-se do bulbo o acréscimo de atrito observado no trecho livre;
 - ser executado ensaio de qualificação para reavaliação do comportamento do tirante.

5.7.2.3.8 Para apresentação dos ensaios, todos os resultados devem ser apresentados através de boletim e gráficos, conforme mostrado nas figuras A.4 a A.7.

5.7.2.4 Ensaio de fluência**5.7.2.4.1** No carregamento deve ser observado o seguinte:

- a) os ensaios devem ser executados com carga constante e nos seguintes níveis de carregamento: $0,75 F_t$; $1,00 F_t$; $1,25 F_t$; $1,50 F_t$; e $1,75 F_t$;

NOTA Observar que os níveis de carregamento correspondem aos mesmos do ensaio de qualificação, podendo o ensaio de fluência ser executado junto com o de qualificação em um procedimento único.

- b) o ensaio consiste em medir deslocamentos da cabeça do tirante tracionado pelo macaco, sob carga constante, no mínimo para os seguintes tempos, em cada estágio: 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min e 60 min;

- c) a partir de 60 min, as medições podem ser consideradas suficientes e o estágio concluído, se o deslocamento nos últimos 30 min for inferior a 5% do deslocamento total do ensaio; caso contrário, devem ser procedidas medições a cada 30 min até a condição acima ser satisfeita.

5.7.2.4.2 As medições requeridas são as seguintes:

- a) cargas - devem ser mantidas as mais estáveis possíveis, aceitando-se no máximo um intervalo de $\pm 3\%$ em relação à carga base do estágio e ser controladas através da correlação com a pressão indicada no conjunto de protensão (no manômetro do conjunto manômetro-macaco-bomba);
- b) deslocamentos da cabeça - devem ser medidos a partir da carga inicial (F_0), em relação a um ponto de referência fixo na extremidade do tirante, na direção da tração aplicada, medido com dois extensômetros com resolução de 0,01 mm, instalados diametralmente opostos em relação ao eixo do tirante.

NOTAS:

1 A base de leitura deve ser uma viga de referência fixada em região seguramente fora da influência de deformações do terreno, decorrentes das cargas aplicadas durante o ensaio ou de qualquer outra fonte de perturbação.

2 O tráfego deve ser evitado nas proximidades e o local do ensaio deve ser protegido da incidência direta do sol, com objetivo de não influenciar os resultados por efeitos de vibração e de variação de temperatura.

5.7.2.4.3 Devem ser obrigatoriamente executados ensaios em 1% dos tirantes por obra, por tipo de terreno e por tipo de tirante, com um mínimo de dois ensaios por obra.

5.7.2.4.4 A interpretação do ensaio deve ser feita através do traçado dos seguintes gráficos (ver figura A.8):

- a) log (tempo) x deslocamento em cada estágio (figura A.8-b)) - neste gráfico são determinados os coeficientes de fluência, obtidos graficamente para cada estágio, assumindo como representativo do comportamento do tirante uma reta interpolada pelos pontos medidos. Por facilidade construtiva, considerar o coeficiente de fluência igual ao deslocamento verificado em um ciclo logarítmico de tempo, entre 10 min e 100 min, por exemplo. O coeficiente de fluência (C_F) é definido por:

$$C_F = \frac{d_2 - d_1}{\log t_2 - \log t_1}$$

Onde:

d_1 e d_2 é igual ao deslocamentos em dois pontos quaisquer da reta;

t_1 e t_2 é igual aos tempos correspondentes.

- b) carga x coeficiente de fluência (figura A.8-c)) - neste gráfico são plotados os coeficientes de fluência de cada estágio de carregamento e traçada uma curva com base nestes pontos, de forma a representar o comportamento de fluência do tirante com o acréscimo de cargas.

5.7.2.4.5 São aceitos tirantes com coeficiente de fluência obtidos no gráfico $F \times C_F$ (ver figura A.8-c)) para uma carga de $1,75 F_t$, menores ou iguais a:

- a) 1 mm para bulbos em terrenos arenosos;
- b) 2 mm para bulbos em terrenos argilosos ou não arenosos.

ABNT NBR 5629:2006

5.7.2.4.6 A apresentação deve constar em relatório, indicando no mínimo o seguinte:

- a) dados básicos do projeto - local, terreno etc.;
- b) todas as características do tirante;
- c) curvas log (tempo) x deslocamento ($\log t \times d$) e carga x coeficiente de fluência ($F \times C_F$), conforme indicado nas figuras 8-b) e 8-c).

5.8 Incorporação

5.8.1 Carga de incorporação (F_i)

A carga de incorporação deve ser definida no projeto e estar no intervalo $0,8 F_t \leq F_i \leq 1,0 F_t$.

5.8.2 Fases de incorporação

O tirante pode ser incorporado à estrutura em qualquer fase, desde que respeitadas as seguintes condições:

- a) incorporação definitiva somente após a execução e aceitação dos ensaios estipulados nesta Norma;
- b) incorporação provisória em tempo e carga coerente com a cura do cimento injetado no bulbo e condições executivas.

5.9 Serviços finais

5.9.1 Injeção do comprimento livre

5.9.1.1 O tirante, após ser analisado o resultado do ensaio e aprovado, deve receber uma injeção especial no trecho livre e na região da cabeça. A injeção deve ser feita de tal modo que haja um preenchimento total dos espaços vazios, de modo que não haja possibilidade de quaisquer infiltrações que possam atingir o elemento resistente à tração.

5.9.1.2 A injeção pode ser feita com calda de cimento ou outro material que não seja agressivo ao elemento resistente à tração. Uma sugestão desta injeção é indicada na figura A.1-c).

5.9.2 Concretagem da cabeça do tirante definitivo

A parte do tirante que foi utilizada para o ensaio deve ser cortada com uma serra (jamais com maçarico) para não enfraquecer a estrutura do aço. Posteriormente, deve ser feito o revestimento, por concreto ou argamassa, em uma espessura mínima de 2,0 cm. Uma sugestão de concretagem é indicada na figura A.1-c).

Anexo A (normativo)

Figuras

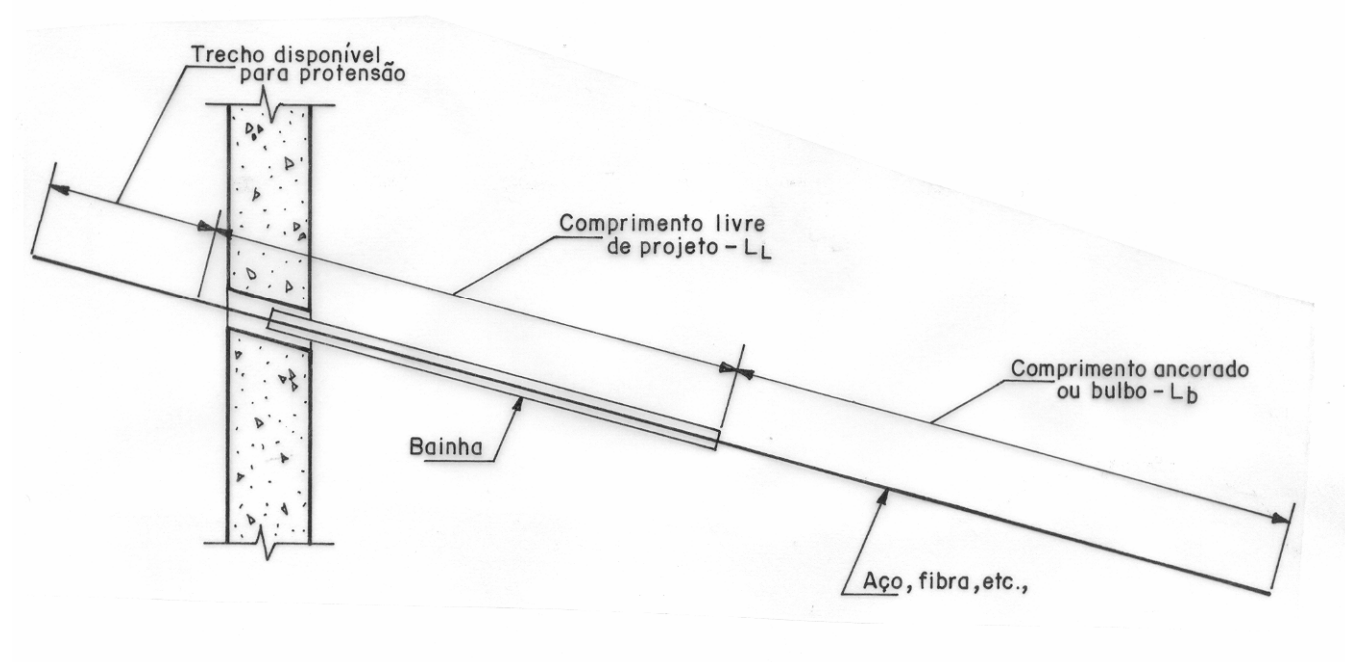
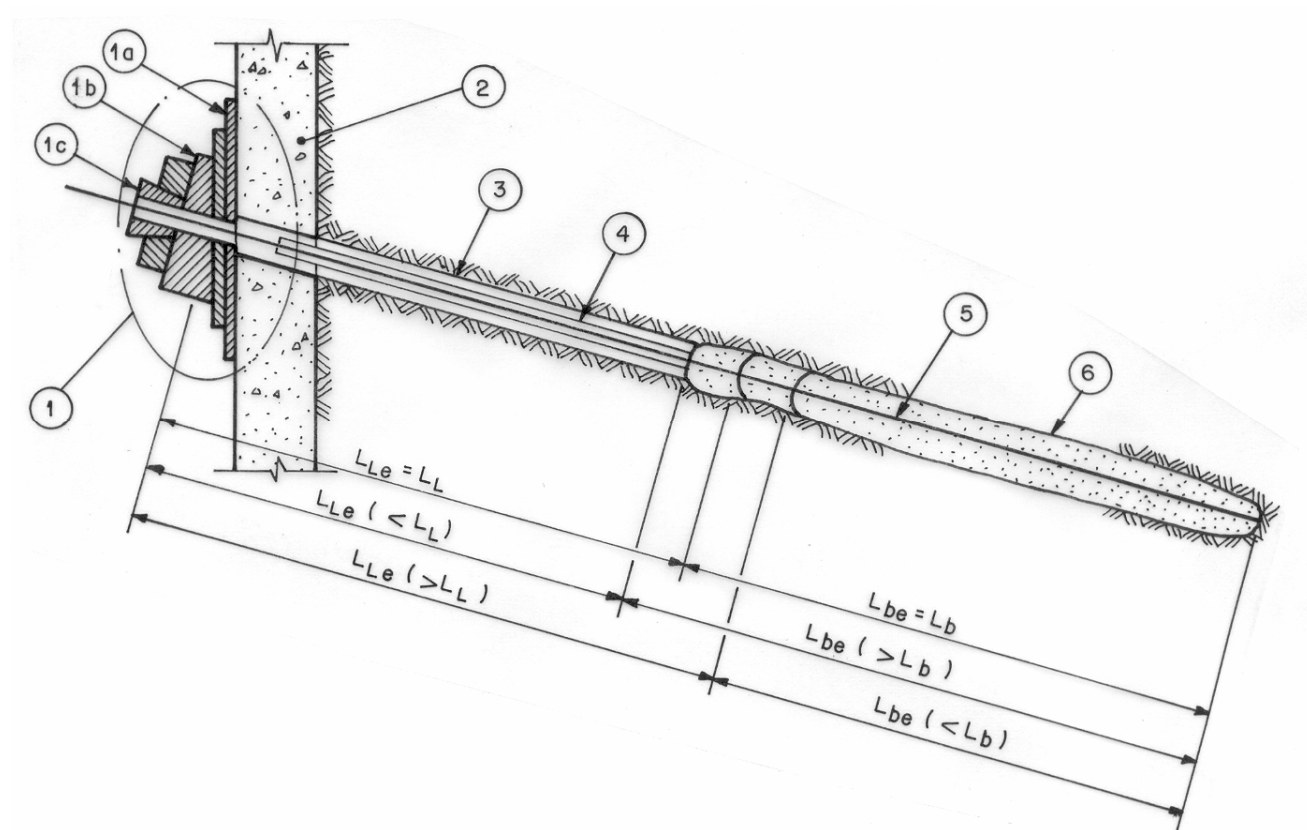


Figura A.1-a) - Elementos do tirante

ABNT NBR 5629:2006



- | | | |
|--|---------------------------|------------------------|
| (1) Cabeça | (2) estrutura ancorada | (5) aço fibra , etc. |
| (1a) placas de apoio (uma ou mais chapas, graute etc.) | (3) perfuração do terreno | (6) bulbo de ancoragem |
| (1b) cunha de grau (metálica, graute ou concreto armado) | (4) bainha | |
| (1c) bloco de ancoragem (parafuso, cunha, etc.) | | |

Figura A.1-b) - Características do tirante

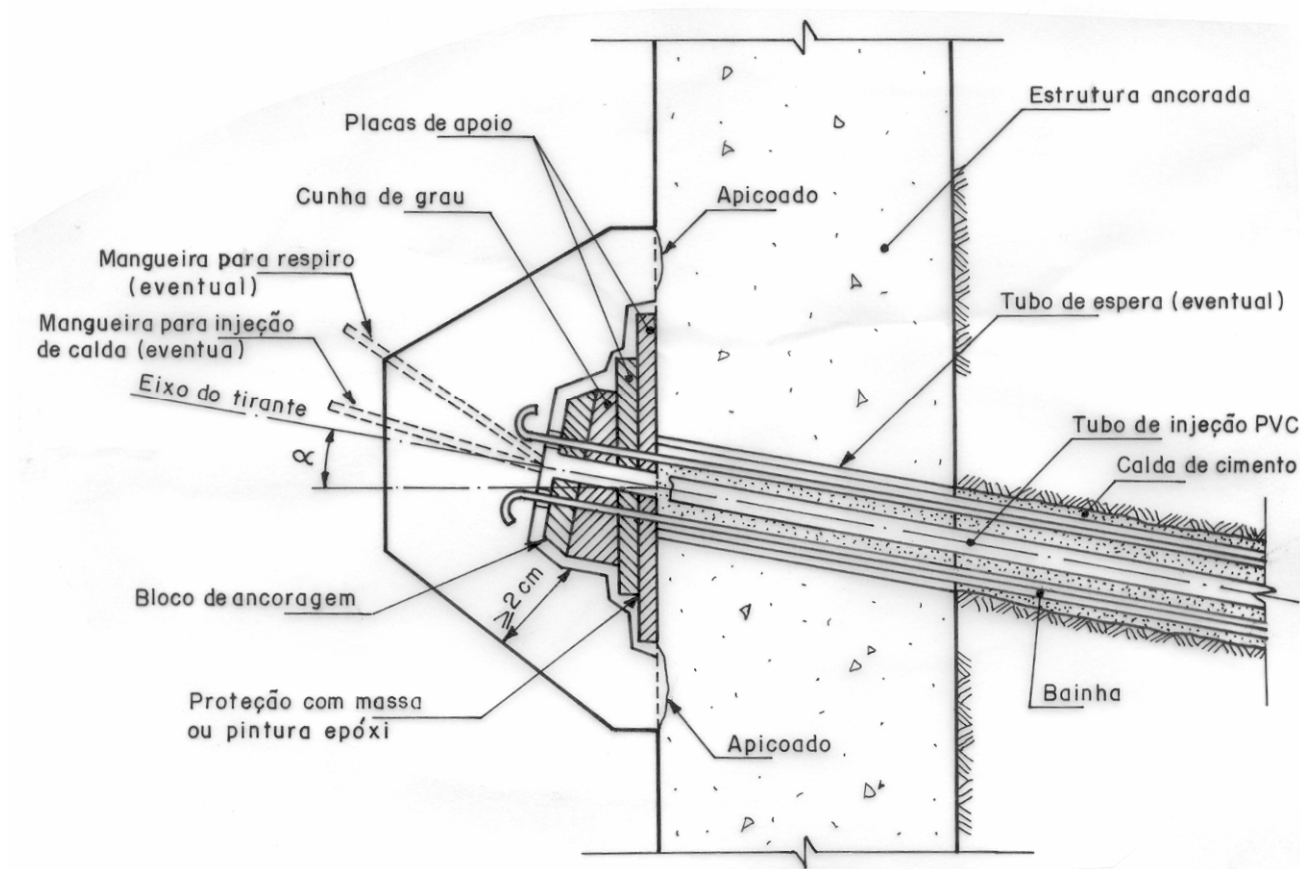


Figura A.1-c) - Detalhe da cabeça do tirante

Figura A.1 — Características de projeto do elemento resistente à tração

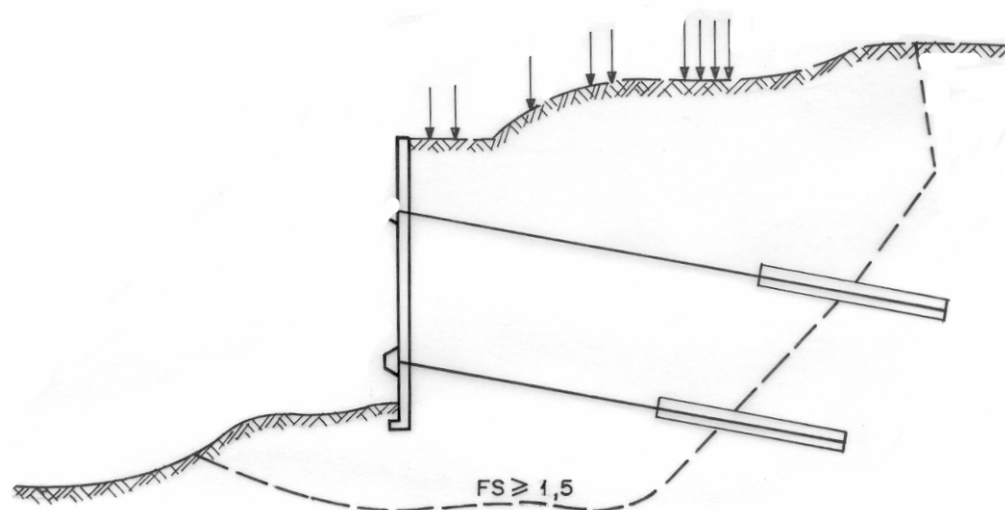


Figura A.2 — Estabilidade global

ABNT NBR 5629:2006

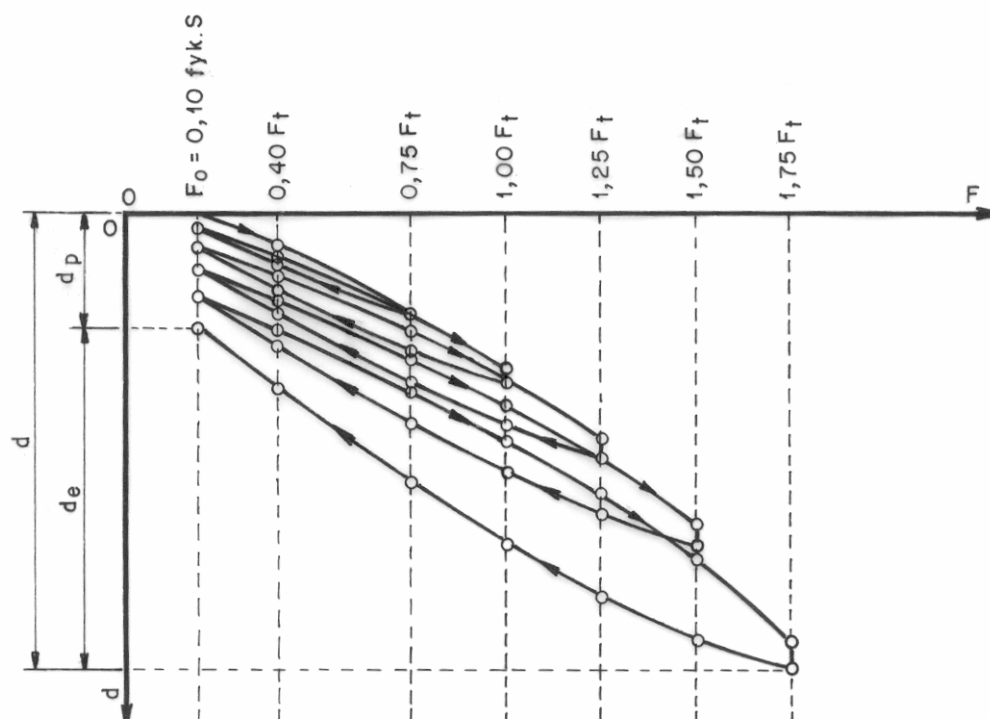


Figura A.3-a) - Cargas x deslocamentos totais

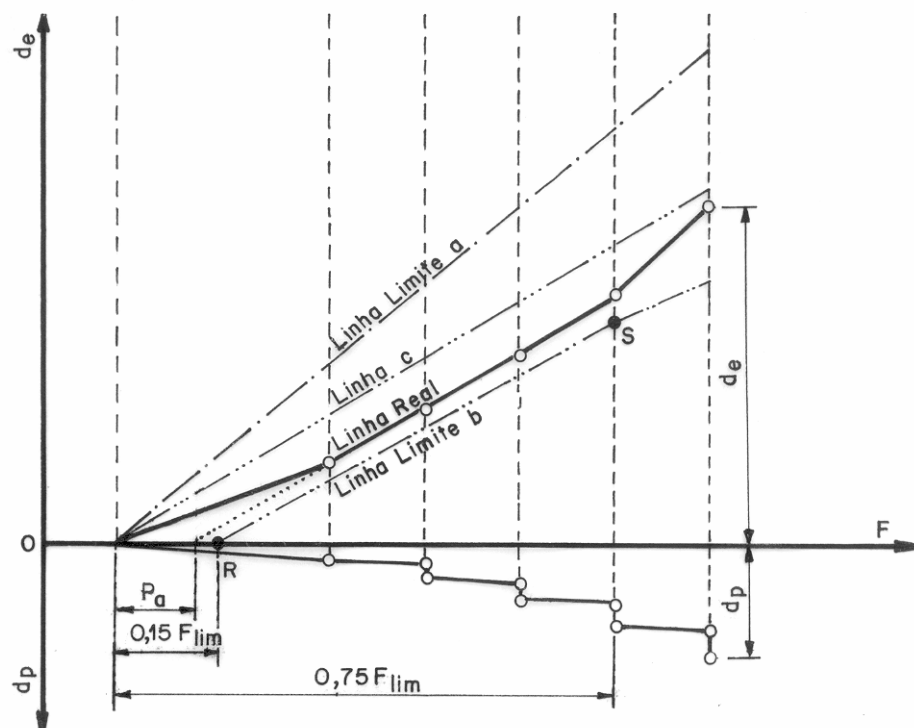


Figura A.3-b) - Repartição em deslocamentos elástico e permanente

Figura A.3 — Ensaio de qualificação

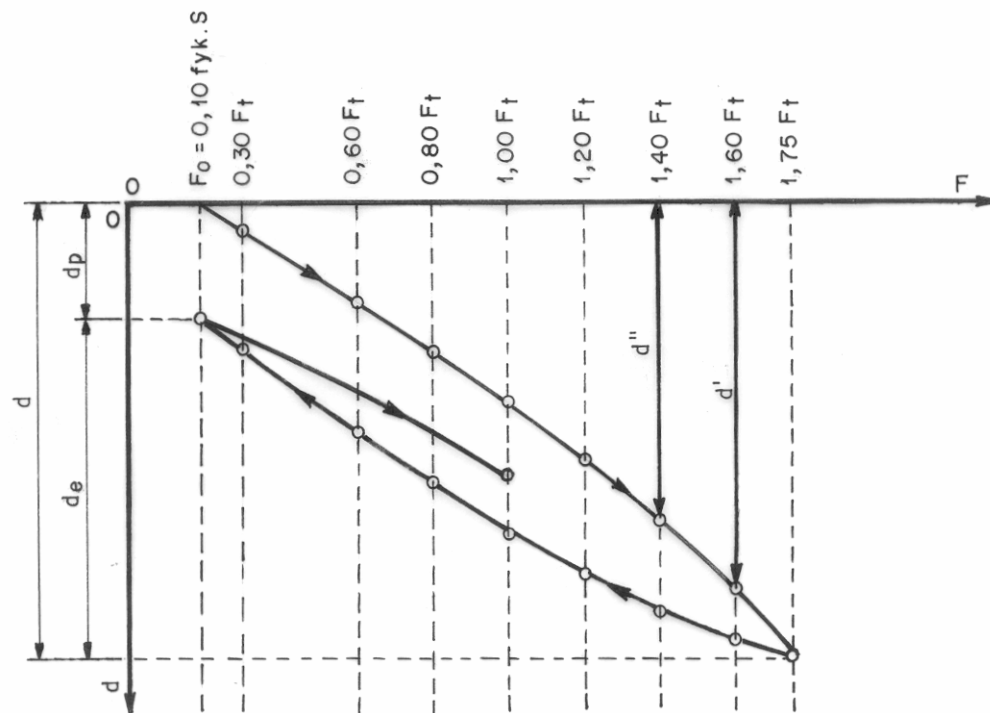


Figura A.4-a) - Cargas x deslocamentos totais

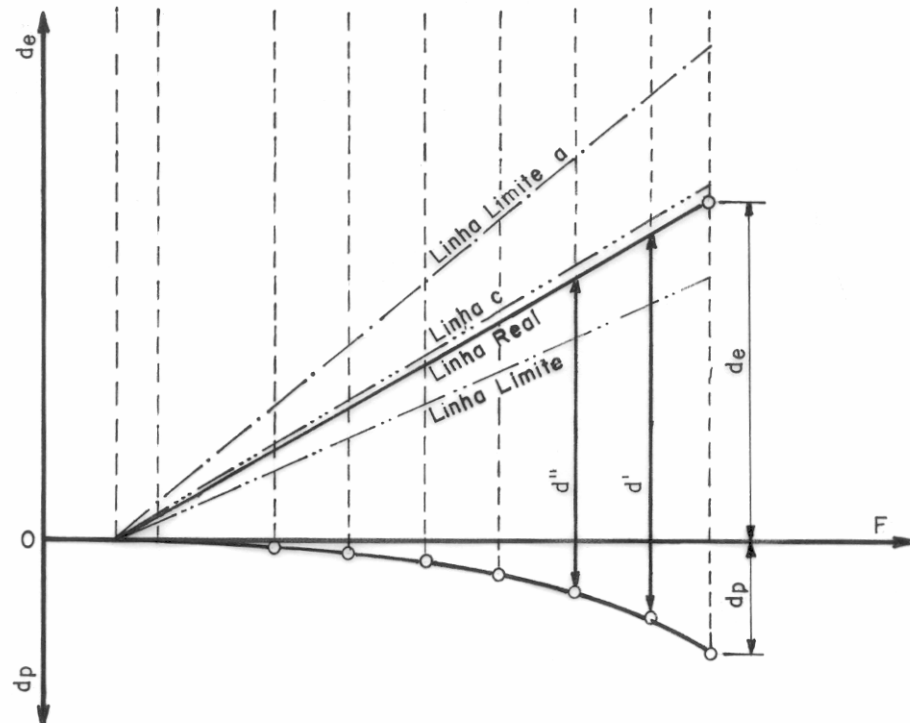


Figura A.4-b) - Repartição em deslocamentos elástico e permanente

Figura A.4 — Ensaio de recebimento tipo A

ABNT NBR 5629:2006

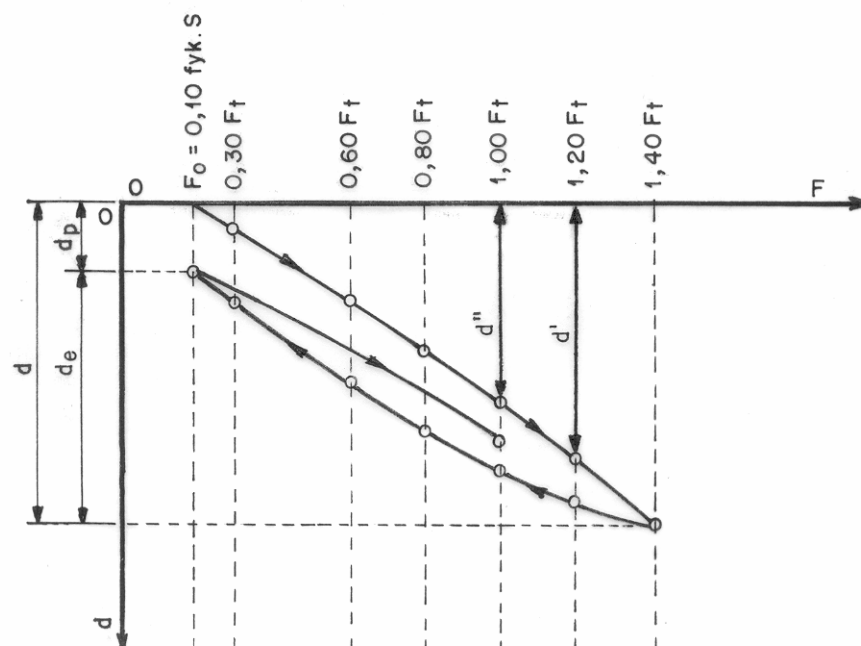


Figura A.5-a) - Cargas x deslocamentos totais

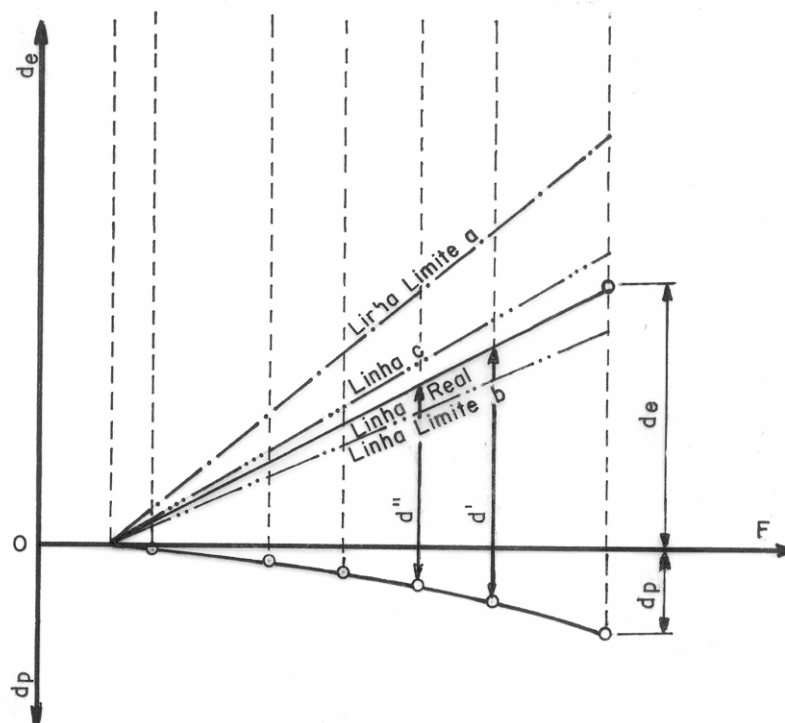


Figura A.5-b) - Repartição em deslocamentos elástico e permanente

Figura A.5 — Ensaio de recebimento tipo B

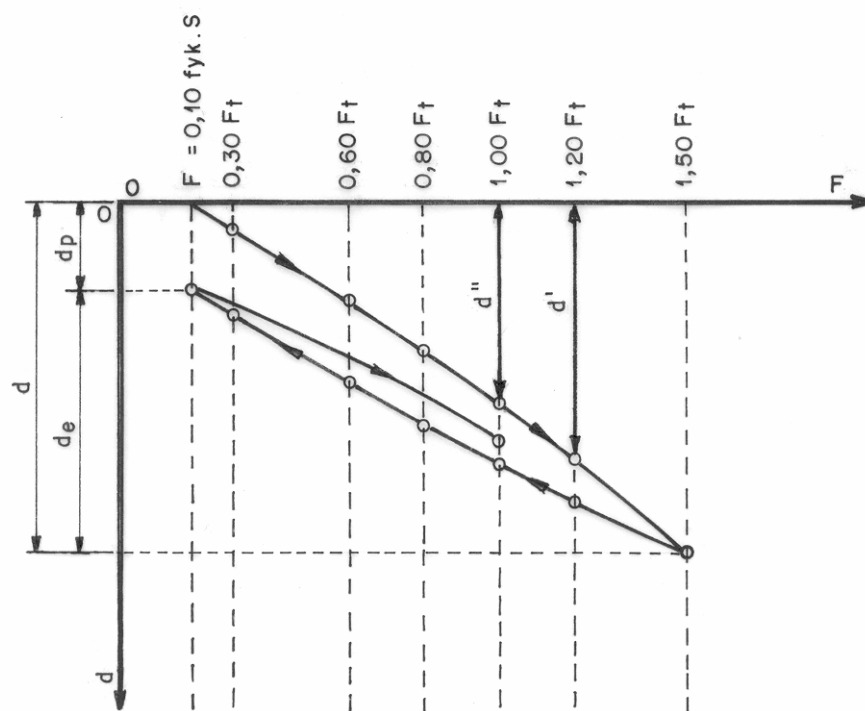


Figura A.6-a) - Cargas x deslocamentos totais

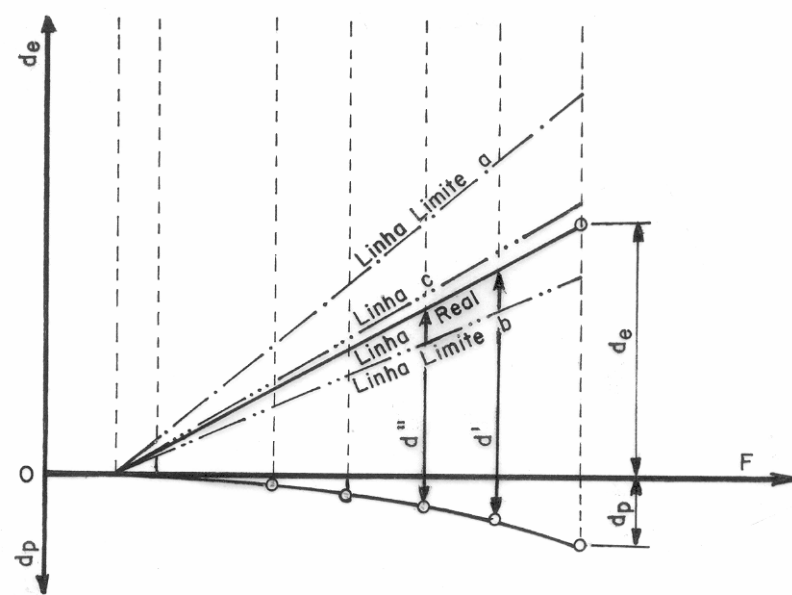


Figura A.6-b) - Repartição em deslocamentos elástico e permanente

Figura A.6 — Ensaio de recebimento tipo C

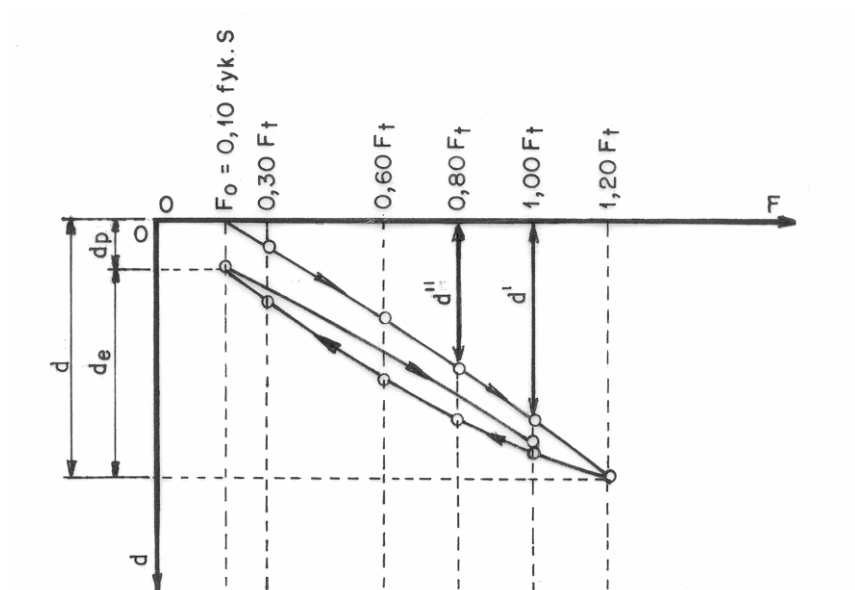


Figura A.7-a) - Cargas x deslocamentos totais

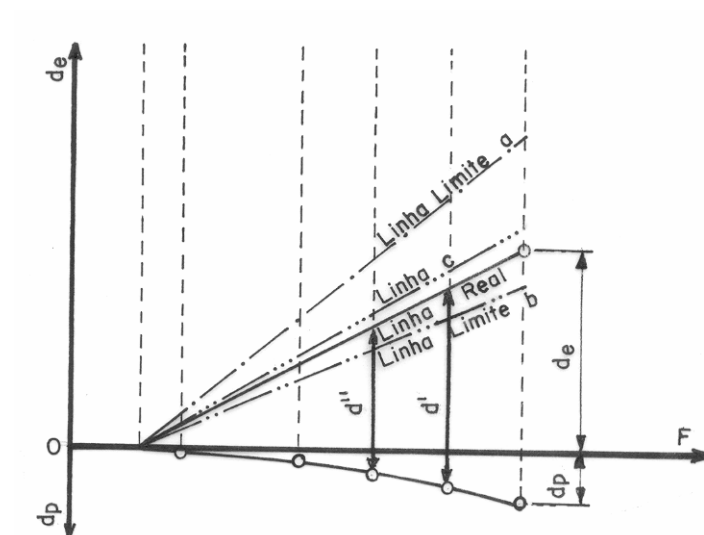


Figura A.7-b) - Repartição em deslocamentos elástico e permanente

Figura A.7 — Ensaio de recebimento tipo D

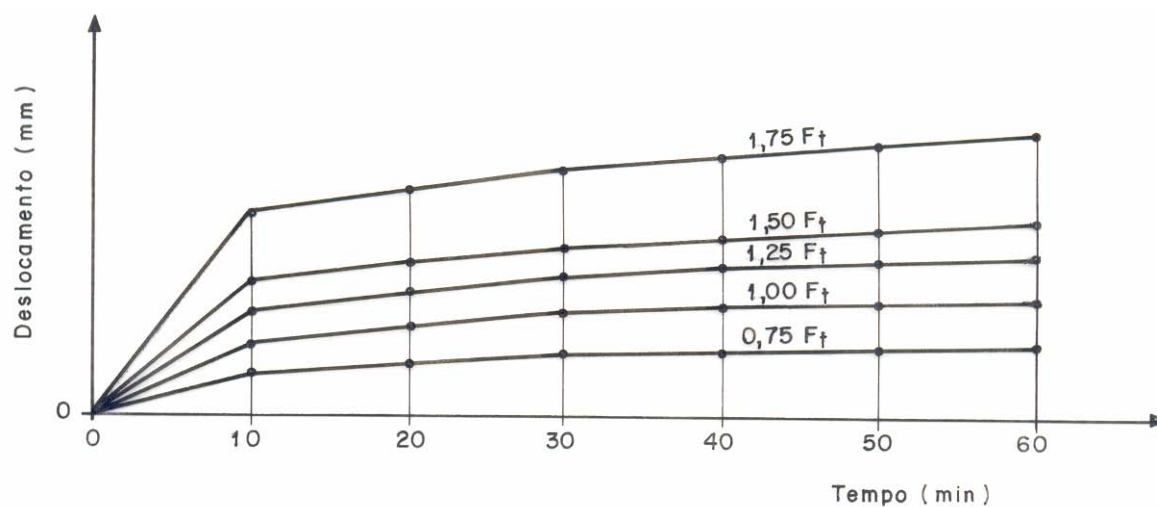


Figura A.8-a) – Tempo x deslocamento

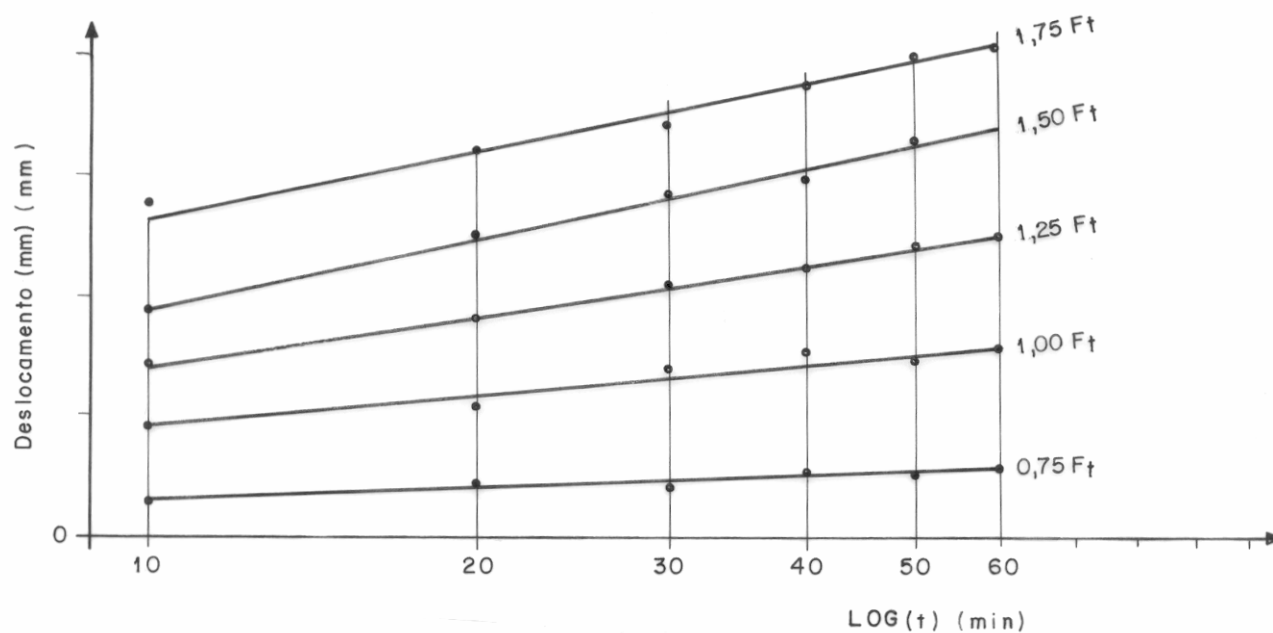


Figura A.8-b) - Log (tempo) x deslocamento

ABNT NBR 5629:2006

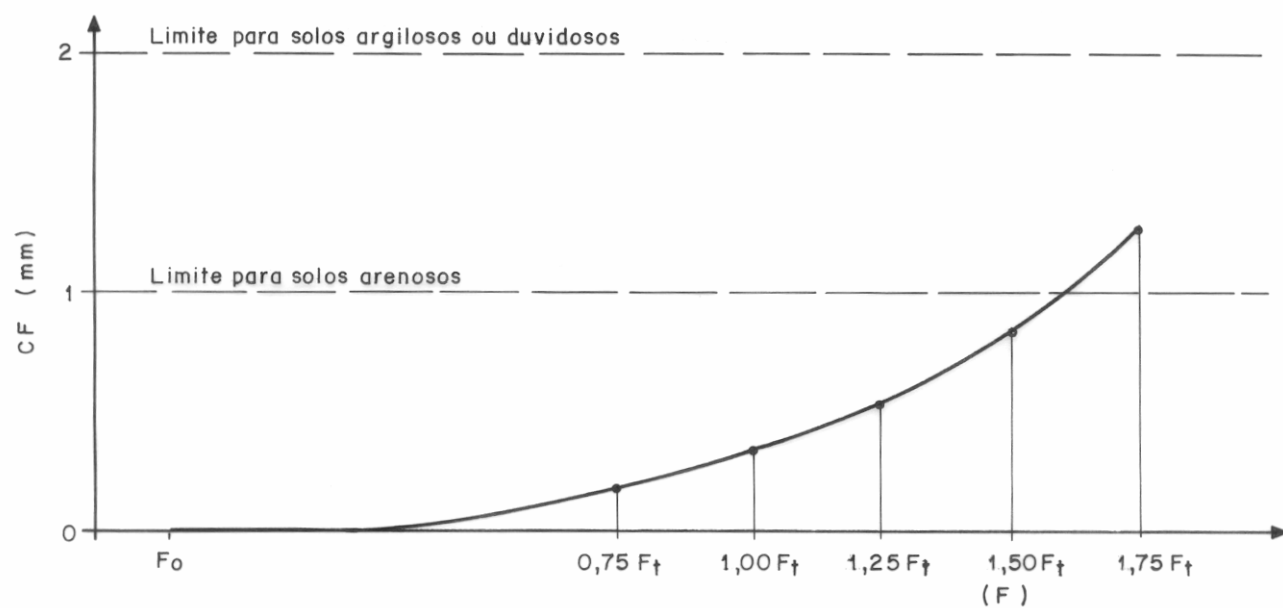


Figura A.8-c) - Carga (F) x coeficiente de fluência (C_F)

Figura A.8 — Ensaio de fluência

Anexo B (informativo)

Classificação de agressividade dos meios (terrenos e águas freáticas)

B.1 Tabela informativa

A determinação precisa do grau de agressividade do solo é assunto controverso, encontrando-se na literatura especializada as mais variadas indicações. Como orientação preliminar são fornecidos os valores da tabela B.1.

B.2 Casos especiais

No caso de obras em terrenos próximos a fábricas de produtos químicos corrosivos, junto ao mar ou rios poluídos, deve-se procurar um especialista em corrosão.

Tabela B.1 — Classificação do grau de agressividade do terreno

Dimensões em miligramas por litro

Tipos de águas freáticas	Grau de agressividade do meio		
	Não agressivo	Medianamente agressivo	Muito agressivo
Águas puras ¹⁾ Resíduo filtrável	> 150	150 a 50	< 50
Águas ácidas	pH > 6	pH 5,5 a pH 6	pH < 5,5
Águas ácidas com CO ₂ dissolvido	< 30	30 a 45	> 45
Águas selenitosas Teor de SO ₄ ⁻	< 150	150 a 500	> 500
Águas magnesianas Teor de Mg ⁺⁺	< 100	100 a 200	> 200
Águas amoniacais Teor de NH ₄ ⁺	< 100	100 a 150	> 150
Águas com cloro Teor de Cl ⁻	< 200	200 a 500	> 500
¹⁾ São as águas de montanhas, de fontes, com ação lixiviante, que dissolvem a cal livre e hidrolisam os silicatos e aluminatos do cimento.			

Índice alfabético

Aditivos para cimento.....	5.6.4
Agressividade dos meios (terrenos e águas freáticas).....	5.2.3
Alinhamento da perfuração.....	5.4.1.1
Aplicação das cargas.....	5.7.1.5
Aterro após a execução de tirantes.....	5.5.5
Cabeça do tirante.....	3.11
Cabeça do tirante (detalhe).....	Figura 1-c)
Cálculo dos esforços.....	4.2
Calda.....	5.6.5
Características do projeto do elemento resistente à tração.....	Figura 1
Características do tirante.....	Figura 1-b)
Carga aplicada ao tirante.....	3.6
Carga de incorporação.....	3.15, 5.8.1
Carga (F) x coeficiente de fluência (CF).....	Figura 8-c)
Carga de trabalho.....	3.14
Carga inicial.....	5.7.1.6
Carga limite de ensaio.....	3.13
Cargas e deslocamentos totais.....	Figuras 3-a), 4-a), 5-a), 6-a), 7-a)
Cobrimento mínimo.....	5.4.4
Colocação do tirante no furo.....	5.5.2
Componentes de proteção.....	5.2.5
Comprimento ancorado efetivo ou bulbo efetivo.....	3.9
Comprimento ancorado ou bulbo.....	3.7
Comprimento livre.....	3.8
Comprimento livre efetivo.....	3.10
Concretagem da cabeça do tirante definitivo.....	5.9.2
Definições.....	3
Deslocamentos iniciais.....	5.7.1.7
Diâmetro da perfuração.....	5.4.5
Dimensionamento.....	4
Dimensionamento da seção de aço.....	4.3
Dimensionamento do bulbo de ancoragem.....	4.4
Elementos do tirante.....	Figura A.1-a)
Ensaio básico.....	3.12.1, 5.7.2.1
Ensaio de fluência.....	3.12.4, 5.7.2.4, figura A.8

Ensaio de qualificação.....	3.12.2, 5.7.2.2, figura 3
Ensaio de recebimento.....	3.12.3, 5.7.2.3, Figuras 4, 5, 6 e 7
Ensaio.....	5.7.2
Ensaio de tirantes.....	3.12
Estabilidade da perfuração.....	5.4.1.2
Estabilidade global.....	4.5, Figura A.2
Estruturas vizinhas.....	5.4.1.4
Execução.....	5
Fases de incorporação.....	5.8.2
Incorporação.....	5.8
Indicação das cargas.....	5.7.1.3
Injeção.....	5.6
Injeção (tipos).....	5.6.1
Injeção do comprimento livre.....	5.9.1
Injeção em fase única.....	5.6.2
Injeção em fases múltiplas.....	5.6.3
Instalação.....	5.5
Interferência com terceiros.....	5.4.3
Locação.....	5.4.2
Log (tempo) x deslocamento.....	Figura 8-b)
Materiais.....	4.1, 5.1
Montagem.....	5.3
Objetivo.....	1
Objetivo (proteção contra corrosão).....	5.2.1
Perfuração.....	5.4
Perfuração do terreno.....	5.4.1.3
Prazo.....	5.7.1.4
Preenchimento do furo.....	5.5.3
Pressões e volumes.....	5.6.6
Princípios básicos de proteção.....	5.2.2
Proteção contra a corrosão.....	5.2
Protensão e ensaios (condições gerais).....	5.7.1
Reação.....	5.7.1.2
Referências normativas.....	2
Registro de dados.....	5.4.6
Repartição em deslocamentos elástico e permanente (ensaio de qualificação).....	Figura A.3-b)
Repartição em deslocamentos elástico e permanente (ensaio de recebimento tipo A).....	Figura A.4-b)
Repartição em deslocamentos elástico e permanente (ensaio de recebimento tipo B).....	Figura A.5-b)
Repartição em deslocamentos elástico e permanente (ensaio de recebimento tipo C).....	Figura A.6-b)

ABNT NBR 5629:2006

Repartição em deslocamentos elástico e permanente (ensaio de recebimento tipo D)	Figura A.7-b)
Segurança	5.7.1.1
Serviços finais	5.9
Sistema de perfuração	5.4.1
Sistemas de proteção	5.2.4
Sistemas de proteção classe 1	5.2.4.1
Sistemas de proteção classe 2	5.2.4.2
Sistemas de proteção classe 3	5.2.4.3
Tempo x deslocamento	Figura A.8-a)
Tirante injetado	3.1
Tirante não reinjetável	3.5
Tirante permanente	3.3
Tirante provisório	3.2
Tirante reinjetável	3.4
Uso de revestimento	5.5.4
Verificações prévias	5.5.1