Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR 6122

Terceira edição
30.09.2019

Projeto e execução de fundações

Design and construction of foundations

ICS 91.040; 93.010

ISBN 978-85-07-08283-5

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 6122:2019
108 páginas

© ABNT 2019

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019
Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT
Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Sumário

Página

Prefácio xii
1 Escopo 1
2 Referências Normativas 1
3 Termos e definições 2
4 Investigações geológicas e geotécnicas 9
4.1 Reconhecimento inicial 9
4.2 Investigação geológica 10
4.3 Investigação geotécnica preliminar 10
4.4 Investigação geotécnica complementar 10
4.5 Investigações complementares de campo 10
4.5.1 Sondagens mistas e rotativas 10
4.5.2 Sondagem a percussão com medida de torque 11
4.5.3 Ensaio de cone 11
4.5.4 Ensaio de palheta (*vane test*) 11
4.5.5 Ensaio de placa 11
4.5.6 Ensaio pressiométrico 11
4.5.7 Ensaio dilatométrico 11
4.5.8 Ensaios sísmicos 11
4.5.9 Ensaios de permeabilidade 11
4.5.10 Ensaio de perda d'água em rocha 12
4.6 Investigações complementares de laboratório 12
4.6.1 Ensaios de caracterização 12
4.6.2 Ensaio de cisalhamento direto 12
4.6.3 Ensaio triaxial 12
4.6.4 Ensaio de adensamento 12
4.6.5 Ensaios para caracterização de expansibilidade 12
4.6.6 Ensaio de colapsibilidade 13
4.6.7 Ensaio de permeabilidade 13
4.6.8 Ensaios químicos 13
5 Ações nas fundações 13
5.1 Ações provenientes da superestrutura 13
5.2 Ações decorrentes do terreno 14
5.3 Ações decorrentes da água superficial e subterrânea 14
5.4 Ações variáveis especiais 14
5.5 Análise de interação fundação-estrutura 14
5.6 Peso próprio das fundações 15
5.7 Alívio de cargas devido a vigas alavanca 15
5.8 Atrito negativo 15
5.8.1 Verificação da segurança em valores característicos (fator de segurança global) 15
5.8.2 Verificação da segurança em valores de cálculo (coeficientes de ponderação) 16
6 Segurança nas fundações 16

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

6.1 Generalidades ... 16
6.1.1 Região representativa do terreno ... 16
6.2 Estados limites ... 16
6.2.1 Verificação dos estados limites últimos (*ELU*) ... 16
6.2.2 Verificação dos estados limites de serviço (*ELS*) ... 20
6.3 Efeito do vento ... 21
6.3.1 Solicitações e combinações para o dimensionamento com efeito de vento ... 21
6.3.2 Método de valores admissíveis (com valores característicos) ... 21
6.3.3 Método de valores de cálculo ... 21
7 Fundação rasa (direta ou superficial) ... 21
7.1 Generalidades ... 21
7.2 Fatores a serem considerados para a determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo ... 22
7.3 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite último ... 22
7.3.1 Prova de carga sobre placa ... 22
7.3.2 Métodos teóricos ... 22
7.3.3 Métodos semiempíricos ... 22
7.4 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite de serviço ... 23
7.5 Casos particulares ... 23
7.5.1 Fundação sobre rocha ... 23
7.5.2 Solos expansivos ... 23
7.5.3 Solos colapsíveis ... 23
7.6 Dimensionamento geométrico ... 23
7.6.1 Cargas centradas ... 23
7.6.2 Cargas excêntricas ... 23
7.6.3 Cargas horizontais ... 24
7.7 Critérios adicionais ... 24
7.7.1 Dimensão mínima ... 24
7.7.2 Profundidade mínima ... 24
7.7.3 Lastro ... 24
7.7.4 Fundações em cotas diferentes ... 24
7.8 Dimensionamento estrutural ... 25
7.8.1 Sapata ... 25
7.8.2 Bloco (fundação rasa) ... 25
8 Fundações profundas ... 25
8.1 Generalidades ... 25
8.2 Fatores a serem considerados para a determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo ... 26
8.2.1 Estacas: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo a partir do estado limite último ... 26

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.2.2 Estacas: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo a partir do estado limite de serviço 29
8.2.3 Tubulões: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo 29
8.3 Efeito de grupo 30
8.4 Outras solicitações 30
8.4.1 Tração 30
8.4.2 Esforços transversais 30
8.4.3 Atrito negativo 31
8.4.4 Carregamentos transversais aplicados pelo terreno ao fuste 31
8.5 Requisitos gerais 31
8.5.1 Deslocamento de estacas 31
8.5.2 Densificação do solo 31
8.5.3 Pré-furo 31
8.5.4 Escavação para o bloco de coroamento de estacas 31
8.5.5 Preparo das cabeças das estacas e ligação com bloco de coroamento 32
8.5.6 Excentricidades executivas 32
8.5.7 Desaprumo de estacas 32
8.6 Dimensionamento estrutural 33
8.6.1 Efeitos de segunda ordem 33
8.6.2 Cobrimento da armadura, meio agressivo e espessura de sacrifício 33
8.6.3 Estacas de concreto moldadas *in loco* e tubulões 33
8.6.4 Tubulões encamisados 35
8.6.5 Estacas pré-moldadas de concreto 35
8.6.6 Estaca de reação (mega ou prensada) 36
8.6.7 Estacas metálicas 36
8.6.8 Estacas de madeira 37
8.6.9 Outros tipos de estaca 38
9 Desempenho das fundações 38
9.1 Requisitos 38
9.2 Desempenho dos elementos de fundação 39
9.2.1 Fundações em sapatas ou tubulões 39
9.2.2 Fundação em estacas 39
10 Avaliação técnica do projeto 41
Anexo A (normativo) Fundação rasa (direta ou superficial) – Procedimentos executivos 43
A.1 Objetivo 43
A.2 Escavação das cavas 43
A.3 Preparação para a concretagem 43
A.4 Concretagem da sapata 43
A.5 Reaterro 43
Anexo B (normativo) Tubulões a céu aberto – Procedimentos executivos 44
B.1 Objetivo 44
B.2 Características gerais 44
B.3 Escavação do fuste 44

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

B.4 Alargamento da base 44
B.5 Colocação da armadura 45
B.6 Concretagem 45
B.7 Sequência executiva 45
B.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 45
B.9 Concreto 46
B.10 Controle do concreto 46
B.10.1 Controle de recebimento 46
B.10.2 Controle de aceitação 46
B.11 Registros da execução 46
Anexo C (normativo) Tubulões a ar comprimido – Procedimentos executivos 48
C.1 Objetivo 48
C.2 Características gerais 48
C.3 Trabalho sob ar comprimido 48
C.4 Escavação 48
C.5 Alargamento da base 49
C.6 Colocação da armadura 49
C.7 Concretagem 49
C.8 Sequência executiva 50
C.9 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 50
C.10 Concreto 50
C.11 Controle do concreto 50
C.11.1 Controle de recebimento 51
C.11.2 Controle de aceitação 51
C.12 Registros da execução 51
Anexo D (normativo) Estacas de madeira – Procedimentos executivos 52
D.1 Objetivo 52
D.2 Características gerais 52
D.3 Equipamento e cravação 52
D.4 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 53
D.5 Controle para verificação e avaliação dos serviços 53
D.6 Registro da execução 53
Anexo E (normativo) Estacas pré-moldadas de concreto – Procedimentos executivos 54
E.1 Objetivo 54
E.2 Características gerais 54
E.3 Equipamento 54
E.4 Cravação 55
E.5 Critérios de aceitação das estacas 55
E.6 Emendas 55
E.7 Comprimento mínimo para aproveitamento 56
E.8 Nega, repique e diagrama de cravação 56
E.9 Preparo de cabeça e ligação com o bloco de coroamento 56
E.10 Registros da execução 57

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo F (normativo) **Estacas metálicas ou de aço – Procedimentos executivos** **58**
F.1 Objetivo **58**
F.2 Características gerais **58**
F.3 Equipamento **58**
F.4 Cravação **59**
F.5 Requisitos para aceitação **59**
F.6 Emendas e soldas **60**
F.7 Comprimento mínimo para utilização **60**
F.8 Controle para verificação e avaliação dos serviços **60**
F.9 Preparo de cabeças e ligação com o bloco de coroamento **60**
F.10 Registro da execução **60**
Anexo G (normativo) **Estacas Strauss – Procedimentos executivos** **62**
G.1 Objetivo **62**
G.2 Características gerais **62**
G.3 Perfuração **62**
G.4 Concretagem **63**
G.5 Colocação da armadura **63**
G.6 Sequência executiva **63**
G.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento **63**
G.8 Concreto **64**
G.9 Controle do concreto **64**
G.9.1 Controle de aceitação **64**
G.10 Registros da execução **64**
Anexo H (normativo) **Estacas Franki – Procedimentos executivos** **65**
H.1 Objetivo **65**
H.2 Características gerais **65**
H.3 Cravação do tubo **65**
H.4 Execução da base alargada **66**
H.5 Colocação da armadura **66**
H.6 Concretagem do fuste **66**
H.7 Sequência executiva **67**
H.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento **67**
H.9 Concreto **67**
H.10 Controle do concreto **67**
H.11 Registros da execução **68**
Anexo I (normativo) **Estacas escavadas com trado mecânico, sem fluido estabilizante – Procedimentos executivos** **69**
I.1 Objetivo **69**
I.2 Características gerais **69**
I.3 Perfuração **69**
I.4 Concretagem **69**
I.5 Colocação da armadura **69**
I.6 Sequência executiva **70**

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

I.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento ... 70
I.8 Concreto ... 70
I.9 Controle do concreto ... 70
I.9.1 Controle de recebimento ... 71
I.9.2 Controle de aceitação ... 71
I.9.3 Registros da execução ... 71
Anexo J (normativo) Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante – Procedimentos executivos ... 72
J.1 Objetivo ... 72
J.2 Características gerais ... 72
J.3 Escavação ... 72
J.3.1 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em solo sem consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 ($R_p + R_\ell$)/2 com $R_p = 0$) ... 73
J.3.2 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em solo e consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 ($R_p + R_\ell$)/2 com $R_p \leq R_\ell$) ... 73
J.3.3 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em rocha e consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 ($R_p + R_\ell$)/2 sem limitação de R_p) ... 73
J.4 Colocação da armadura ... 74
J.5 Concretagem ... 74
J.6 Sequência executiva ... 74
J.7 Controle do processo executivo ... 74
J.7.1 Controles executivos ... 74
J.7.2 Características do fluido estabilizante ... 74
J.7.2.1 Recomendação do fluido estabilizante ... 75
J.7.2.2 Qualidade da água de preparo ... 75
J.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento ... 76
J.9 Concreto ... 76
J.10 Controle do concreto ... 76
J.10.1 Controle de recebimento ... 77
J.10.2 Controle de aceitação ... 77
J.11 Registros da execução ... 77
Anexo K (normativo) Estacas raiz – Procedimentos executivos ... 78
K.1 Objetivo ... 78
K.2 Características gerais ... 78
K.3 Perfuração ... 78
K.3.1 Em solo ... 78
K.3.2 Em solos com matacões ou embutimento em rocha ... 79
K.4 Limpeza e colocação da armadura ... 79
K.5 Injeção de preenchimento ... 79
K.6 Retirada do revestimento ... 79
K.7 Sequência executiva ... 79
K.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento ... 80
K.9 Argamassa ... 80

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

K.10 Controle da argamassa 80
K.10.1 Controle de aceitação 80
K.11 Registros da execução 81
Anexo L (normativo) Estacas trado vazado segmentado – Procedimentos executivos 82
L.1 Objetivo 82
L.2 Características gerais 82
L.3 Perfuração 82
L.4 Colocação da armadura 82
L.5 Injeção de preenchimento 82
L.6 Retirada do trado 83
L.7 Sequência executiva das estacas 83
L.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 83
L.9 Argamassa 83
L.10 Controle da argamassa e aceitação 83
L.10.1 Controle de argamassa 83
L.10.2 Controle de aceitação 84
L.11 Registros da execução 84
Anexo M (normativo) Microestacas ou estacas injetadas – Procedimentos executivos 85
M.1 Objetivo 85
M.2 Características gerais 85
M.3 Perfuração 85
M.3.1 Em solo 85
M.3.2 Em solos com matacões ou embutimento em rocha 85
M.4 Colocação da armadura 86
M.5 Injeção 86
M.6 Sequência executiva 86
M.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 86
M.8 Calda de cimento 86
M.9 Controle da calda de cimento 87
M.9.1 Controle de aceitação 87
M.10 Registros da execução 87
Anexo N (normativo) Estacas hélice contínua monitorada – Procedimentos executivos 89
N.1 Objetivo 89
N.2 Características gerais 89
N.3 Equipamento 89
N.4 Perfuração 89
N.5 Concretagem 90
N.6 Colocação da armadura 90
N.7 Sequência executiva 90
N.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 90
N.9 Concreto 91
N.10 Controle do concreto 91
N.10.1 Controle de recebimento 91

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

N.10.2 Controle de aceitação 91
N.11 Controle do processo executivo 92
N.12 Registros da execução 92
Anexo O (normativo) Estaca hélice de deslocamento monitorada – Procedimentos executivos 94
O.1 Objetivo 94
O.2 Características gerais 94
O.3 Equipamento 94
O.4 Perfuração 94
O.5 Concretagem 94
O.6 Colocação da armadura 95
O.7 Sequência executiva 95
O.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 95
O.9 Concreto 95
O.10 Controle do concreto 96
O.10.1 Controle de recebimento 96
O.10.2 Controle de aceitação 96
O.10.3 Controles do processo executivo 96
O.11 Registros da execução 97
Anexo P (normativo) Estaca hélice monitorada com trado segmentado – Procedimentos executivos 98
P.1 Objetivo 98
P.2 Características gerais 98
P.3 Equipamento 98
P.4 Perfuração 98
P.5 Concretagem 99
P.6 Colocação da armadura 99
P.7 Sequência executiva 99
P.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 99
P.9 Concreto 100
P.10 Controle do concreto 100
P.10.1 Controle de recebimento 100
P.10.2 Controle de aceitação 101
P.11 Controle do processo executivo 101
P.12 Registros da execução 101
Anexo Q (normativo) Estacas cravadas a reação (estacas prensadas ou mega) – Procedimentos executivos 103
Q.1 Objetivo 103
Q.2 Características gerais 103
Q.3 Cravação 103
Q.4 Carga de cravação 104
Q.5 Registros da execução 104
Anexo R (informativo) Simbologia 105
R.1 Letras gregas 105

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

R.2 Letras minúsculas 105
R.3 Letras maiúsculas 105
Bibliografia 108

Figuras

Figura 1 – Movimentos verticais da fundação e medidas angulares decorrentes 7
Figura 2 – Fundações próximas, mas em cotas diferentes 25
Figura 3 – Ângulo β dos blocos 25
Figura 4 – Carga de ruptura convencional 27
Figura 5 – Base de tubulões 29
Figura 6 – Grupo de elementos de fundação profunda 30
Figura F.1 – Perfil metálico 58

Tabelas

Tabela 1 – Fundações rasas – Fatores de segurança e coeficientes de ponderação para solicitações de compressão 17
Tabela 2 – Valores dos fatores ξ_1 e ξ_2 18
Tabela 3 – Valores dos fatores ξ_3 e ξ_4 19
Tabela 4 – Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento 34
Tabela 5 – Espessura de compensação de corrosão 37
Tabela 6 – Quantidade de provas de carga 40
Tabela H.1 – Peso e diâmetro dos pilões 65
Tabela J.1 – Lama bentonítica para perfuração 74
Tabela J.2 – Polímeros para perfuração 74
Tabela K.1 – Diâmetros nominais e diâmetros dos revestimentos 78
Tabela N.1 – Características mínimas da mesa rotativa e do guincho 88

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro 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 (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

AABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 6122 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Obras Geotécnicas e de Fundações (CE-002:152.008). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 12, de 19.12.2018 a 18.02.2019.

AABNT NBR 6122:2019 cancela e substitui a ABNT NBR 6122:2010, a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 6122 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the requirements to be followed in the design and construction of foundations of all civil engineering structures.

This technical documentation does not include foundation types that have restrict use (piled rafts, compaction piles, soil improvement etc.) and those which are out of use nowadays (air compressed box caissons etc.). These foundation types may be used with all necessary adaptations from the foundation types presented herein.

NOTE It is acknowledged that foundation engineering is not an exact science and that risks are inherent to any activity that encampasses nature's phenomena or materials, the criteria and procedures contained in this standard are intended to set out a balance of technical, economical and of safety requirements usually accepted by society on the date of publication. In civil projects involving soil mechanics and rock mechanics, the qualified professional with a notable competence in Geotechnical Engineering is the professional qualified to give numerical treatment to the aforementioned equilibrium.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Projeto e execução de fundações

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos a serem observados no projeto e execução de fundações de todas as estruturas da engenharia civil.

Esta Norma não contempla aqueles tipos de fundação que têm aplicação restrita (sapatas estaqueadas, radier estaqueados, estacas de compactação, melhoramento do solo etc.) e aqueles que estão em desuso (caixões pneumáticos etc.). Tais fundações podem ser utilizadas com as adaptações que sejam necessárias a partir dos tipos aqui apresentados.

NOTA Reconhecendo que a engenharia geotécnica não é uma ciência exata e que riscos são inerentes a toda e qualquer atividade que envolva fenômenos ou materiais da Natureza, os critérios e procedimentos constantes desta Norma procuram traduzir o equilíbrio entre condicionantes técnicos, econômicos e de segurança usualmente aceitos pela sociedade na data de sua publicação. Nos projetos civis que envolvem mecânica dos solos e mecânica das rochas, o profissional habilitado com notória competência é o profissional capacitado a dar tratamento numérico ao equilíbrio mencionado.

2 Referências Normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5738, *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*

ABNT NBR 5739, *Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 6457, *Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*

ABNT NBR 6458, *Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*

ABNT NBR 6459, *Solo – Determinação do limite de liquidez*

ABNT NBR 6484, Solo – *Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*

ABNT NBR 6489, *Prova de carga direta sobre terreno de fundação – Procedimento*

ABNT NBR 6502, *Rochas e solos – Terminologia*

ABNT NBR 7180, *Solo – Determinação do limite de plasticidade*

ABNT NBR 7181, *Solo – Análise granulométrica*

ABNT NBR 7190, *Projeto de estruturas de madeira*

ABNT NBR 7212, *Execução de concreto dosado em central – Procedimento*

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

ABNT NBR 8036, *Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento*

ABNT NBR 8681, *Ações e segurança nas estruturas – Procedimento*

ABNT NBR 8800, *Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*

ABNT NBR 9062, *Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento*

ABNT NBR 9603, *Sondagem a trado – Procedimento*

ABNT NBR 9604, *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*

ABNT NBR 9820, *Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem*

ABNT NBR 10905, *Solo – Ensaios de palheta in situ – Método de ensaio*

ABNT NBR 10908, *Aditivos para argamassa e concreto – Ensaios de caracterização*

ABNT NBR 11768, *Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Especificação*

ABNT NBR 12131, *Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio*

ABNT NBR 13208, *Estacas – Ensaios de carregamento dinâmico*

ABNT NBR 16258, *Estacas pré-fabricadas de concreto – Requisitos*

ABNT NBR NM 67, *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*

ASTM D2435/D2435M, *Test methods for one-dimensional consolidation properties of soils using iIincremental loading*

ASTM D5778, *Test method for electronic friction cone and piezocone penetration testing of soils*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1
ações variáveis efêmeras (ou transitórias, ou de curta duração)
ações variáveis que atuam por curtos intervalos de tempo (duração máxima de um dia) e com baixa frequência de ocorrência (menos de três dias por semana)

3.2
atrito negativo
atrito lateral que solicita estacas ou tubulões quando o recalque do solo adjacente é maior do que o recalque dos elementos de fundação. Esse fenômeno ocorre no caso de o solo estar em processo de adensamento, provocado pelo seu peso próprio, por sobrecargas lançadas na superfície, por rebaixamento do lençol freático, pelo amolgamento da camada mole compressível decorrente de execução de estaqueamento etc

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.3
bloco
elemento de fundação rasa de concreto ou outros materiais tais como alvenaria ou pedras, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo material, sem necessidade de armadura

3.4
bloco de coroamento
bloco estrutural que transfere a carga dos pilares para os elementos da fundação profunda

3.5
broca
fundação profunda perfurada com trado manual, preenchida com concreto, com comprimento mínimo de 3,0 m, utilizada para pequenas construções, com cargas limitadas a 100 kN

3.6
carga admissível de uma estaca ou tubulão
máxima carga que, aplicada sobre a estaca ou sobre o tubulão isolados, atende, com fatores de segurança predeterminados, aos estados limites últimos (ruptura) e de serviço (recalques, vibrações etc.)

NOTA Esta grandeza é utilizada no projeto quando se trabalha com valores característicos das ações.

3.7
carga de ruptura de uma fundação
carga que, se aplicada à fundação, provoca perda do equilíbrio estático ou deslocamentos que comprometem sua segurança ou desempenho; corresponde à força resistente última (geotécnica) da fundação

3.8
carga de trabalho de estacas
carga efetivamente atuante na estaca, em valores característicos; a tensão de trabalho da estaca corresponde à carga de trabalho dividida pela área da seção transversal

3.9
cota de arrasamento
nível em que deve ser deixado o topo da estaca ou tubulão, de modo a possibilitar a integração estrutural entre o elemento de fundação (e a sua armadura) e o bloco de coroamento

3.10
efeito de grupo de estacas ou tubulões
interação entre as diversas estacas ou tubulões constituintes de uma fundação, no processo de transmissão ao terreno das cargas que lhes são aplicadas

3.11
estaca
elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja trabalho manual em profundidade. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco*, argamassa, calda de cimento, ou qualquer combinação dos anteriores

3.12
estaca de concreto moldada *in loco*
estaca executada preenchendo-se, com concreto, argamassa ou calda de cimento, perfurações previamente executadas no terreno, podendo ser total ou parcialmente armada

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.13
estaca de reação (mega ou prensada)
estaca de concreto ou metálica introduzida no terreno por meio de macaco hidráulico reagindo contra uma estrutura já existente ou criada especificamente para esta finalidade

3.14
estaca escavada com uso de fluido estabilizante
estaca moldada *in loco*, sendo a estabilidade da perfuração assegurada pelo uso de fluido estabilizante (ou água, quando houver também revestimento metálico). Recebe a denominação de estacão quando a perfuração é feita por uma caçamba acoplada a uma perfuratriz rotativa, e estaca barrete quando a seção for retangular e escavada com utilização de *clamshell*

3.15
estaca escavada mecanicamente
estaca executada por perfuração do solo por trado mecânico, sem emprego de revestimento ou fluido estabilizante

3.16
estaca Franki
estaca moldada *in loco* executada pela cravação, por meio de sucessivos golpes de um pilão, de um tubo de ponta fechada por uma bucha seca constituída de pedra e areia, previamente firmada na extremidade inferior do tubo por atrito. Esta estaca possui base alargada e é integralmente armada

3.17
estaca hélice contínua monitorada
estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado, simultaneamente à sua retirada, sendo a armadura introduzida após a concretagem da estaca

3.18
estaca hélice de deslocamento monitorada
estaca de concreto moldada *in loco* que consiste na introdução no terreno, por rotação, de um trado especial dotado de aletas, sem que haja retirada de material, o que ocasiona um deslocamento do solo junto ao fuste e à ponta. A injeção de concreto é feita pelo interior do tubo central, simultaneamente à sua retirada por rotação. Aarmadura é sempre introduzida após a concretagem da estaca

3.19
estaca hélice monitorada com trado segmentado
estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de segmentos de trado helicoidal de diâmetro constante. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado, simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca

3.20
estaca metálica ou de aço
estaca cravada, constituída de elemento estrutural metálico produzido industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos

3.21
estaca mista
estaca constituída por dois segmentos de materiais diferentes (madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* etc.)

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.22
estaca pré-moldada ou pré-fabricada de concreto
estaca constituída de segmentos de pré-moldado ou pré-fabricado de concreto e introduzida no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou por martelo vibratório. Para fins exclusivamente geotécnicos não há distinção entre estacas pré-moldadas e pré-fabricadas, e para os efeitos desta Norma elas são denominadas pré-moldadas

3.23
estaca raiz
estaca armada e preenchida com argamassa de cimento e areia, moldada *in loco* executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva, revestida integralmente, no trecho em solo, por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis

3.24
estaca Strauss
estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se gradativamente o lançamento e apiloamento do concreto, com retirada simultânea do revestimento

3.25
estaca trado vazado segmentado (*Hollow Auger*)
estaca moldada *in loco* executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal constituído por segmentos de pequeno comprimento (aproximadamente 1,0 m), rosqueados, e injeção de argamassa pela própria haste central do trado, simultaneamente à sua retirada

3.26
força resistente de cálculo
valor de força resultante da divisão do valor característico da força de ruptura geotécnica pelo coeficiente de ponderação (redução, no caso) da resistência última

NOTA Esta grandeza é utilizada no projeto quando se trabalha com valores de cálculo das ações.

3.27
fundação profunda
elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões

3.28
fundação rasa (direta ou superficial)
elemento de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada; para esta definição adota-se a menor profundidade, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação

3.29
interação fundação-estrutura
processos de análise estrutural que consideram conjuntamente as deformabilidades das fundações e da superestrutura

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.30
método de valores admissíveis
método em que as forças ou tensões de ruptura são divididas por um fator de segurança global e a condição de verificação da segurança é:

$$P_{adm} = R_k/FS_g \text{ e } P_{adm} \geq S_k$$

onde

P_{adm} é a tensão admissível de sapatas e tubulões e carga admissível de estacas;

R_k representa as forças ou tensões características de ruptura (últimas);

S_k representa as solicitações características;

FS_g é o fator de segurança global.

3.31
método de valores de cálculo
método em que as forças ou tensões características de ruptura são divididas pelo coeficiente de ponderação das resistências, as solicitações características são multiplicadas pelos coeficientes de ponderação, e a condição de verificação da segurança é:

$$R_d = R_k/\gamma_m \text{ e } S_d = S_k \cdot \gamma_f \text{ e } R_d \geq S_d$$

onde

R_d representa a tensão resistente de cálculo para sapatas ou tubulões ou a força resistente de cálculo para estacas;

S_d representa as solicitações de cálculo;

γ_f coeficiente de ponderação dos valores característicos das solicitações;

γ_m coeficiente de ponderação dos valores característicos das resistências: tensão de ruptura sob sapatas ou bases de tubulões, ou carga de ruptura de estacas

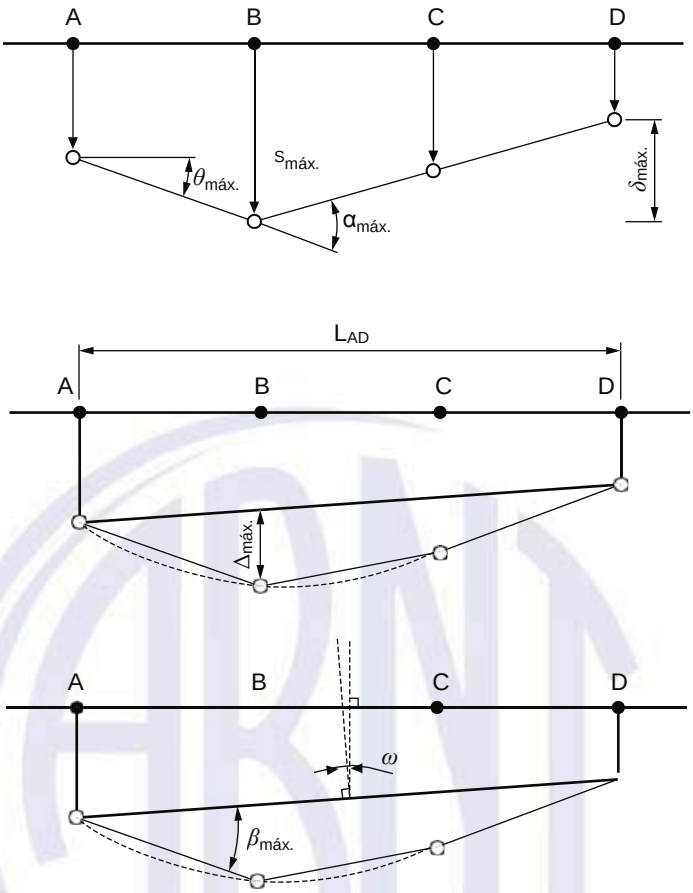
3.32
microestaca ou estaca injetada
estaca moldada *in loco*, armada, executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva e injetada com calda de cimento por meio de um tubo com válvulas (manchete)

3.33
movimentos verticais da fundação
deslocamentos verticais descendentes (recalques), ou ascendentes (levantamentos), absolutos ou relativos, conforme Figura 1

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]



Legenda

s recalque (ou levantamento) total de um ponto da estrutura

δ_S recalque (ou levantamento) diferencial entre dois pontos da estrutura

δ_S/L recalque diferencial específico entre dois pontos, usualmente expresso como 1:cot(θ)

θ rotação relativa entre dois pontos da estrutura

α deformação angular entre dois trechos da estrutura

Δ deflexão relativa

Δ/L razão de deflexão

ω rotação ou desaprumo quando a estrutura se comporta como corpo rígido

β distorção angular

Figura 1 – Movimentos verticais da fundação e medidas angulares decorrentes

3.34
nega
medida da penetração permanente de uma estaca, causada pela aplicação de um golpe de martelo ou pilão, sempre relacionada com a energia de cravação. Dada a sua pequena grandeza, em geral é medida para uma série de dez golpes

3.35
radier
elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber e distribuir mais do que 70 % das cargas da estrutura

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.36
repique
parcela elástica da penetração máxima de uma estaca, decorrente da aplicação de um golpe do martelo ou pilão

3.37
rotações, deflexões e distorções decorrentes de movimentos verticais da fundação
medidas angulares definidas na Figura 1

3.38
sapata
elemento de fundação rasa, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim

3.39
sapata associada
sapata comum a dois pilares; a denominação se aplica também a sapata comum a mais do que dois pilares, quando não alinhados e desde que representem menos de 70 % das cargas da estrutura

3.40
sapata corrida
sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de três ou mais pilares ao longo de um mesmo alinhamento, desde que representem menos de 70 % das cargas da estrutura

3.41
solos colapsíveis
solos que apresentam brusca redução de volume quando submetidos a acréscimos de umidade, sob a ação de carga externa

3.42
solos compressíveis
solos que apresentam deformações elevadas quando solicitados por sobrecargas pouco significativas ou mesmo por efeito de carregamento devido ao seu peso próprio

3.43
solos expansivos
solos que, por sua composição mineralógica, aumentam de volume quando há acréscimo do teor de umidade

3.44
subpressão hidrostática ou simplesmente subpressão
esforço vertical de empuxo hidrostático atuante em estruturas enterradas

3.45
tensão admissível
máxima tensão que, aplicada ao terreno pela fundação rasa ou pela base de tubulão, atende, com fatores de segurança predeterminados, aos estados limites últimos (ruptura) e de serviço (recalques, vibrações etc.)

NOTA Esta grandeza é utilizada no projeto quando se trabalha com valores característicos das ações.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

3.46
tensão de ruptura de uma fundação
tensão que, se aplicada pela fundação ao terreno, provoca perda do equilíbrio estático ou deslocamentos que comprometem sua segurança ou desempenho; corresponde à tensão resistente última (geotécnica) da fundação

3.47
tensão de trabalho de sapatas ou bases de tubulões
tensão efetivamente atuante no terreno sob essas fundações, em valores característicos

3.48
tensão resistente de cálculo
valor de tensão resultante da divisão do valor característico da tensão de ruptura geotécnica pelo coeficiente de ponderação (redução, no caso) da resistência última

NOTA Esta grandeza é utilizada no projeto quando se trabalha com valores de cálculo das ações.

3.49
tubulão
elemento de fundação profunda em que, pelo menos na etapa final da escavação do terreno, faz-se necessário o trabalho manual em profundidade para executar o alargamento de base ou pelo menos para a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são resistidas preponderantemente pela ponta

3.50
valores característicos das ações
valores que equivalem, no escopo desta Norma, aos valores representativos das ações definidos na ABNT NBR 8681

3.51
valores característicos de resistências e outros parâmetros geomecânicos
estimativa conservadora dos valores dos parâmetros geomecânicos que influem na ocorrência de um estado limite

3.52
viga alavanca ou de equilíbrio
elemento estrutural que recebe as cargas de um ou dois pilares (ou pontos de carga) e é dimensionado de modo a transmiti-las centradas às fundações. Da utilização de viga de equilíbrio resultam cargas nas fundações diferentes das cargas dos pilares nelas atuantes

4 Investigações geológicas e geotécnicas

4.1 Reconhecimento inicial

Devem ser considerados os seguintes aspectos na elaboração dos projetos e previsão do desempenho das fundações:

a) visita ao local;

b) feições topográficas e eventuais indícios de instabilidade de taludes;

c) indícios da presença de aterro (bota-fora) na área;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

d) indícios de contaminação do subsolo por material contaminante lançado no local ou decorrente do tipo de ocupação anterior;

e) prática local de projeto e execução de fundações;

f) estado das construções vizinhas;

g) peculiaridades geológico-geotécnicas na área, tais como: presença de matacões, afloramento rochoso nas imediações, áreas brejosas e minas d´água.

4.2 Investigação geológica

Em função do porte da obra ou de condicionantes específicos, deve ser realizada vistoria geológica de campo por profissional habilitado, eventualmente complementada por estudos geológicos adicionais.

4.3 Investigação geotécnica preliminar

Para qualquer edificação deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), visando a determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração N_{SPT}, de acordo com a ABNT NBR 6484. Na classificação dos solos deve ser empregada a ABNT NBR 6502.

Para a programação de sondagens de simples reconhecimento para fundações de edifícios, deve ser empregada a ABNT NBR 8036.

4.4 Investigação geotécnica complementar

Em função dos resultados obtidos na investigação geotécnica preliminar, devido a peculiaridades do subsolo ou do projeto, ou ambos, ou ainda, no caso de dúvida quanto à natureza do material impenetrável a percussão, pode ser necessária uma investigação complementar, através da realização de sondagens adicionais, instalação de indicadores de nível d'água, piezômetros, ou outros ensaios de campo (sondagens rotativas, *CPT, CPTU, DMT*, geofísicas e outros) e de laboratório.

Independentemente da extensão da investigação geotécnica preliminar realizada, devem ser feitas investigações adicionais sempre que, em qualquer etapa da execução da fundação, forem constatadas diferenças entre as condições locais e as indicações fornecidas pela investigação preliminar, de tal forma que as divergências fiquem completamente esclarecidas.

4.5 Investigações complementares de campo

Os ensaios de campo visam determinar parâmetros de resistência, deformabilidade e permeabilidade dos solos, sendo que alguns deles também fornecem a estratigrafia local. Alguns parâmetros são obtidos diretamente e outros por correlações. A seguir encontra-se uma relação dos ensaios mais usuais na prática brasileira e outros disponíveis.

4.5.1 Sondagens mistas e rotativas

No caso de dúvida quanto à natureza do material impenetrável a percussão, devem ser programadas sondagens mistas (percussão e rotativa).

Em se tratando de maciço rochoso, rocha alterada ou mesmo solo residual jovem, as amostras coletadas devem indicar suas características principais, incluindo-se eventuais descontinuidades, indicando: tipo de rocha, grau de alteração, fraturamento, coerência, xistosidade, porcentagem de recuperação e o índice de qualidade da rocha (*RQD*). Sempre que possível deve ser feita a determinação do N_{SPT}.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

4.5.2 Sondagem a percussão com medida de torque

Neste tipo de investigação, ao final da medida da penetração do amostrador, é feita a medida do torque necessário para rotacioná-lo (*SPT-T*). A medida do torque serve para caracterizar o atrito lateral entre o solo e o amostrador.

4.5.3 Ensaio de cone

Deve ser executado conforme as ASTM D2435/D2435M e ASTM D5778. Este ensaio consiste na cravação contínua de uma ponteira composta de cone e luva de atrito. É usado para determinação da estratigrafia e pode dar indicação da classificação do solo. Propriedades dos materiais ensaiados podem ser obtidas por correlações, sobretudo em depósitos de argilas moles e areias sedimentares.

O ensaio de Piezocone (*CPTU*) permite a medida da poropressão gerada durante o processo de cravação e, eventualmente, sua dissipação.

4.5.4 Ensaio de palheta (*vane test*)

Deve ser executado conforme a ABNT NBR 10905. Este ensaio é empregado na determinação da resistência ao cisalhamento, não drenada, de solos moles.

4.5.5 Ensaio de placa

É uma prova de carga direta sobre o terreno, com o objetivo de caracterizar a deformabilidade e resistência do solo sob carregamento de fundações rasas, conforme ABNT NBR 6489.

4.5.6 Ensaio pressiométrico

Este ensaio consiste na expansão de uma sonda cilíndrica no interior do terreno, em profundidades preestabelecidas. Dependendo do modo de inserção do pressiômetro no solo, pode ser classificado como pressiômetro em pré-furo (ou de Ménard), autoperfurante. O ensaio permite a obtenção de propriedades de resistência e tensão-deformação do material.

4.5.7 Ensaio dilatométrico

O ensaio dilatométrico (dilatômetro de Marchetti) consiste na cravação de uma lâmina, que possui um diafragma. Este diafragma é empurrado contra o solo pela aplicação de uma pressão de gás. O ensaio pode ser usado para determinação da estratigrafia e pode dar indicação da classificação do solo. Propriedades dos materiais ensaiados podem ser obtidas por correlação, sobretudo em depósitos de argilas moles e areias sedimentares.

4.5.8 Ensaios sísmicos

Estes ensaios (*crosshole*, *downhole* e cone sísmico) são realizados em profundidades preestabelecidas e fornecem, basicamente, a velocidade de propagação da onda cisalhante. A partir destes dados é possível estimar o módulo de elasticidade transversal inicial, G_0, do solo.

4.5.9 Ensaios de permeabilidade

Este ensaio (infiltração ou recuperação) permite a avaliação do coeficiente de permeabilidade *in situ* do solo.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

4.5.10 Ensaio de perda d'água em rocha

Este ensaio permite obter informações sobre a capacidade de condução de água do maciço rochoso e dá indicações sobre o fraturamento da rocha.

4.6 Investigações complementares de laboratório

Estes ensaios visam classificar os solos, determinar parâmetros de resistência, de deformabilidade e de permeabilidade.

As amostras representativas das camadas de solos devem ser retiradas através de poços e trincheiras de acordo com a ABNT NBR 9820 e a ABNT NBR 9604. Para os ensaios de caracterização dos solos podem ser obtidas amostras por meio de trado, de acordo com a ABNT NBR 9603.

Os ensaios mais usuais são:

4.6.1 Ensaios de caracterização

Estes ensaios compreendem:

a) granulometria, conforme ABNT NBR 7181;

b) umidade natural (*w*), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 6457;

c) limite de liquidez (w_L *ou LL*), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 6459;

d) limite de plasticidade (w_P *ou LP*), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 7180;

e) peso específico real dos grãos, conforme ABNT NBR 6458.

4.6.2 Ensaio de cisalhamento direto

Este ensaio visa determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo (coesão e ângulo de atrito).

4.6.3 Ensaio triaxial

Este ensaio visa a determinação dos parâmetros de resistência e de deformabilidade do solo. Dependendo das condições de drenagem, seja na fase de adensamento sob a tensão confinante, seja na fase de aplicação da tensão desviadora, o ensaio pode ser classificado como: ensaio adensado drenado (*CD*), ensaio adensado não drenado (*CU*) e ensaio não adensado não drenado (*UU*). Se no segundo tipo de ensaio forem feitas medidas das poro-pressões (ensaio *CU*), é possível a obtenção de parâmetros de resistência em termos de tensões efetivas.

4.6.4 Ensaio de adensamento

Este ensaio determina as características de compressibilidade dos solos sob a condição de confinamento lateral, conforme ASTM D2435/D2435M.

4.6.5 Ensaios para caracterização de expansibilidade

Há várias formas para se caracterizar o solo quanto à sua expansibilidade. O ensaio mais comum é o que emprega o equipamento utilizado no ensaio de adensamento.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Outros ensaios de laboratório, como os citados a seguir, também podem fornecer informações sobre a expansibilidade do solo:

a) granulometria (pela porcentagem da fração argila);

b) índice de plasticidade;

c) difração de raios X (pela caracterização do argilomineral);

d) adsorção de azul-de-metileno;

e) análise termodiferencial;

f) espectrometria infravermelha.

4.6.6 Ensaio de colapsibilidade

É indicado no caso de solos não saturados que possam apresentar colapso com o aumento de umidade. O ensaio mais simples é feito no mesmo equipamento utilizado no ensaio de adensamento, medindo-se a deformação vertical sofrida pela amostra, sob determinada tensão, ao ser inundada.

4.6.7 Ensaio de permeabilidade

Este ensaio permite determinar os coeficientes de permeabilidade vertical e horizontal de uma amostra de solo.

4.6.8 Ensaios químicos

Estes ensaios permitem avaliar a contaminação do solo e da água subterrânea, visando o estudo de sua influência no comportamento das fundações.

5 Ações nas fundações

5.1 Ações provenientes da superestrutura

Os esforços, determinados a partir das ações e suas combinações, conforme prescrito na ABNT NBR 8681, devem ser solicitados ao projetista da estrutura, a quem cabe individualizar qual o conjunto de esforços para verificação dos estados limites últimos (*ELU*) e qual o conjunto para verificação dos estados limites de serviço (*ELS*). Esses esforços devem ser fornecidos em valores de cálculo, já afetados pelos coeficientes de combinação e de ponderação da ABNT NBR 8681.

Para o caso de o projeto de fundações ser desenvolvido utilizando fator de segurança global, devem ser solicitados ao projetista estrutural os valores dos coeficientes pelos quais as solicitações de cálculo devem ser divididas, em cada caso, para reduzi-las às solicitações características.

Os esforços devem ser fornecidos no nível do topo das fundações (no caso de edifícios, o topo dos baldrames, no caso de pontes o topo dos blocos ou sapatas) ou no nível da interface entre os projetos (superestrutura e fundações/infraestrutura), devendo ficar bem caracterizado esse nível.

As ações são classificadas conforme sua variabilidade no tempo, conforme prevê a ABNT NBR 8681:

a) ações permanentes (peso próprio, sobrecarga permanente, empuxos etc.);

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

b) ações variáveis (sobrecargas variáveis, impactos, vento etc.);

c) ações excepcionais.

Para estruturas especiais, onde a ação principal atuante sobre a estrutura não é gravitacional, pode ser necessária a apresentação das solicitações não combinadas com as demais solicitações de ações (conforme a ABNT NBR 8681)

5.2 Ações decorrentes do terreno

Devem ser considerados os empuxos de terra e empuxos de sobrecargas atuantes no solo. Caso estejam previstos aterros contra a estrutura ou na vizinhança da obra, o projetista das fundações deve ser informado. Esses esforços devem ser informados ao projetista da estrutura.

O tipo empuxo de terra (ativo, repouso, passivo) e seu valor devem ser compatíveis com a deslocabilidade da estrutura. Este empuxo, quando assimétrico, influi na estabilidade da estrutura. Outros esforços atuam sobre elementos de fundação profunda e devem ser considerados, quando for o caso (atrito negativo e carregamentos laterais devidos a sobrecargas assimétricas, por exemplo).

5.3 Ações decorrentes da água superficial e subterrânea

Devem ser considerados os empuxos de água, tanto superficial quanto subterrânea.

No caso de fluxos de água deve ser considerada a possibilidade de erosão.

O efeito favorável da subpressão no alívio de cargas nas fundações não pode ser considerado, exceto quando o projetista demonstrar que a variabilidade foi considerada.

5.4 Ações variáveis especiais

Em função da finalidade da obra, o projeto das fundações deve considerar as seguintes ações variáveis especiais, quando previamente informadas e documentadas:

a) alteração do estado de tensões, causada por obras nas proximidades (escavações, aterros, túneis etc.);

b) tráfego de veículos pesados e equipamentos de construção;

c) carregamentos especiais de construção;

d) ações variáveis efêmeras definidas nesta Norma.

Ações excepcionais (explosão, incêndio, colisão de veículos, enchentes, sismos etc.) devem ser consideradas de acordo com o prescrito na ABNT NBR 8681.

5.5 Análise de interação fundação-estrutura

Em estruturas nas quais a deformabilidade das fundações pode influenciar na distribuição de esforços, deve-se estudar a interação fundação-estrutura, sendo obrigatório esse estudo nos seguintes casos:

a) estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação à carga total, tais como silos e reservatórios;

b) estruturas com mais de 55,0 m de altura, medida do térreo até a laje de cobertura do último piso habitável;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

c) relação altura/largura (menor dimensão) superior a quatro;

d) fundações ou estruturas não convencionais.

5.6 Peso próprio das fundações

Deve ser considerado o peso próprio de blocos de coroamento ou sapatas, ou no mínimo 5 % da carga vertical permanente.

5.7 Alívio de cargas devido a vigas alavanca

Quando ocorre uma redução de carga devido à utilização de viga alavanca, a fundação deve ser dimensionada considerando-se apenas 50 % desta redução. Quando a soma dos alívios totais puder resultar em tração na fundação do pilar aliviado, sua fundação deve ser dimensionada para suportar a tração total e pelo menos 50 % da carga de compressão deste pilar (sem o alívio).

5.8 Atrito negativo

Sempre que houver a possibilidade de desenvolvimento de atrito negativo, a sua ação deve ser considerada no dimensionamento geotécnico e estrutural dos elementos da fundação, blocos de coroamento, vigas enterradas, reservatórios e outras estruturas enterradas.

Admite-se a utilização de recursos (por exemplo, pintura betuminosa), visando minimizar os efeitos do atrito negativo, bem como a realização de ensaios ou provas de carga para a sua melhor avaliação.

Para as verificações da segurança de estacas ou tubulões em situações em que se prevê a ação do atrito negativo, define-se:

P_{an} a carga característica de atrito lateral negativo, na ruptura; a profundidade da fundação onde ocorre a mudança de atrito negativo para positivo é chamada de ponto neutro;

$R_{\ell p}$ a parcela de força resistente característica de atrito lateral positivo, na ruptura;

R_p a parcela de força resistente característica de ponta, na ruptura.

Nestas verificações as cargas provenientes de ações variáveis efêmeras não podem ser incluídas.

5.8.1 Verificação da segurança em valores característicos (fator de segurança global)

$$P_{adm} = (R_p + R_{\ell p})/FS_g$$

onde

P_{adm} é a carga admissível;

FS_g é o fator de segurança global.

O critério de segurança é então expresso por:

$$P_{útil} \leq (P_{adm} - P_{an})$$

onde

$P_{útil}$ é a carga útil admissível sobre o elemento de fundação, excluídas, para esta verificação, as cargas variáveis efêmeras (e a carga proveniente do atrito negativo).

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

5.8.2 Verificação da segurança em valores de cálculo (coeficientes de ponderação)

$$R_d = (R_p + R_{\ell p})/\gamma_m$$

onde

R_d é a força resistente de cálculo;

γ_m é o coeficiente de ponderação de resistências.

O critério de segurança é então expresso por:

$$P_d = P_{an} \cdot \gamma_f \leq R_d$$

onde

P_d é a carga de cálculo do elemento de fundação, excluídas, para esta verificação, as cargas variáveis efêmeras (e a carga proveniente do atrito negativo);

γ_f é o coeficiente de ponderação do atrito negativo, entendido como solicitação de compressão.

6 Segurança nas fundações

6.1 Generalidades

As situações de projeto a serem verificadas quanto aos estados limites últimos (*ELU*) e de serviço (*ELS*) devem contemplar as ações e suas combinações e outras solicitações conhecidas e previsíveis. Deve ser considerada a sensibilidade da estrutura às deformações das fundações. Estruturas sensíveis a recalques devem ser analisadas considerando-se a interação fundação-estrutura.

6.1.1 Região representativa do terreno

O resultado das investigações geotécnicas deve ser interpretado de forma a identificar espacialmente a composição do solo ou da rocha, suas propriedades mecânicas, profundidades das diversas camadas de solo ou características da rocha. Dependendo das características geológicas e das dimensões do terreno, pode ser necessário dividi-lo em regiões representativas que apresentem pequena variabilidade nas suas características geotécnicas.

O projetista das fundações deve definir estas regiões para a eventual programação de investigações adicionais, elaboração do projeto e programação dos ensaios de desempenho das fundações.

6.2 Estados limites

O projeto deve assegurar que as fundações apresentem segurança contra:

a) estados limites últimos: associados a colapso parcial ou total da obra;

b) estados limites de serviço: associados a deformações, fissuras e vibrações que comprometem o uso da obra.

6.2.1 Verificação dos estados limites últimos (*ELU*)

Os estados limites últimos representam os mecanismos que conduzem ao colapso da fundação.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Os seguintes mecanismos podem caracterizar o estado limite último:

a) perda de estabilidade global;

b) ruptura por esgotamento da resistência do terreno;

c) ruptura por deslizamento (fundações rasas);

d) ruptura estrutural em decorrência de movimentos da fundação;

e) arrancamento ou insuficiência de resistência por tração;

f) ruptura do terreno decorrente de carregamentos transversais;

g) ruptura estrutural por compressão, tração, flexão ou cisalhamento, considerados também os efeitos de segunda ordem nas situações destacadas nesta Norma.

Para fundações superficiais, o estado limite último deve ser determinado conforme o disposto em 7.2 e 7.3 e para fundações profundas conforme o disposto em 8.2.

6.2.1.1 Segurança de fundação rasa (direta ou superficial)

6.2.1.1.1 Segurança na compressão

A verificação da segurança pode ser feita com valores característicos e fator de segurança global ou com valores de cálculo, obtidos pela aplicação de coeficientes de ponderação aos valores característicos, devendo ser obedecidos os valores da Tabela 1.

Tabela 1 – Fundações rasas – Fatores de segurança e coeficientes de ponderação para solicitações de compressão

Métodos para determinação da resistência última	Coeficiente de ponderação da resistência última γ_m [c]	Fator de segurança global FS_g
Semiempíricos [a]	Valores propostos no próprio processo e no mínimo 2,15	Valores propostos no próprio processo e no mínimo 3,00
Analíticos [b]	2,15	3,00
Semiempíricos [a] ou analíticos [b] acrescidos de duas ou mais provas de carga, necessariamente executadas na fase de projeto, conforme 7.3.1	1,40	2,00

[a] Atendendo ao domínio de validade para o terreno local.

[b] Sem aplicação de coeficientes de ponderação aos parâmetros de resistência do terreno.

[c] Em todas as situações de γ_m, $\gamma_f = 1,4$ (majoração) para o esforço atuante, se disponível apenas o seu valor característico; se já fornecido o valor de cálculo, nenhum coeficiente de ponderação deve ser aplicado a ele.

6.2.1.1.2 Coeficientes de ponderação para verificação de tração, deslizamento e tombamento

Devem ser adotados os seguintes coeficientes de ponderação:

$\gamma_m = 1,2$ (minoração) para a parcela favorável do peso;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

$\gamma_m = 1,4$ (minoração) para a resistência do solo;

$\gamma_f = 1,4$ (majoração) para o esforço atuante, se disponível apenas o seu valor característico; se já fornecido o valor de cálculo, nenhum coeficiente de ponderação deve ser aplicado a ele.

6.2.1.1.3 Fator de segurança global para verificação de flutuação

Consideradas todas as combinações mais desfavoráveis (por exemplo, a elevação do lençol freático), tanto nos esforços atuantes quanto nos resistentes, deve ser observado um fator de segurança global mínimo de 1,1.

6.2.1.2 Segurança de fundações profundas

6.2.1.2.1 Resistência determinada por método semiempírico

O fator de segurança global a ser utilizado para determinação da carga admissível é 2,0. Para se chegar à força resistente de cálculo o ponderador deve ser 1,4.

Quando se reconhecerem regiões representativas e se utilizarem resultados de ensaios de campo nessas regiões, a determinação da resistência característica das estacas (R_k) por métodos semiempíricos pode basear-se na expressão:

$$R_k = \text{mín}\ [(R_{se})_{méd}/\xi_1;\ (R_{se})_{mín}/\xi_2]$$

onde

R_k é a resistência característica;

$(R_{se})_{méd}$ é a resistência determinada com base em valores médios dos resultados dos ensaios de campo;

$(R_{se})_{mín}$ é a resistência determinada com base em valores mínimos dos resultados dos ensaios de campo;

ξ_1 e ξ_2 são os fatores de minoração da resistência especificados na Tabela 2.

Quando utilizado o método de valores admissíveis, a carga admissível deve ser:

$$P_{adm} = R_k/FS_g, \text{ com } FS_g = 1,4$$

Quando utilizado o método de valores de cálculo, a força resistente de cálculo deve ser:

$$R_d = R_k/\gamma_m, \text{ com } \gamma_m = 1,0$$

Tabela 2 – Valores dos fatores ξ_1 e ξ_2

n [a]	1	2	3	4	5	6	≥ 10
ξ_1 [b]	1,42	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,27
ξ_2 [b]	1,42	1,27	1,23	1,20	1,15	1,13	1,11

[a] n = número de perfis de ensaios por região representativa do terreno.

[b] Os valores de ξ_1 e ξ_2 podem ser multiplicados por 0,9 no caso de execução de ensaios complementares à sondagem a percussão.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

6.2.1.2.2 Resistência determinada por provas de carga estáticas executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto

Para que se obtenha a carga admissível ou a força resistente de cálculo de estacas, a partir de provas de carga, é necessário que:

a) a(s) prova(s) de carga seja(m) estática(s);

b) a(s) prova(s) de carga seja(m) especificada(s) na fase de projeto e executadas no início da obra, de modo que o projeto possa ser adequado para as demais estacas;

c) a(s) prova(s) de carga seja(m) levada(s) até uma carga no mínimo duas vezes a carga admissível prevista em projeto.

O fator de segurança global a ser utilizado para determinação da carga admissível é 1,6. Para se chegar à força resistente de cálculo o ponderador deve ser 1,14.

Quando em uma mesma região representativa for realizado um número maior de provas de carga, a resistência característica das estacas (R_k) pode ser determinada pela expressão:

$$R_k = \text{mín. } [(R_{pc})\ \text{méd.}/\xi_3;\ (R_{pc})\ \text{mín.}/\xi_4]$$

onde

R_k é a resistência característica;

$(R_{pc})_{méd}$ é a resistência determinada com base em valores médios dos resultados das provas de carga;

$(R_{pc})_{mín}$ é a resistência determinada com base em valores mínimos dos resultados das provas de carga;

ξ_3 e ξ_4 são os fatores de minoração da resistência especificados na Tabela 3.

Quando utilizado o método de valores admissíveis, a carga admissível será:

$$P_{adm} = R_k/FS_g, \text{ com } FS_g = 1{,}4$$

Quando utilizado o método de valores de cálculo, a força resistente de cálculo será:

$$R_d = R_k/\gamma_m, \text{ com } \gamma_m = 1{,}0$$

Tabela 3 – Valores dos fatores ξ_3 e ξ_4

n [a]	1	2	3	4	≥ 5
ξ_3	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
ξ_4	1,14	1,10	1,05	1,02	1,00

[a] n = número de provas de carga em estacas de mesmas características, por região representativa do terreno.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

6.2.2 Verificação dos estados limites de serviço (*ELS*)

6.2.2.1 Generalidades

A verificação dos estados limites de serviço em relação ao solo de fundação ou ao elemento estrutural de fundação deve atender a:

$$E_k \leq C$$

onde

E_k é o valor característico do efeito das ações (por exemplo, o recalque estimado), calculado considerando-se parâmetros geotécnicos característicos e ações características;

C é o valor limite de serviço (admissível) do efeito das ações (por exemplo, recalque aceitável).

O valor limite de serviço para um determinado efeito das ações é o valor associado a problemas de desempenho, tais como trincas inaceitáveis, vibrações ou comprometimentos à funcionalidade plena da obra.

6.2.2.2 Valores limites dos deslocamentos das fundações

6.2.2.2.1 Limites de serviço a serem considerados

Devem ser considerados:

a) recalques excessivos;

b) levantamentos excessivos decorrentes, por exemplo, de expansão do solo ou outras causas;

c) vibrações inaceitáveis.

6.2.2.2.2 Fatores a serem considerados

A definição dos valores limites para deslocamentos e deformações deve considerar:

a) a confiabilidade com a qual os valores de deslocamentos aceitáveis podem ser estabelecidos;

b) velocidade dos recalques e movimentos do terreno de fundação;

c) tipo de estrutura e material de construção;

d) tipo de fundação;

e) natureza do solo;

f) finalidade da obra;

g) influência nas estruturas, utilidades e edificações vizinhas.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

6.3 Efeito do vento

6.3.1 Solicitações e combinações para o dimensionamento com efeito de vento

O dimensionamento dos elementos de fundação deve ser feito com base nas solicitações obtidas a partir das combinações de ações, atendendo os requisitos da ABNT NBR 8681, já contemplando todos os seus efeitos de primeira e segunda ordens globais.

6.3.2 Método de valores admissíveis (com valores característicos)

Quando se tratar de solicitações obtidas de combinações de ações nas quais o vento é a ação variável principal, os valores de tensão admissível de sapatas e tubulões e as cargas admissíveis em estacas podem ser majorados em até 15 %. Quando esta majoração for utilizada, o fator de segurança global não pode ser inferior a 1,6. Caso a majoração não seja utilizada, podem ser aplicados todos os requisitos desta Norma relativos ao valor do fator de segurança global.

Quando se tratar de solicitações obtidas de combinações de ações nas quais o vento não é a ação variável principal, não é permitida a majoração dos valores de tensão admissível de sapatas e tubulões, nem de cargas admissíveis em estacas. Neste caso, podem ser aplicados todos os requisitos desta Norma relativos ao valor do fator de segurança global.

Em qualquer caso, deve ser feita a verificação estrutural do elemento de fundação.

No caso de galpões industriais, torres de linhas de transmissão, reservatórios elevados, silos graneleiros, torres eólicas, torres de telecomunicações e tanques de produtos químicos, nos quais o vento é a ação variável principal, os valores de tensão admissível de sapatas e tubulões e de cargas admissíveis em estacas podem ser majorados em até 30 %. Quando esta majoração for utilizada, o fator de segurança global não pode ser inferior a 1,6. Caso a majoração não seja utilizada, podem ser aplicados todos os requisitos desta Norma relativos ao valor do fator de segurança global.

6.3.3 Método de valores de cálculo

Quando a verificação das solicitações for feita considerando-se as combinações nas quais o vento é a ação variável principal, os valores de tensão resistente de cálculo de sapatas e tubulões e de forças resistentes de cálculo de estacas podem ser majorados em até 10 %.

Deve ser feita a verificação estrutural do elemento de fundação.

7 Fundação rasa (direta ou superficial)

7.1 Generalidades

A grandeza fundamental para o projeto de fundações rasas é a tensão admissível, se o projeto for feito considerando fator de segurança global e valores característicos, ou a tensão resistente de cálculo, quando for feito considerando coeficientes de ponderação e valores de cálculo. Essas tensões devem satisfazer simultaneamente aos estados limites últimos (*ELU*) e de serviço (*ELS*), para cada elemento isolado de fundação, bem como para o conjunto.

O projeto de fundações consta de memorial de cálculo e dos respectivos desenhos executivos, com as informações técnicas necessárias para o perfeito entendimento e execução da obra. A elaboração do memorial de cálculo é obrigatória, devendo estar disponível quando solicitado.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

7.2 Fatores a serem considerados para a determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo

Devem ser considerados os seguintes fatores nessa determinação:

— características geomecânicas do subsolo;

— profundidade da fundação;

— dimensões e forma dos elementos de fundação;

— influência do lençol d'água;

— eventual alteração das características do solo (expansivos, colapsíveis etc.) devido a agentes externos (encharcamento, contaminação, agressividade etc.);

— alívio de tensões;

— características ou peculiaridades da obra;

— sobrecargas externas;

— inclinação da carga;

— inclinação do terreno;

— estratigrafia do terreno;

— recalques.

7.3 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite último

Atensão admissível ou a tensão resistente de cálculo deve ser fixada a partir da utilização e interpretação de um ou mais dos procedimentos descritos em 7.3.1 a 7.3.3, além de atender ao disposto em 7.4.

7.3.1 Prova de carga sobre placa

Ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR 6489, cujos resultados devem ser interpretados de modo a considerar a relação modelo-protótipo (efeito de escala), bem como as camadas influenciadas de solo.

7.3.2 Métodos teóricos

Podem ser empregados métodos analíticos (teorias de capacidade de carga) nos domínios de validade de sua aplicação, desde que contemplem todas as particularidades do projeto, inclusive a natureza do carregamento (drenado ou não drenado).

7.3.3 Métodos semiempíricos

São métodos que relacionam resultados de ensaios (tais como o *SPT*, *CPT* etc.) com tensões admissíveis ou tensões resistentes de cálculo. Devem ser observados os domínios de validade de suas aplicações, bem como as dispersões dos dados e as limitações regionais associadas a cada um dos métodos.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

7.4 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite de serviço

As tensões determinadas em 7.3 devem também atender ao estado limite de serviço.

A tensão admissível ou tensão resistente de cálculo é, neste caso, o valor máximo da tensão aplicada ao terreno que atenda aos requisitos em 6.2.2.

7.5 Casos particulares

7.5.1 Fundação sobre rocha

Para a fixação da tensão admissível ou tensão resistente de cálculo de qualquer elemento de fundação sobre rocha, deve-se considerar as suas descontinuidades:

a) falhas;

b) fraturas;

c) xistosidades etc.

No caso de superfície inclinada, pode-se escalonar a superfície ou utilizar chumbadores para evitar o deslizamento do elemento de fundação.

Para rochas alteradas ou em decomposição, devem ser considerados a natureza da rocha matriz e o grau de decomposição ou alteração. Quando necessário, as descontinuidades devem ser tratadas.

No caso de calcário ou qualquer outra rocha cárstica, devem ser feitos estudos especiais pelo projetista de fundações.

7.5.2 Solos expansivos

Nesses solos pode ocorrer o levantamento da fundação e a diminuição de resistência devido à expansão. Essas características devem ser consideradas no projeto e no método construtivo.

7.5.3 Solos colapsíveis

Deve ser considerada a possibilidade de ocorrer o encharcamento (devido a, por exemplo, vazamentos de tubulações de água, elevação do lençol freático etc.). Essas características devem ser consideradas no projeto e no método construtivo.

7.6 Dimensionamento geométrico

7.6.1 Cargas centradas

A área da fundação solicitada por cargas centradas deve ser tal que as tensões transmitidas ao terreno, admitidas uniformemente distribuídas, satisfaçam aos requisitos de segurança conforme Seção 6.

7.6.2 Cargas excêntricas

Uma fundação é solicitada por carga excêntrica quando estiver submetida a qualquer composição de forças que incluam ou gerem momentos na fundação.

O dimensionamento geotécnico de uma fundação rasa solicitada por carregamento excêntrico deve ser feito considerando-se que o solo é um elemento não resistente à tração.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

No dimensionamento da fundação superficial, a área comprimida deve ser de no mínimo 2/3 da área total, se consideradas as solicitações características, ou 50 % da área total, se consideradas as solicitações de cálculo. Deve-se assegurar, ainda, que a tensão máxima de borda satisfaça os requisitos de segurança, conforme a Seção 6.

7.6.3 Cargas horizontais

Para equilibrar a força horizontal que atua sobre uma fundação em sapata ou bloco, pode-se contar, além da resistência ao cisalhamento no contato solo-fundação, com o empuxo passivo, desde que se assegure que o solo não possa ser removido durante a vida útil projetada da construção. O valor calculado do empuxo passivo deve ser reduzido por um coeficiente de no mínimo 2,0, visando limitar deformações.

7.7 Critérios adicionais

7.7.1 Dimensão mínima

Em planta, as sapatas isoladas ou os blocos não podem ter dimensões inferiores a 60 cm.

7.7.2 Profundidade mínima

Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, a profundidade de apoio não pode ser inferior a 1,5 m. Em casos de obras cujas sapatas ou blocos tenham, em sua maioria, dimensões inferiores a 1,0 m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

A cota de apoio de uma fundação deve ser tal que assegure que a capacidade de suporte do solo de apoio não seja influenciada pelas variações sazonais de clima ou por alterações de umidade.

7.7.3 Lastro

Todas as partes da fundação rasa (direta ou superficial) em contato com o solo (sapatas, vigas de equilíbrio etc.) devem ser concretadas sobre um lastro de concreto não estrutural com no mínimo 5 cm de espessura, a ser lançado sobre toda a superfície de contato solo-fundação.

No caso de rocha, esse lastro deve servir para regularização da superfície e, portanto, pode ter espessura variável, observado, no entanto o mínimo de 5 cm.

7.7.4 Fundações em cotas diferentes

No caso de fundações próximas, porém situadas em cotas diferentes, a reta de maior declive que passa pelos seus bordos deve fazer, com a vertical, um ângulo α, como mostrado na Figura 2, com os seguintes valores:

a) solos pouco resistentes: $\alpha \geq 60°$;

b) solos resistentes: $\alpha \geq 45°$; e

c) rochas: $\alpha \geq 30°$.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

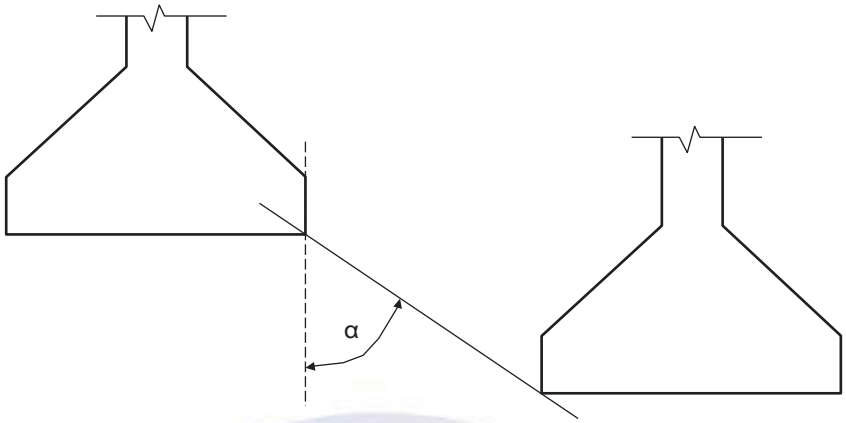


Figura 2 – Fundações próximas, mas em cotas diferentes

A fundação situada em cota mais baixa deve ser executada em primeiro lugar, a não ser que se tomem cuidados especiais, durante o processo executivo, contra desmoronamentos.

7.8 Dimensionamento estrutural

7.8.1 Sapata

O dimensionamento estrutural de sapatas de concreto deve atender à ABNT NBR 6118.

As sapatas devem ser calculadas considerando-se diagramas de tensão na base representativos e compatíveis com as características do terreno de apoio (solo ou rocha).

7.8.2 Bloco (fundação rasa)

Os diagramas de tensão sob os blocos de fundação devem ser obtidos de forma similar aos das sapatas.

Os blocos de fundação devem ser dimensionados de tal maneira que o ângulo β, mostrado na Figura 3, seja maior ou igual a 60º.

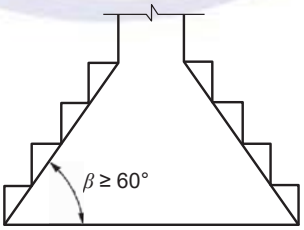


Figura 3 – Ângulo β dos blocos

8 Fundações profundas

8.1 Generalidades

A grandeza fundamental para o projeto de fundações profundas por estacas é a carga admissível, se o projeto for feito considerando fator de segurança global e valores característicos, ou a força resistente de cálculo, quando for feito considerando coeficientes de ponderação e valores de cálculo.

Para tubulões, a grandeza fundamental é a tensão admissível ou tensão resistente de cálculo.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Essas cargas e tensões devem satisfazer simultaneamente aos estados limites últimos (*ELU*) e de serviço (*ELS*), para cada elemento isolado de fundação isolado, bem como para o conjunto.

O projeto de fundações consta de memorial de cálculo e dos respectivos desenhos executivos, com as informações técnicas necessárias para o perfeito entendimento e execução da obra. A elaboração do memorial de cálculo é obrigatória, devendo estar disponível quando solicitado.

8.2 Fatores a serem considerados para a determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo

Devem ser considerados os seguintes fatores nessa determinação:

— características geomecânicas do subsolo;

— profundidade da ponta ou base da fundação;

— dimensões e forma dos elementos de fundação;

— posição do nível d'água;

— eventual alteração das características dos solos (expansivos, colapsíveis etc.) devido a agentes externos (encharcamento, contaminação, agressividade etc.);

— alívio de tensões;

— eventual ocorrência de solicitações adicionais como atrito negativo e esforços horizontais devidos a carregamentos assimétricos;

— características ou peculiaridades da obra;

— sobrecargas externas;

— inclinação da carga;

— inclinação do terreno;

— estratigrafia do terreno;

— recalques.

8.2.1 Estacas: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo a partir do estado limite último

Nesse caso a determinação é feita a partir da carga de ruptura. A carga de ruptura deve ser determinada a partir da utilização e interpretação de um ou mais dos procedimentos detalhados em 8.2.1.1 a 8.2.1.4.

8.2.1.1 Provas de carga

A carga de ruptura pode ser determinada por provas de carga executadas de acordo com a ABNT NBR 12131.

A determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo deve ser feita de acordo com 6.2.1.2.2. Essa determinação deve ainda levar em conta que durante a prova de carga o atrito lateral é sempre positivo, enquanto algumas condições de carregamento poderão gerar atrito negativo durante a vida útil da estaca.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

A carga de ruptura da estaca ou tubulão de prova deve ser considerada definida quando ocorrer ruptura nítida, caracterizada por deformações continuadas sem novos acréscimos de carga.

O comportamento de uma estaca ou tubulão, quando submetido à prova de carga, pode não apresentar ruptura nítida. Isto ocorre em duas circunstâncias:

a) quando a carga de ruptura da estaca ou tubulão é superior à carga máxima que se pretende aplicar (por exemplo, por limitação de reação);

b) quando a estaca ou tubulão é carregada até apresentar recalques elevados, mas que não configuram uma ruptura nítida como descrito.

Nessas duas circunstâncias pode-se extrapolar a curva carga-recalque para avaliar a carga de ruptura, o que deve ser feito por requisitos baseados na engenharia geotécnica sobre uma curva carga-recalque do primeiro carregamento. Neste caso a carga de ruptura pode ser convencionada como aquela que corresponde, na curva carga × deslocamento (exemplificada na Figura 4), ao recalque obtido pela expressão:

$$\Delta_r = \frac{P_r \times L}{A \times E} + \frac{D}{30}$$

onde

Δ_r é o recalque de ruptura convencional;

P_r é a carga de ruptura convencional;

L é o comprimento da estaca;

A é a área da seção transversal da estaca (estrutural);

E é o módulo de elasticidade do material da estaca;

D é o diâmetro do círculo circunscrito à seção transversal da estaca ou, no caso de barrete, o diâmetro do círculo de área equivalente ao da seção transversal da estaca;

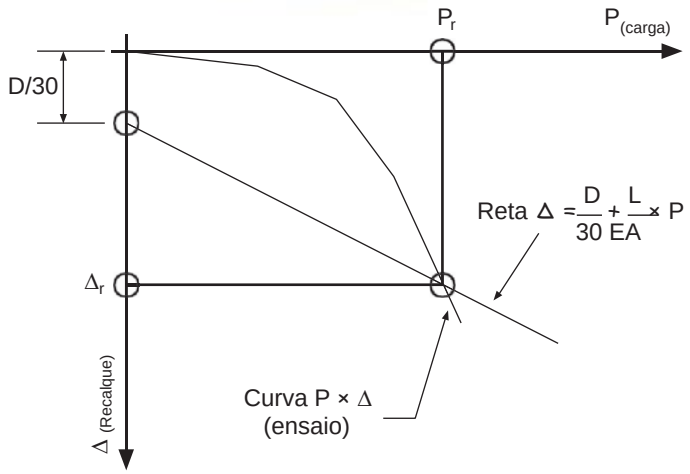


Figura 4 – Carga de ruptura convencional

Na interpretação da prova de carga devem ser consideradas a natureza do terreno, a velocidade de carregamento, a estabilização dos recalques etc., conforme previsto na ABNT NBR 12131.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Em estruturas sujeitas a esforços cíclicos, as provas de carga devem ser programadas de modo a verificar a influência deste tipo de carregamento.

8.2.1.2 Métodos estáticos

Podem ser teóricos, quando o cálculo é feito de acordo com teoria desenvolvida dentro da mecânica dos solos, ou semiempíricos, quando são usadas correlações com ensaios *in situ*.

Na análise das parcelas de resistência de ponta e atrito lateral, é necessário levar em conta a técnica executiva e as peculiaridades de cada tipo de estaca ou tubulão.

Em tubulões, quando o atrito lateral for considerado, deve ser desprezado um comprimento de fuste igual ao diâmetro da base, imediatamente acima do início do alargamento.

O projeto de estacas escavadas com estabilização das paredes auxiliada por fluido estabilizante, bem como de estacas hélice contínua, deve, sempre que considerar a contribuição da resistência de ponta, fazer menção explícita a esse critério. O executor deve, antes da execução, assegurar que são cumpridos os procedimentos executivos mínimos, especificados nos Anexos J e N, de forma a obter o contato efetivo entre a ponta da estaca e o solo competente ou rocha. Nessas condições, na verificação do *ELU* a resistência da ponta terá como limite superior o valor da resistência de atrito lateral: $R_p < R_\ell$ e $P_{adm} = (R_p + R_\ell)/2$. Caso o contato efetivo entre o concreto e o solo firme ou rocha não possa ser assegurado pelo executor, o projeto deve ser revisto: os comprimentos das estacas devem ser ajustados, na verificação do *ELU*, à condição de resistência nula na ponta: $R_p = 0$ e $P_{adm} = R_\ell /2$.

No caso específico de estacas escavadas com estabilização das paredes auxiliada por fluido estabilizante há, no Anexo J, recomendações de procedimentos executivos especiais (além dos mínimos) para garantir o contato entre a estaca e o solo competente ou rocha. Se o executor assegurar a observância estrita desses procedimentos especiais, a verificação do *ELU* será: $P_{adm} = (R_\ell + R_p)/2$, R_p = valor calculado da resistência de ponta.

No caso de estacas com ponta embutida em rocha por um comprimento superior a um diâmetro, a carga na ponta e o atrito lateral nessa região são condicionados pela resistência do concreto e pela resistência e grau de fraturamento da rocha.

Em qualquer caso, a determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo deve ser feita de acordo com 6.2.1.2. e considerar a diferença de rigidez dos solos atravessados e a diferença de comportamento tensão-deformação de atrito e de ponta.

8.2.1.3 Ensaios de carregamento dinâmico

O ensaio de carregamento dinâmico visa a avaliação de cargas mobilizadas nas interfaces solo-estaca, fundamentando-se na aplicação da teoria da equação da onda unidimensional, conforme ABNT NBR 13208.

Deve-se, contudo, observar que durante o ensaio de carregamento dinâmico o atrito lateral é sempre positivo, ainda que venha a ser negativo ao longo da vida útil projetada da estaca.

8.2.1.4 Equações dinâmicas

As equações dinâmicas, baseadas na nega ou no repique elástico, visam principalmente assegurar a homogeneidade das estacas cravadas.

Em determinados tipos de terreno deve ser levada em conta, na verificação da nega ou do repique elástico, sua diminuição (cicatrização) ou aumento (relaxação) ao longo do tempo.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.2.2 Estacas: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo a partir do estado limite de serviço

Neste caso a determinação pode ser feita por prova de carga ou cálculo por método teórico ou semiempírico, sendo as propriedades do solo obtidas em ensaios de laboratório, *in loco* ou por meio de correlações, levando-se em consideração as modificações nessas propriedades causadas pela instalação do elemento de fundação.

8.2.3 Tubulões: determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo

8.2.3.1 Fatores a serem considerados para a determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo

Aplicam-se considerações idênticas às descritas em 7.2.

8.2.3.2 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite último

Aplicam-se considerações idênticas às descritas em 7.3.

8.2.3.3 Determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo a partir do estado limite de serviço

Aplicam-se considerações idênticas às descritas em 7.4.

8.2.3.4 Elementos de fundação sobre rocha

Aplicam-se considerações idênticas às descritas em 7.5.1.

8.2.3.5 Dimensionamento geométrico

Aplicam-se considerações idênticas às descritas em 7.6.1 a 7.6.3.

8.2.3.6 Requisitos adicionais

8.2.3.6.1 Dimensionamento da base

Os tubulões devem ser dimensionados de maneira que as bases não tenham alturas superiores a 1,8 m. Para tubulões a ar comprimido, as bases podem ter alturas de até 3,0 m, desde que as condições do maciço permitam ou sejam tomadas medidas para garantir a estabilidade da base durante a sua abertura.

Havendo base alargada, esta deve ter a forma de um tronco de cone (com base circular ou no formato de falsa elipse), superposto a um cilindro (ou falsa elipse) de no mínimo 20 cm de altura, denominado rodapé, conforme a Figura 5. O ângulo β, também indicado na Figura 5, deve ser maior ou igual a 60º.

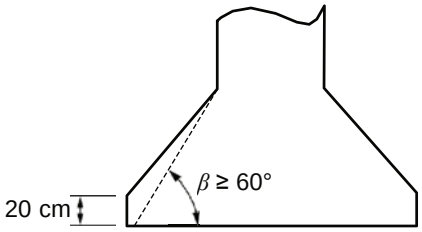


Figura 5 – Base de tubulões

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

As armaduras de fuste e de ligação fuste-base, quando necessárias, devem ser projetadas e executadas de modo a assegurar a plena concretagem do tubulão.

8.3 Efeito de grupo

Entende-se por efeito de grupo a interação entre as diversas estacas ou tubulões constituintes de uma fundação, no processo de transmissão ao terreno das cargas que lhes são aplicadas. Esta interação acarreta uma superposição de tensões, de tal sorte que o recalque do grupo resulta, em geral, diferente daquele do elemento isolado.

A carga admissível ou força resistente de cálculo de um grupo de estacas ou tubulões não pode ser superior à de uma sapata hipotética definida da seguinte forma: a sapata teria contorno igual ao do grupo e estaria apoiada numa cota superior à da ponta das fundações, sendo a diferença de cotas igual a 1/3 do comprimento de penetração das fundações na camada de suporte, como mostrado na Figura 6.

Essas considerações não são válidas para blocos apoiados em fundações profundas com elementos inclinados.

Atendidas essas condições, o espaçamento mínimo entre os elementos de fundação deve levar em consideração a forma de transferência de carga ao solo e o efeito do processo executivo nos elementos adjacentes.

Devem ser feitos o cálculo e a verificação de recalques, que são mais importantes quando houver uma camada mais compressível abaixo da camada onde se apoiam as pontas das estacas ou as bases dos tubulões.

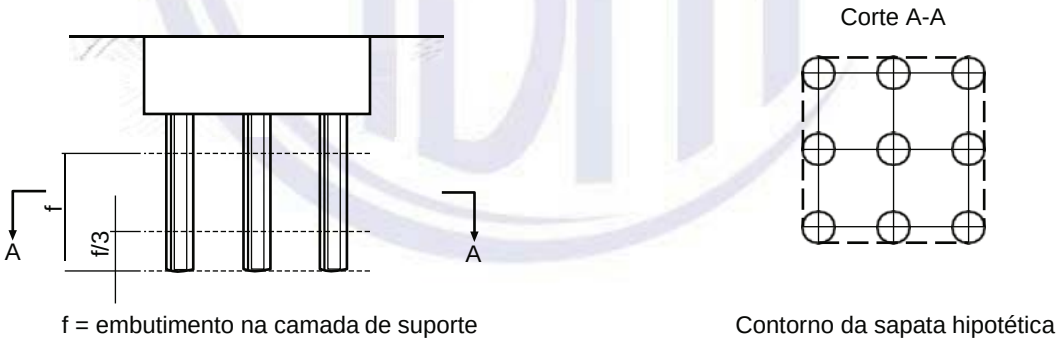


Figura 6 – Grupo de elementos de fundação profunda

8.4 Outras solicitações

8.4.1 Tração

Quando estacas ou tubulões estão submetidos a esforços de tração, deve ser levado em consideração o eventual comportamento diferente entre o atrito lateral à tração e o atrito lateral à compressão.

8.4.2 Esforços transversais

Quando há esforços horizontais ou momentos aplicados ao topo de estacas ou tubulões, pode ocorrer a plastificação do solo ou do elemento estrutural; o projeto deve considerar esse comportamento na verificação da segurança contra estados limites últimos e contra estados limites de serviço.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.4.3 Atrito negativo

O atrito negativo deve ser considerado em projeto, de acordo com 5.8, sempre que houver a possibilidade de sua ocorrência.

8.4.4 Carregamentos transversais aplicados pelo terreno ao fuste

Esforços transversais atuantes no fuste de estacas ou tubulões (isolados ou em grupo), decorrentes de assimetria topográfica, aterro, ou qualquer carregamento assimétrico do terreno, devem ser considerados na verificação da segurança contra estados limites últimos e contra estados limites de serviço do projeto. Em particular devem ser considerados os empuxos laterais sobre estacas ou tubulões cujos fustes atravessem solos moles.

8.5 Requisitos gerais

8.5.1 Deslocamento de estacas

Quando as estacas fizerem parte de grupos, devem ser considerados os efeitos desta execução sobre o solo, a saber: seu levantamento e deslocamento lateral e suas consequências sobre as estacas já executadas.

Tais efeitos devem ser reduzidos, na medida do possível, pela escolha da estaca, do seu espaçamento, da técnica e da sequência executivas.

Constatada a ocorrência de levantamento de estacas cravadas, oscilação do nível do concreto ou outros efeitos indesejáveis, devem ser adotadas providências para inibir tais ocorrências, por exemplo reprogramando a sequência executiva, executando pré-perfurações, reforçando a resistência estrutural da estaca. É possível, ainda, recravar por prensagem ou percussão as estacas estruturalmente íntegras que tenham sofrido levantamento.

Em qualquer situação em que for constatada a ocorrência de levantamento ou deslocamento lateral da estaca, torna-se obrigatório o monitoramento topográfico vertical e horizontal das estacas já cravadas e do terreno adjacente.

8.5.2 Densificação do solo

Alguns tipos de solos, particularmente os aterros e as areias fofas, sofrem densificação (compactação) pela cravação de estacas. Deve-se evitar a formação de um bloco de solo compacto que possa impedir a cravação das demais estacas. Em qualquer caso, a sequência de execução deve ser do centro do grupo para a periferia ou de uma lateral para a outra.

8.5.3 Pré-furo

Camadas resistentes podem ser pré-perfuradas ou a cravação pode ser auxiliada com jato d'água ou ar (processo denominado "lançagem"), tendo-se o cuidado de não desconfinar as estacas já executadas. A eventual influência destes procedimentos deve ser considerada em projeto.

8.5.4 Escavação para o bloco de coroamento de estacas

Na escavação para execução do bloco sobre as estacas com auxílio de máquinas (retroescavadeira ou similar), devem ser observadas as seguintes condições:

a) todas as estacas dos blocos assim escavados devem ser rigorosamente inspecionadas após as escavações, no intuito de serem avaliadas quanto à integridade estrutural;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

b) caso a inspeção lance alguma dúvida quanto à integridade estrutural de alguma estaca, esta deve ser reavaliada;

c) as caçambas (conchas) dos equipamentos utilizados para tal operação não podem possuir largura superior a 50 % do espaço disponível entre as estacas do bloco a ser escavado.

8.5.5 Preparo das cabeças das estacas e ligação com bloco de coroamento

Para cada tipo de estaca devem ser atendidos os seguintes critérios:

a) deve-se garantir a integridade da cabeça da estaca, conforme especificado nos Anexos para cada tipo de estaca;

b) a recomposição das estacas até a cota de arrasamento deve garantir a sua continuidade estrutural;

c) a seção resultante do preparo da cabeça da estaca deve ser plana e perpendicular ao seu eixo;

d) a ligação estaca-bloco de coroamento deve ser especificada em projeto, de modo a assegurar a transferência dos esforços;

e) para execução do bloco de coroamento, é obrigatório o uso de lastro de concreto magro com espessura não inferior a 5 cm. A cabeça da estaca deve ficar pelo menos 5 cm acima do lastro.

8.5.6 Excentricidades executivas

Face às características executivas dos diversos tipos de fundações, excentricidades são inevitáveis.

Toda e qualquer excentricidade deve ser comunicada ao projetista da estrutura.

Em função da disposição e quantidade de estacas ou tubulões, ficam estabelecidos os critérios indicados em 8.5.6.1 e 8.5.6.2 para levar em conta os efeitos das excentricidades executivas.

8.5.6.1 Excentricidades de estacas isoladas e estacas dispostas segundo um único alinhamento

Estacas isoladas e estacas dispostas segundo um único alinhamento devem ser projetadas com observância a 8.4.2, de modo a suportar os momentos introduzidos pelas excentricidades executivas estimadas pelo projetista.

Pode ser dispensado da observância a 8.4.2 o projeto que incluir vigas de travamento dimensionadas para equilibrar todos os momentos introduzidos por excentricidades executivas.

As excentricidades executivas observadas na obra só ensejam reavaliação da estabilidade dos elementos estruturais envolvidos se forem superiores a 10 % da menor dimensão da estaca.

8.5.6.2 Excentricidades de conjunto de estacas não alinhadas

Blocos de estacas não alinhadas devem ter os esforços nas estacas verificados, aceitando-se, sem correção ou reforço, um acréscimo de até 10 % na carga axial de cálculo da estaca.

8.5.7 Desaprumo de estacas

Sempre que houver desvio superior a 1:100 entre o eixo projetado e o eixo executado da estaca, as avaliações de segurança do projeto deverão ser revisadas para as novas condições.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.6 Dimensionamento estrutural

8.6.1 Efeitos de segunda ordem

As estacas executadas em solos sujeitos à erosão, imersas em solos muito moles ou que tiverem sua cota de arrasamento acima do nível do terreno, devem ser verificadas quanto aos efeitos de segunda ordem.

8.6.2 Cobrimento da armadura, meio agressivo e espessura de sacrifício

Espessuras de cobrimento para estacas devem obedecer à ABNT NBR 6118 em função da classe de agressividade do meio.

Nas estacas sujeitas a tração ou flexão deve ser feita a verificação de fissuração de forma a atender à ABNT NBR 6118. Como forma alternativa e simplificada de atender a este requisito, referente à proteção da armadura, pode-se proceder ao dimensionamento considerando uma redução de 2 mm no diâmetro das barras longitudinais, como espessura de sacrifício. No caso de estacas pré-moldadas deve ser atendida a ABNT NBR 16258.

As estacas metálicas executadas em solos sujeitos a erosão ou ainda que vierem a ficar expostas ou que tenham sua cota de arrasamento acima do nível do terreno devem ser protegidas ou ter sua espessura de sacrifício definida em projeto.

8.6.3 Estacas de concreto moldadas *in loco* e tubulões

As estacas ou tubulões podem, quando solicitados a cargas de compressão e tensões limitadas aos valores da Tabela 4, ser executados em concreto não armado, exceto quanto à armadura de ligação com o bloco. Estacas ou tubulões com solicitações que resultem em tensões superiores às indicadas na Tabela 4 devem ser dotados de armadura, que deve ser dimensionada de acordo com a ABNT NBR 6118 sem considerar excentricidade de carga. A armadura mínima de cisalhamento também deve atender a ABNT NBR 6118 e observar os limites da Tabela 4.

A resistência de cálculo do concreto, f_{cd}, deve ser calculada, conforme previsto na ABNT NBR 6118, pela seguinte expressão:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

onde

f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto à compressão

f_{ck} é a resistência característica do concreto à compressão

γ_c é o coeficiente de ponderação da resistência à compressão do concreto

A especificação dos traços apresentada nos Anexos B, C, G, H, I, J, N, O e P visa obter concreto que garanta qualidade e propriedades como trabalhabilidade, resistência, durabilidade (baixas permeabilidade, porosidade, segregação), levando em consideração as condições particulares de concretagem, como por exemplo, o lançamento de grande altura. Após a execução, a critério do projetista pode ser aceito concreto com resistência característica inferior à da classe indicada, limitado a 10 % do total de estacas da obra, porém não inferior em qualquer caso à classe C20.

O coeficiente de ponderação das ações, adotado como referência por esta Norma para todos os tipos de estacas moldadas *in loco*, é $\gamma_f = 1{,}4$. Se disponível apenas o valor característico das ações; se já fornecido o valor de cálculo, nenhum coeficiente de ponderação deve ser aplicado a ele.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Os coeficientes de ponderação das resistências características (*ELU*), considerando as ações previstas nesta Norma, são os seguintes:

γ_c = 1,6 a 5,0, conforme Tabela 4

γ_s = 1,15

Sendo

γ_c coeficiente de ponderação da resistência do concreto

γ_s coeficiente de ponderação da resistência do aço

Tabela 4 – Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento

Tipo de estaca	Classe de agressividade ambiental (CAA) conforme ABNT NBR 6118	Classe de concreto/ resistência característica da argamassa ou concreto	γ_c	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco)		Tensão de compressão simples atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa	Anexo onde se encontram definidos concreto/ argamassa
				Armadura %	Comprimento m		
Hélice/hélice de deslocamento/ hélice com trado segmentado [a]	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	N / O / P
	III, IV	C40	3,6				
Escavadas sem fluido	I, II	C25	3,1	0,4	2,0	5,0	I
	III, IV	C40	5,0				
Escavadas com fluido	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	J
	III, IV	C40	3,6				
Strauss [b]	I, II	20 MPa	2,5	0,4	2,0	5,0	G
Franki [b]	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	–	H
Tubulões não encamisados	I, II	C25	2,2	0,4	3,0	5,0	B
	III, IV	C40	3,6				
Raiz [b,c,d]	I, II, III, IV	20 MPa	1,6	0,4	Integral	–	K
Microestacas [b,c,e]	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	–	M
Estacatradovazado segmentado [a,d]	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	–	L

[a] Nestas estacas, o comprimento máximo da armadura é limitado devido ao processo executivo.

[b] Neste tipo de estaca, o diâmetro a ser considerado no dimensionamento é o diâmetro externo do revestimento.

[c] O espaçamento entre face de barras deve ser de um diâmetro da barra e no mínimo 20 mm. As taxas máximas de armadura são de 8 % A_c para diâmetros menores ou iguais a 310, e de 6 % A_c para diâmetros iguais ou superiores a 400 mm. As taxas máximas devem ser verificadas na seção de maior concentração de aço (considerando inclusive as emendas por transpasse). Em situações críticas, o dimensionamento pode ser feito em função da área de aço (f_{yk} ≥ 500 MPa; A_s = área de aço), conforme a seguir:

— quando $A_s \leq 6\ \% A_c$, o dimensionamento deve ser feito considerando a estaca trabalhando como pilar de concreto (a resistência da estaca é formada pela parcela do concreto e pela parcela do aço);

— quando $A_s \geq 6\ \% A_c$, o dimensionamento deve ser feito considerando que todo o esforço solicitante deve ser resistido apenas pelo aço da seção da estaca (a parcela resistente do concreto é desprezada).

[d] Argamassa.

[e] Calda de cimento.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.6.4 Tubulões encamisados

8.6.4.1 Camisa de concreto

A camisa é concretada por trechos sobre a superfície do terreno (ou em escavação preliminar) e introduzida no terreno por escavação interna. Depois de introduzido um elemento no terreno, concreta-se o seguinte, e assim por diante, até se atingir o comprimento final previsto.

Para o dimensionamento estrutural devem ser considerados os seguintes coeficientes de ponderação: $\gamma_f = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$.

A armadura necessária pode ser colocada totalmente na camisa, ou parte nela e parte no núcleo.

Quando o tubulão for escavado com uso de ar comprimido, a armadura transversal (estribos) deve ser calculada considerando-se uma pressão igual a uma vez e meia a máxima pressão de trabalho prevista, desprezando-se empuxos externos de solo e água.

8.6.4.2 Camisa de aço

Quando o tubulão for total e permanentemente enterrado, deve-se descontar uma espessura da camisa de aço para compensar a corrosão, conforme 8.6.7 e Tabela 5.

A camisa metálica deve ser dimensionada de acordo com a ABNT NBR 8800, devendo ainda ser considerados os esforços de instalação (cravação, vibração etc.).

No tubulão com camisa de aço, a repartição da carga entre a camisa e o núcleo de concreto é diferente na situação de ruptura e na situação de trabalho. Em consequência duas verificações de segurança devem ser feitas, nas condições a seguir indicadas:

a) segurança contra estado limite último (ruptura):

   — solicitações características multiplicadas por $\gamma_f = 1,4$;

   — camisa de aço: considerada como armadura longitudinal, com tensão de escoamento do aço (f_{yk}) dividida por $\gamma_s = 1,15$;

   — resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) dividida por $\gamma_c = 1,5$ e multiplicada por 0,85 (efeito Rüsch).

b) segurança contra estado limite de serviço (microfissuração):

   — solicitações características multiplicadas por $\gamma_f = 1,4$;

   — camisa de aço: contribuição à resistência desprezada;

   — resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) dividida por $\gamma_c = 1,3$ e multiplicada por 0,85 (efeito *Rüsch*);

   — resistência característica à tração do concreto admitida nula.

8.6.5 Estacas pré-moldadas de concreto

Nas estacas de concreto pré-moldadas ou pré-fabricadas, o dimensionamento estrutural deve ser feito utilizando-se as ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 16258, limitando o f_{ck} a 40,0 MPa.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Nas duas extremidades da estaca, deve ser feito um reforço da armadura transversal, para levar em conta as tensões de cravação. As emendas metálicas devem obedecer ao disposto na Tabela 5.

O fabricante deve apresentar curvas de interação na flexo-compressão e na flexo-tração do elemento estrutural.

8.6.5.1 Efeito de camada de argila mole

No caso de ocorrência de camada de argila mole, devem ser utilizadas estacas com características estruturais mínimas em função dos comprimentos cravados, considerados a espessura da camada de argila mole, o processo de cravação, a inércia do elemento, o número de emendas, a linearidade do eixo e os momentos de segunda ordem, obedecendo a:

a) menor momento resistente de sua seção transversal → $W_{min} \geq 930\ cm^3$;

b) estacas com comprimentos entre 20,0 m e 30,0 m → raio de giração (i) ≥ 5,4 cm;

c) estacas com comprimentos acima de 30,0 m → raio de giração (i) ≥ 6,4 cm.

Os menores momentos resistentes para as seções transversais das estacas, citados nesta subseção, pretendem reduzir a possibilidade de ocorrência de instabilidade dinâmica direcional (drapejamento) durante a cravação dessas estacas através de camadas de argila mole.

8.6.6 Estaca de reação (mega ou prensada)

Nas estacas de concreto pré-moldado o dimensionamento estrutural deve ser feito utilizando-se as ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, limitando o f_{ck} a 25,0 MPa.

As estacas metálicas devem ser dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 8800 e a resistência característica mínima do aço à compressão deve ser de $f_{yk} \geq 200$ MPa.

O dimensionamento estrutural deve ser feito considerando-se a máxima carga de cravação prevista e com coeficiente de ponderação especificado $\gamma_f = 1,2$.

8.6.7 Estacas metálicas

As estacas metálicas devem ser dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 8800, considerando-se a seção reduzida da estaca.

No caso de ocorrência de camada de argila mole, deve-se levar em conta o comprimento cravado e a inércia da peça metálica a fim de reduzir a possibilidade da ocorrência de instabilidade dinâmica direcional (drapejamento) durante a cravação.

As estacas de aço que estiverem total e permanentemente enterradas, independentemente da situação do lençol d'água, dispensam tratamento especial, desde que seja descontada a espessura indicada na Tabela 5.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Tabela 5 – Espessura de compensação de corrosão

Classe	Espessura mínima de sacrifício mm
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados [a]	3,2
[a] Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.	

Nas estacas em que a parte superior ficar desenterrada, é obrigatória a proteção com camisa de concreto ou outro recurso de proteção do aço, ou aumento de espessura de sacrifício definida em projeto.

As emendas das estacas de aço, realizadas por meio de talas soldadas ou parafusadas, devem resistir às solicitações que possam ocorrer durante o manuseio, a cravação e o trabalho do componente estrutural. As emendas também devem obedecer ao disposto na Tabela 5.

8.6.7.1 Peças novas

Devem ser dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 8800.

8.6.7.2 Peças reutilizadas

Deve ser verificada a seção real mínima da peça. A redução de área da seção transversal, em qualquer ponto da estaca, deve ser de no máximo 20 % do valor nominal da peça nova. A carga admissível ou a força resistente de cálculo deve ser fixada após análise dos aspectos geotécnicos de transferência de carga para o solo.

Para verificação de segurança pelo método de valores admissíveis deve-se utilizar:

— esforços exclusivamente axiais: $FS_g = 3,3$;

— flexo-compressão e flexo-tração: $FS_g = 2,8$.

Para verificação da segurança pelo método de valores de cálculo deve-se utilizar:

— esforços exclusivamente axiais: $\gamma_s = 2,35$ e $\gamma_f = 1,4$;

— flexo-compressão e flexo-tração: $\gamma_s = 2,0$ e $\gamma_f = 1,4$.

No caso de trilhos, devem ser empregados elementos cuja composição química seja de aço-carbono comum, devendo ser evitados aços especiais, duros, face à dificuldade de emendas. Se este tipo de trilho for empregado, o projeto deve especificar os procedimentos de soldagem.

8.6.8 Estacas de madeira

As estacas de madeira têm sua carga estrutural admissível calculada, sempre em função da seção transversal mínima, adotando-se tensão admissível compatível com o tipo e a qualidade da madeira, conforme estabelecido na ABNT NBR 7190.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

8.6.9 Outros tipos de estaca

Esta Norma apresenta nos Anexos B a Q os procedimentos de projeto e de execução dos tipos correntes de estacas disponíveis no mercado.

Outros tipos de estacas podem ser empregados desde que sejam projetadas e executadas respeitando as diretrizes e conceitos expressos nesta Norma, acrescidos dos requisitos a seguir indicados.

Nos projetos de fundações elaborados com estacas que tenham características diferentes das que constam dos Anexos B a Q, e visando atestar as cargas admissíveis, devem ser feitas pelo menos três provas de carga estáticas, a partir de projeto específico e executadas antes do início da obra, obedecendo a todos os requisitos estabelecidos em 9.2.2.1, com as seguintes ressalvas:

a) apresentação de procedimento executivo detalhado da estaca de acordo com os demais anexos desta Norma;

b) devem ser executadas provas de carga estáticas no dobro das quantidades estabelecidas na coluna B da Tabela 6, respeitado o mínimo de três;

c) a carga máxima de ensaio será sempre de duas vezes a carga admissível; e

d) são aceitos outros ensaios (ensaio de carregamento dinâmico, teste bidirecional etc.) como complemento ao mínimo recomendado na alínea b.

9 Desempenho das fundações

9.1 Requisitos

O desempenho das fundações é verificado por meio de pelo menos o monitoramento dos recalques medidos na estrutura, sendo obrigatório nos seguintes casos:

a) estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação à carga total, tais como silos e reservatórios;

b) estruturas com mais de 55,0 m de altura do piso do térreo até a laje de cobertura do último piso habitável;

c) relação altura/largura (menor dimensão) superior a quatro;

d) fundações ou estruturas não convencionais.

Pode também ser necessário o monitoramento de outras grandezas, tais como: deslocamentos horizontais, desaprumos, integridade ou tensões. O resultado das medições deve ser comparado com as previsões de projeto.

O projeto de fundações deve estabelecer o programa de monitoramento, incluindo: referência de nível (indeslocável) a ser utilizada, precisão das medidas, frequência e período em que as leituras são realizadas.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

9.2 Desempenho dos elementos de fundação

9.2.1 Fundações em sapatas ou tubulões

O solo de apoio de sapatas e tubulões deve ser aprovado por profissional habilitado antes da concretagem.

Em caso de dúvida, devem ser programadas provas de carga em placas (ou nos tubulões) que simulem o comportamento destes elementos, com interpretação de resultados que considere o efeito de escala.

9.2.2 Fundação em estacas

9.2.2.1 Quantidade de provas de carga

É obrigatória a execução de provas de carga estáticas de desempenho, no decorrer do estaqueamento, em obras que tiverem um número de estacas superior ao valor especificado na coluna (B) da Tabela 6.

Quando atingido o limite de exigibilidade de provas de carga de desempenho (ver Tabela 6), o número de provas de carga deve ser estabelecido da seguinte forma: calcular 1 % do número total de estacas da obra, arredondando para uma casa decimal, e em seguida arredondar o número obtido, com uma casa decimal, para o número inteiro mais próximo, considerando que o dígito 5 sempre é arredondado para cima. Incluem-se nesse 1 % as provas de carga executadas conforme 6.2.1.2.2. A quantidade de estacas a ser considerada é a soma das estacas de todas as edificações da obra, mesmo que de diferentes tipos. Incluem-se as estacas da periferia e das demais construções da obra, não consideradas as estacas exclusivamente de contenção e de muros de fechamento.

Quando atingido o limite de exigibilidade de provas de carga de desempenho (ver Tabela 6), pelo menos uma prova de carga estática ou ensaios de carregamento dinâmico devem ser feitos nas estacas da edificação principal da obra.

É necessária a execução de prova de carga, qualquer que seja o número de estacas da obra, se elas forem empregadas para tensões de trabalho superiores aos valores indicados na coluna (A) da Tabela 6.

Nas obras em que os carregamentos principais provenientes da estrutura, nas condições de utilização mais frequentes durante a vida útil, forem os esforços de tração ou os esforços horizontais, é obrigatória a execução de prova de carga específica à tração ou esforço horizontal, com os mesmos critérios citados nesta subseção.

Em obras de arte especiais (pontes e viadutos), com vão superior a 30,0 m ou com mais de três vãos (quatro linhas de apoio), é obrigatória a realização de ensaio de carga (prova de carga estática ou ensaio de carregamento dinâmico).

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Tabela 6 – Quantidade de provas de carga

Tipo de estaca	A Tensão de trabalho abaixo da qual não serão obrigatórias provas de carga, desde que o número de estacas da obra seja inferior à coluna (B), em MPa [b c d]	B Número total de estacas da obra a partir do qual serão obrigatórias provas de carga [b c d]
Pré-moldada [a]	7,0	100
Madeira	–	100
Aço	0,5 f_{yk}	100
Hélice, hélice de deslocamento, hélice com trado segmentado (monitoradas)	5,0	100
Estacas escavadas com ou sem fluido Ø ≥ 70 cm	5,0	75
Raiz [e]	≤ Ø 310 mm = 15,0	75
	≥ Ø 400 mm = 13,0	
Microestaca [e]	15,0	75
Trado vazado segmentado	5,0	50
Franki	7,0	100
Escavadas sem fluido Ø < 70 cm	4,0	100
Strauss	4,0	100

[a] Para o cálculo da tensão de trabalho consideram-se estacas vazadas como maciças, desde que a seção vazada não exceda 40 % da seção total.

[b] Os requisitos acima são válidos para as seguintes condições (não necessariamente simultâneas):

- — áreas onde haja experiência prévia com o tipo de estaca empregado.
- — onde não houver particularidades geológico-geotécnicas.
- — quando não houver variação do processo executivo padrão.
- — quando não houver dúvida quanto ao desempenho das estacas.

[c] Quando as condições desta Tabela não ocorrerem, devem ser feitas provas de carga em no mínimo 1 % das estacas, observando-se um mínimo de uma prova de carga (conforme ABNT NBR 12131), qualquer que seja o número de estacas.

[d] As provas de carga executadas exclusivamente para avaliação de desempenho devem ser levadas até que se atinja pelo menos duas vezes a carga admissível ou até que se observe um deslocamento que caracterize ruptura. Caso exista prova de carga prévia, as provas de carga de desempenho devem ser levadas até que se atinja pelo menos 1,6 vezes a carga admissível ou até que se observe um deslocamento que caracterize ruptura.

[e] Diâmetros de perfuração conforme Anexo K.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

9.2.2.2 Interpretação da prova de carga

O desempenho é considerado satisfatório quando forem simultaneamente verificadas as seguintes condições:

a) fator de segurança mínimo deve atender às condições especificadas na nota d da Tabela 6, com relação à carga de ruptura obtida na prova de carga ou por sua extrapolação. Se esse valor não for obtido, a interpretação dos resultados da(s) prova(s) de carga deve ser feita pelo projetista, de acordo com o especificado em 8.2.1.1;

b) recalque na carga de trabalho deve ser o admissível pela estrutura.

Caso uma prova de carga tenha apresentado resultado insatisfatório, deve-se elaborar um programa de provas de carga adicionais que permita o reexame dos valores de cargas admissíveis ou forças resistentes de cálculo, visando a aceitação dos serviços sob condições especiais previamente definidas, ou a readequação da fundação e seu eventual reforço.

9.2.2.3 Quantidade de ensaios dinâmicos

Para comprovação de desempenho, as provas de carga estáticas à compressão podem ser substituídas por ensaios de carregamento dinâmico, conforme ABNT NBR 13208, na proporção de cinco ensaios de carregamento dinâmico para cada prova de carga estática, conforme ABNT NBR 12131.

Em obras que tenham um número de estacas entre os valores da coluna (B) da Tabela 6 e duas vezes esse valor, a substituição pode ser total; acima desse número de estacas, conforme ABNT NBR 12131 é obrigatória pelo menos uma prova de carga estática.

9.2.2.4 Casos particulares

Para estacas com carga admissível superior a 3 000 kN, podem-se executar duas provas de carga sobre estacas de mesmo tipo, porém de menor diâmetro. Nestes casos, os critérios de interpretação da prova de carga devem ser justificados.

A critério do projetista, são aceitos outros ensaios de carga, por exemplo**,** teste bidirecional, devendo-se levar em conta as particularidades de sua interpretação para o estabelecimento da quantidade e avaliação de desempenho.

A Tabela 6 se aplica às obras de até 500 estacas e em uma mesma região representativa do subsolo. Acima desta quantidade, o número de provas de cargas adicionais fica a critério do projetista.

10 Avaliação técnica do projeto

A avaliação técnica do projeto é essencial e obrigatória nos casos citados em 9.1 e deve ser conduzida antes da construção, de preferência simultaneamente com a fase de projeto.

A avaliação técnica do projeto de fundações é constituída pela verificação e análise crítica do projeto, realizadas com o objetivo de avaliar se este projeto atende aos requisitos das normas técnicas vigentes aplicáveis.

A avaliação técnica do projeto de fundações deve contemplar, entre outras, as seguintes atividades, de forma integral ou parcial:

a) verificar se as premissas adotadas para o projeto estão de acordo com o previsto nesta Norma e se todos os seus requisitos foram considerados;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

b) analisar as considerações de cálculo e verificar os resultados dos cálculos;

c) analisar os desenhos que compõem o projeto, inclusive os detalhes construtivos.

A avaliação técnica do projeto deve ser realizada por profissional habilitado e independente em relação ao projetista da fundação. É recomendável que o profissional escolhido para realizar a avaliação técnica do projeto possua experiência em fundações.

Este profissional deve emitir um parecer de avaliação técnica do projeto, que se torna parte integrante do projeto. O autor deste parecer responde solidariamente com o projetista pelos aspectos técnicos do projeto. Os aspectos econômicos da solução adotada não fazem parte do escopo da avaliação técnica do projeto.

A responsabilidade pela escolha do profissional que realiza a avaliação técnica do projeto cabe ao contratante do projeto de fundação. Esta responsabilidade pode ser do proprietário da obra, que, no caso de não ter os conhecimentos técnicos necessários para a escolha do profissional responsável pela avaliação técnica do projeto, pode designar um representante ou preposto para substituí-lo nesta atribuição (por exemplo, incorporador, construtor, gerenciador).

Eventuais ajustes decorrentes da avaliação são decididos em comum acordo entre o contratante do projeto de fundações, o projetista e o avaliador, respeitando todos os requisitos desta Norma.

Como boa parte dos contratantes de projeto de fundações não tem a obrigação de conhecer esta Norma, cabe ao projetista contratado alertar o seu contratante sobre a necessidade de ser realizada a avaliação técnica do seu projeto por um profissional independente.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo A
(normativo)

Fundação rasa (direta ou superficial) – Procedimentos executivos

A.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 7;

b) detalhar as diretrizes construtivas.

A.2 Escavação das cavas

Para escavação em solo, caso se utilizem equipamentos mecânicos, a profundidade de escavação com esses equipamentos deve ser paralisada a no mínimo 30 cm acima da cota de assentamento prevista, sendo a parcela final removida manualmente. Para escavação em rocha quando forem empregados marteletes, rompedores ou até mesmo explosivos, deverão ser removidos eventuais blocos soltos.

A.3 Preparação para a concretagem

Antes da concretagem, o solo ou rocha de apoio das sapatas, isento de material solto, deve ser vistoriado por profissional habilitado, que confirma *in loco* a capacidade de suporte do material. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual ou outros ensaios expeditos de campo.

Caso haja necessidade de aprofundar a cava da sapata, a diferença entre cota de assentamento prevista e cota “de obra” pode ser eliminada com preenchimento de concreto não estrutural (consumo mínimo de cimento de 150 kg/m^3) até a cota prevista. Alternativamente pode-se aumentar o comprimento do pilar, desde que seja feita consulta prévia ao projetista estrutural, que indica as eventuais medidas adicionais que devem ser adotadas no que se refere à estrutura.

No caso de preenchimento com concreto, ele deve ocupar todo o fundo da cava e não só a área de projeção da sapata, devendo obrigatoriamente ser efetuado antes da concretagem da sapata.

O fundo da cava deve ser regularizado com lastro de concreto não estrutural, em espessura mínima de 5 cm. A superfície final deve resultar plana e horizontal.

Para sapatas assentes em rocha há necessidade de camada de regularização com espessura necessária para garantir uma superfície final plana e horizontal.

A.4 Concretagem da sapata

Os procedimentos de concretagem devem obedecer às especificações do projeto estrutural.

A.5 Reaterro

Após cura da sapata, deve ser procedido o reaterro compactado da cava.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo B
(normativo)

Tubulões a céu aberto – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

B.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

B.2 Características gerais

Trata-se de uma fundação profunda, escavada manual ou mecanicamente, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento da base ou limpeza do fundo quando não há base.

Neste tipo de fundação as cargas são transmitidas essencialmente pela base a um substrato de maior resistência.

Este tipo de fundação é empregado acima do lençol freático, ou mesmo abaixo dele, nos casos em que o solo se mantenha estável sem risco de desmoronamento e seja possível controlar a água do interior do tubulão, respeitando a legislação em vigor (ver Bibliografia).

B.3 Escavação do fuste

O fuste pode ser escavado manualmente por poceiros ou através de perfuratrizes até a profundidade prevista em projeto. Quando escavado a mão, o prumo e a forma do fuste devem ser conferidos durante a escavação.

B.4 Alargamento da base

A base pode ser escavada manual ou mecanicamente. Quando mecanicamente, é obrigatória a descida de poceiro para remoção do solo solto que o equipamento não consegue retirar.

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deve ser inspecionado por profissional habilitado, que confirma *in loco* a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual.

Quando a base do tubulão for assente sobre rocha inclinada, vale o descrito em 7.5.1.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

B.5 Colocação da armadura

A armadura do fuste deve ser colocada tomando-se o cuidado de não permitir que, nesta operação, torrões de solo sejam derrubados para dentro do tubulão.

Quando a armadura penetrar na base, ela deve ser projetada de modo a permitir a concretagem adequada da base, devendo existir aberturas na armadura de pelo menos 30 cm × 30 cm.

B.6 Concretagem

A concretagem do tubulão deve ser feita imediatamente após a conclusão de sua escavação.

Em casos excepcionais, nos quais a concretagem não tenha sido feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita, removendo-se material solto ou eventual camada amolecida pela exposição ao tempo ou por águas de infiltração.

A concretagem é feita com o concreto simplesmente lançado da superfície, através de funil com comprimento mínimo de 1,5 m.

Não é necessário o uso de vibrador. Por esta razão o concreto deve ter plasticidade suficiente para assegurar a ocupação de todo o volume da base.

A integridade dos tubulões deve ser verificada em, no mínimo, um por obra, por meio da escavação de um trecho do seu fuste.

B.7 Sequência executiva

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deve ser iniciada pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos.

Não pode ser feito trabalho simultâneo em bases alargadas em tubulões cuja distância, de centro a centro, seja inferior a 2,5 vezes o diâmetro da maior base.

B.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação do tubulão com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho do tubulão acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento ou o concreto tenha ficado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto do tubulão.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

B.9 Concreto

B.9.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

B.9.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C25, consumo mínimo de cimento de 280 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 360 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

B.10 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

B.10.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

B.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

B.11 Registros da execução

Deve ser preenchida o boletim de controle de execução diariamente para cada tubulão, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, executor, contratante;

b) data e horário do início e fim da escavação e da concretagem;

c) identificação ou número do tubulão;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

d) cota do terreno;

e) cota de arrasamento;

f) dimensões do fuste e da base;

g) profundidade ou cota de apoio da base;

h) desaprumo e desvio de locação;

i) especificação dos materiais e insumos utilizados;

j) consumo de materiais por tubulão;

k) volume de concreto real e teórico;

l) anormalidades de execução;

m) observações relevantes;

n) nome e assinatura do executor;

o) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo C
(normativo)

Tubulões a ar comprimido – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

C.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

C.2 Características gerais

Trata-se de uma fundação profunda, escavada manual ou mecanicamente, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento da base ou limpeza do fundo quando não há base.

Neste tipo de fundação as cargas são transmitidas essencialmente pela base a um substrato de maior resistência.

Este tipo de solução é empregado sempre que se pretende executar tubulões abaixo do nível d'água em solos que não atendam às condições de B.2. A escavação do fuste destes tubulões é sempre realizada com auxílio de revestimento que pode ser de concreto ou de aço (perdido ou recuperado).

C.3 Trabalho sob ar comprimido

Em qualquer etapa de execução dos tubulões, deve atender à legislação em vigor (ver Bibliografia) para trabalho em ambiente sob ar comprimido.

Só se admitem trabalhos sob pressões superiores a 0,15 MPa quando as seguintes providências forem tomadas:

a) equipe permanente de socorro médico à disposição na obra;

b) câmara de descompressão equipada disponível na obra;

c) compressores e reservatórios de ar comprimido de reserva;

d) renovação de ar garantida, sendo o ar injetado em condições satisfatórias para o trabalho humano.

C.4 Escavação

Inicialmente deve ser concretado o primeiro segmento ou aprumado o revestimento metálico diretamente sobre a superfície do terreno ou em uma escavação preliminar de dimensões maiores que o diâmetro do revestimento (poço primário).

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

A sequência deve ser feita com a concretagem ou soldagem sucessiva dos segmentos metálicos de revestimento à medida que a escavação manual vai sendo executada. Revestimentos de concreto só podem ser introduzidos no terreno depois que o concreto estiver com resistência suficiente para suportar a escavação.

Quando o nível d'água for atingido, deve ser instalada no topo da camisa a campânula de ar comprimido, o que permite a execução a seco dos trabalhos. Para camisas de concreto, a aplicação da pressão de ar comprimido só pode ser feita quando o concreto atingir a resistência especificada em projeto.

Deve-se evitar a aplicação de pressão excessiva para eliminar água eventualmente acumulada no tubulão.

C.5 Alargamento da base

A base é escavada manualmente. Durante esta operação, a camisa deve ser escorada de modo a evitar sua descida.

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deve ser inspecionado por profissional habilitado que confirma *in loco* a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual. Atingida a cota prevista para a implantação da camisa, abre-se a base.

Quando a base do tubulão for assente sobre rocha inclinada, vale o descrito em 7.5.1.

C.6 Colocação da armadura

A armadura de ligação fuste-base é colocada pela campânula e montada no interior do tubulão, devendo ser projetada de modo a permitir a concretagem adequada da base, deixando-se aberturas na armadura de pelo menos 30 cm $\times$ 30 cm.

C.7 Concretagem

Em obras dentro d'água a camisa pode ser concretada sobre estrutura provisória e descida até o terreno com auxílio de equipamento, ou concretada em terra e transportada para o local de implantação. O mesmo procedimento pode ser adotado para camisas metálicas.

Em casos especiais, principalmente em obras em que se passa diretamente da água para rocha, a camisa de concreto pode ser confeccionada com a forma e a dimensão da base. Neste caso devem ser previstos recursos que assegurem a ligação ou vedação de todo o perímetro da base com a superfície da rocha, a fim de evitar fuga ou lavagem do concreto.

Sempre que a concretagem não for feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida pela exposição ao tempo ou por água de infiltração.

O concreto é lançado através do cachimbo de concretagem da campânula, devendo-se planejar cuidadosamente esta operação, de forma a não interrompe-la antes do previsto.

O concreto é lançado sob ar comprimido, no mínimo até uma altura que impeça o seu levantamento pelo empuxo hidrostático.

Não é necessário o uso de vibrador. Por esta razão o concreto deve ter plasticidade suficiente para assegurar a ocupação de todo o volume da base.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

C.8 Sequência executiva

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deve ser iniciada pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos.

Não pode ser feito trabalho simultâneo em bases alargadas em tubulões cuja distância, de centro a centro, seja inferior a 2,5 vezes o diâmetro da maior base.

C.9 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação do tubulão com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho do tubulão acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento ou o concreto tenha ficado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto do tubulão.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

C.10 Concreto

C.10.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

C.10.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C25, consumo mínimo de cimento de 280 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 360 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

C.11 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

C.11.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

C.11.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

C.12 Registros da execução

Deve ser preenchida o boletim de controle de execução diariamente para cada tubulão, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) data e horário do início e fim da concretagem;

c) data de término da escavação da base;

d) identificação ou número do tubulão;

e) nível d’água;

f) dimensões do fuste e da base;

g) profundidade ou cota de apoio da base;

h) consumo de materiais por tubulão;

i) desaprumo e desvio de locação;

j) identificação das características do equipamento (compressores, campânulas etc.);

k) tempos de compressão e de descompressão; jornadas de trabalho;

l) especificação dos materiais e insumos utilizados;

m) volume de concreto real e teórico;

n) anormalidades de execução;

o) observações relevantes;

p) nome e assinatura do executor;

q) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo D
(normativo)

Estacas de madeira – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

D.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar diretrizes construtivas.

D.2 Características gerais

Estacas de madeira são empregadas usualmente para obras provisórias. Se forem usadas para obras permanentes, tem que ser protegidas contra-ataque de fungos, bactérias aeróbicas, térmitas etc.

A ponta e o topo devem ter diâmetros maiores que 15 cm e 25 cm, respectivamente, e o segmento de reta que une os centros das seções da ponta e do topo deve estar compreendido integralmente no interior do perímetro da estaca.

O topo das estacas deve ser protegido por cepos ou capacetes menos rígidos para minimizar danos durante a cravação. Entretanto, quando, durante a cravação, ocorrer algum dano na cabeça da estaca, a parte afetada deve ser cortada.

Quando se tiver que penetrar ou atravessar camadas resistentes, as pontas devem ser protegidas por ponteiras de aço.

D.3 Equipamento e cravação

A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com a estaca, suas dimensões, características do solo, condições de vizinhança e peculiaridades do local.

As folgas do martelo e do capacete não podem ser superiores a 3 cm em relação às guias do equipamento.

O formato do capacete deve ser adequado à seção da estaca e possuir superfície de contato plana, com encaixes com folga inferior a 3 cm, sendo periodicamente verificadas e corrigidas eventuais irregularidades. Suas dimensões externas devem ser compatíveis com as do martelo, de forma que a carga transmitida seja centrada.

No caso em que a cota de arrasamento estiver abaixo da cota do plano de cravação, pode-se utilizar um elemento suplementar, denominado “prolonga” ou “suplemento”, com comprimento limitado a 2,50 m, e deve possuir área de seção tal que a impedância do suplemento seja a mais próxima possível da impedância da estaca, tal qual definida na ABNT NBR 13208. Quando for usado o suplemento, o critério de nega deve ser recalculado levando em conta a influência do suplemento na transmissão de energia entre o martelo e a estaca.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista para sua capacidade de carga, sem danificá-la.

A cravação é Normalmente executada com martelo de queda livre, cuja relação entre o peso do martelo e o peso da estaca deve ser a maior possível, respeitando-se a relação mínima de 1,0.

D.4 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Deve ser cortado o trecho danificado durante a cravação ou o excesso em relação à cota de arrasamento.

Caso a nova cota de topo esteja abaixo da cota de arrasamento prevista, deve-se fazer uma emenda que resista a todas as solicitações.

D.5 Controle para verificação e avaliação dos serviços

A madeira deve atender aos requisitos da ABNT NBR 7190.

A nega deve ser medida em todas as estacas ao final da cravação. Devem ainda ser registrados os diagramas de cravação em pelo menos 10 % das estacas, escolhidas entre as mais próximas aos furos de sondagem.

Sempre que houver dúvida sobre o desempenho das estacas, devem ser feitas provas de carga.

D.6 Registro da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificação da obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) data da cravação;

c) identificação ou número da estaca, com as datas e horário de início e término da cravação;

d) dimensões da seção e comprimento útil;

e) suplemento utilizado, tipo e comprimento;

f) desaprumo e desvio de locação;

g) características e identificação do equipamento de cravação;

h) negas ou repiques no final de cravação e na recravação, quando houver;

i) especificação dos materiais;

j) deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;

k) observações relevantes e anormalidades de execução;

l) nome e assinatura do executor;

m) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo E
(normativo)

Estacas pré-moldadas de concreto – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

E1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

E2 Características gerais

As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos.

E3 Equipamento

A cravação de estacas pode ser feita por percussão ou prensagem. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

A folga do martelo e do capacete deve ser inferior a 3 cm em relação às guias do equipamento. O formato do capacete deve ser adequado à seção da estaca e possuir superfície de contato plana, com encaixes com folga inferior a 3 cm, sendo periodicamente verificadas e corrigidas eventuais irregularidades. Suas dimensões externas devem ser compatíveis com as do martelo, de forma que a carga transmitida seja centrada.

Quando a cravação for executada com martelo de queda livre, devem ser observadas as seguintes condições:

a) peso do martelo igual ou superior a 20 kN;

b) peso do martelo no mínimo igual a 75 % peso total da estaca ou análise de cravabilidade para o caso em estudo;

c) peso do martelo igual ou superior a 40 kN para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN e 1,3 MN;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

d) para estacas cuja carga de trabalho seja superior a 1,3 MN, a escolha do sistema de cravação deve ser previamente analisada.

No uso de martelos automáticos, devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes.

E4 Cravação

O armazenamento e o içamento de estacas pré-moldadas na obra devem obedecer às prescrições do fabricante, que deve disponibilizar todas as informações necessárias para evitar fissuramento excessivo ou quebra das estacas.

Em casos correntes é vedada a utilização de elemento suplementar, denominado “prolonga” ou “suplemento”. Somente é admitido seu uso em situações excepcionais, com comprimento total limitado a 2,50 m e com as necessárias alterações de nega e repique. Tal dispositivo pode ser fabricado de aço ou de concreto, e sua utilização deve garantir o bom posicionamento da estaca no final da cravação e a minimização da perda de eficiência do sistema de cravação até que esta seja concluída. Para tanto, a utilização desse recurso, deve obedecer às seguintes condições:

a) para dispositivos de concreto: momento resistente mínimo (W_{min}) da haste do suplemento igual ao da estaca;

b) para dispositivos de aço: momento resistente mínimo (W_{min}) da haste do suplemento não menor que 400 cm^3.

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações (sustentadas ou não) ou auxiliadas por jato d’água (“lançagem”). Neste caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado no projeto. De qualquer maneira a cravação final deve ser feita sem influência deste recurso.

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo que as tensões de compressão durante a cravação sejam limitadas a 85 % da resistência nominal do concreto, menos a protensão, se for o caso. No caso de estacas protendidas, as tensões de tração devem ser limitadas a 90 % do valor da protensão mais 50 % da resistência nominal do concreto à tração, e no caso de estacas armadas as tensões de tração devem ser limitadas a 70 % da tensão de escoamento do aço utilizado na armadura. Estes limites podem ser aumentados em 10 %, caso sejam feitas medições das tensões durante a cravação. Devem também ser observadas as recomendações descritas em 8.5.

E5 Critérios de aceitação das estacas

O fabricante de estacas pré-moldadas deve apresentar resultados de ensaios de resistência do concreto nas várias idades. Em cada estaca deve constar a data de sua moldagem.

E6 Emendas

As estacas pré-moldadas de concreto podem ser emendadas, desde que resistam a todas as solicitações que nelas ocorram durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca. As emendas devem ser através de anéis soldados ou outros dispositivos que permitam a transferência dos esforços de compressão, tração (mesmo durante a cravação) e flexão. Deve-se, ainda, garantir a axialidade dos elementos emendados.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O uso de luva de encaixe somente será aceito se forem obedecidas as seguintes restrições: seja feita uma única emenda por estaca, não haja tração ou flexão tanto na cravação quanto na utilização da estaca, as luvas de encaixe não possuam geometria diferente da geometria dos segmentos de estacas que são unidos e as folgas existentes entre a luva e os segmentos de estacas nunca sejam superiores a 10 mm. As luvas de encaixe devem, também, obedecer às seguintes características: a altura total da luva deve ser de ($2 \times Ø_{est}$) e no mínimo 50 cm, a espessura da chapa deve ser maior que $Ø_{est}$ /60 e no mínimo 5 mm, e desde que seja respeitada a espessura de compensação de corrosão da Tabela 5, onde $Ø_{est}$ corresponde ao diâmetro do círculo circunscrito à seção transversal das estacas.

O topo do elemento inferior, quando danificado, deve ser recomposto e a cravação só pode ser retomada após o tempo necessário à cura da recomposição.

E7 Comprimento mínimo para aproveitamento

É permitido o aproveitamento das sobras de estacas resultantes da diferença entre a estaca efetivamente levantada e a estaca arrasada, desde que se atenda simultaneamente a:

a) corte do elemento aproveitado seja feito de modo a manter a ortogonalidade da seção em relação ao seu eixo longitudinal;

b) se tenha um comprimento mínimo de 2,0 m;

c) seja utilizado apenas um segmento de sobra por estaca;

d) a sobra seja sempre o primeiro elemento a ser cravado.

E8 Nega, repique e diagrama de cravação

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas. Exceções devem ser justificadas. Deve-se elaborar o diagrama de cravação em 100 % das estacas.

Há terrenos que têm comportamento de relaxação e outros de cicatrização. Para sua identificação é recomendada a determinação de nega descansada (alguns dias após o término da cravação). A relaxação ou cicatrização variam de poucas horas para os solos não coesivos a até alguns dias para os solos argilosos. Quando a nova nega for superior à obtida no final da cravação, as estacas devem ser recravadas.

Quando a nova nega for inferior à obtida ao final da cravação, deve-se limitar o número de golpes para não causar danos à estaca. Neste caso a nega originalmente especificada deve ser reavaliada.

E9 Preparo de cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por transpasse ou transpasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

E.10 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) tipo do equipamento com características básicas, inclusive peso do martelo;

c) identificação da estaca: nome ou número conforme projeto de fundação;

d) identificação da seção da estaca, incluindo fabricante;

e) data da cravação (ou recravação);

f) horário de início e término de cravação;

g) cota do terreno na posição da estaca;

h) comprimento cravado da estaca (medida a partir da cota do terreno);

i) composição dos elementos utilizados (em ordem e da ponta para o topo);

j) diagrama de cravação da estaca, de metro em metro ou conforme especificação de projeto. Indicar a altura de queda do martelo ou similar no caso de outros tipos de equipamento;

k) negas e repiques de final de cravação ou de recravação com indicação explícita da altura de queda utilizada, ou similar no caso de outros tipos de equipamento;

l) observações relevantes: eventual pré furo (tipo, diâmetro e profundidade), eventual suplemento (características e comprimento cravado com uso da peça), eventual efeito da cravação em estacas e estruturas próximas (levantamento, trincas), eventual desaprumo, desvio ou torção na cravação;

m) nome e assinatura do executor;

n) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo F
(normativo)

Estacas metálicas ou de aço – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

F.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

F.2 Características gerais

Elemento estrutural produzido industrialmente, podendo ser constituído por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos (com ou sem costura) e trilhos.

F.3 Equipamento

A cravação de estacas pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda, é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

A folga do martelo e do capacete deve ser inferior a 3 cm em relação às guias do equipamento. O formato do capacete deve ser adequado à seção da estaca e possuir superfície de contato plana, com encaixes com folga inferior a 2 cm, sendo periodicamente verificadas e corrigidas eventuais irregularidades. Suas dimensões externas devem ser compatíveis com as do martelo, de forma que a carga transmitida seja centrada.

Quando a cravação for executada com martelo de queda livre, devem ser observadas as seguintes condições:

a) peso do martelo igual ou superior a 10 kN;

b) peso do martelo igual ou superior a 30 kN para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN e 1,3 MN;

c) para estacas cuja carga de trabalho seja superior a 1,3 MN, a escolha do sistema de cravação deve ser previamente analisada.

No uso de martelos automáticos ou vibratórios, deve-se seguir as recomendações dos fabricantes.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

F.4 Cravação

Em casos correntes é vedada a utilização de elemento suplementar, denominado “prolonga” ou “suplemento”. Somente é admitido seu uso em situações excepcionais, com comprimento total limitado a 2,50 m e com as necessárias alterações de nega e repique.

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações. Neste caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado pelo projetista das fundações. De qualquer maneira a cravação final deve ser feita sem influência deste recurso.

Caso sejam feitas medições, as tensões durante a cravação devem ser limitadas a 90 % do limite de escoamento do aço. Devem também ser observadas as recomendações descritas em 8.5.

F.5 Requisitos para aceitação

O projeto deve especificar o tipo de aço.

As tolerâncias dimensionais e os requisitos para aceitação de estacas em perfis metálicos estão descritos a seguir:

a) massa linear e comprimento (mm): a massa linear dos perfis podem variar de +3 a -2,5 % e o comprimento de 0 a + 100mm;

b) com relação as dimensões: a tolerância da altura varia de +8 a -5 mm e a largura da mesa (bf) de +6 a –5 mm;

c) a flecha máxima é de 0,2 % de comprimento de qualquer elemento;

d) centralização de alma com tolerância de 5 mm, conforme equação e Figura F.1:

$$E = \frac{b_{11} - b_{12}}{2}$$

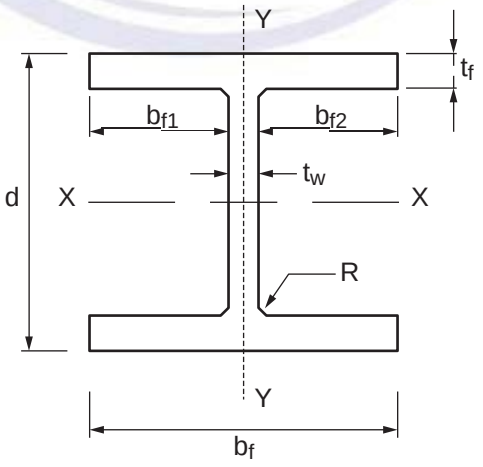


Figura F.1 – Perfil metálico

e) soldabilidade: os materiais devem ser soldáveis a fim de evitar problemas decorrentes das operações de solda comumente realizadas em elementos de fundações.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

F.6 Emendas e soldas

Procedimentos para as emendas devem ser detalhados em projeto.

Nas emendas com solda, o eletrodo a ser utilizado deve ser especificado em projeto, sendo compatível com o material da estaca, e de classe não inferior ao tipo AWS E 7018 para os aços ASTM A36, A572 e aços-carbono comuns. Quando a composição química do aço exigir eletrodos e procedimentos de soldagem especiais, estes devem ser especificados em projeto e aprovados por profissional habilitado.

O topo do elemento inferior, quando danificado, deve ser cortado até o nível em que sua seção não apresente sinais de dano. Atenção especial deve ser dada à linearidade entre os segmentos unidos.

F.7 Comprimento mínimo para utilização

Na cravação por percussão ou vibração, deve-se assegurar a ortogonalidade da seção em relação ao eixo longitudinal. Os segmentos utilizados devem ter um comprimento mínimo de 2,0 m. Isto não se aplica às estacas cravadas estaticamente.

F.8 Controle para verificação e avaliação dos serviços

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas. Exceções devem ser justificadas. Deve-se elaborar o diagrama de cravação em 100 % das estacas.

Há terrenos que têm comportamento de relaxação e outros de cicatrização. Para sua identificação é recomendada a determinação de nega descansada (alguns dias após o término da cravação). A relaxação ou cicatrização variam de poucas horas para os solos não coesivos a até alguns dias para os solos argilosos. Quando a nova nega for superior à obtida no final da cravação, as estacas devem ser recravadas.

Quando a nova nega for inferior à obtida ao final da cravação, deve-se limitar o número de golpes para não causar danos à estaca. Neste caso a nega originalmente especificada deve ser reavaliada.

F.9 Preparo de cabeças e ligação com o bloco de coroamento

Deve ser cortado o trecho danificado durante a cravação ou excesso em relação à cota de arrasamento, recompondo-se, quando necessário, o trecho de estaca até esta cota, ou adaptando-se o bloco.

O sistema de transferência dos esforços (de compressão, horizontais, de tração e momentos) do bloco de coroamento para as estacas metálicas pode ser estudado e detalhado juntamente com o projetista da estrutura.

F.10 Registro da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) tipo do equipamento com características básicas, inclusive peso do martelo;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

c) identificação da estaca: nome ou número conforme projeto de fundação;

d) identificação da seção da estaca, incluindo fabricante;

e) data da cravação (ou recravação);

f) horário de início e término de cravação;

g) cota do terreno na posição da estaca;

h) comprimento cravado da estaca (medida a partir da cota do terreno);

i) composição dos elementos utilizados (em ordem e da ponta para o topo);

j) diagrama de cravação da estaca, de metro em metro ou conforme especificação de projeto. Indicar a altura de queda do martelo ou similar no caso de outros tipos de equipamento;

k) negas e repiques de final de cravação ou de recravação com indicação explícita da altura de queda utilizada, ou similar no caso de outros tipos de equipamento;

l) observações relevantes: eventual pré furo (tipo, diâmetro e profundidade), eventual suplemento (características e comprimento cravado com uso da peça), eventual efeito da cravação em estacas e estruturas próximas (levantamento, trincas), eventual desaprumo, desvio ou torção na cravação;

m) nome e assinatura do executor;

n) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo G
(normativo)

Estacas Strauss – Procedimentos executivos

G.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

G.2 Características gerais

A estaca Strauss é uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada através da escavação, mediante emprego de uma sonda (também denominada piteira), com a simultânea introdução de revestimento metálico, com guincho mecânico, em segmentos rosqueados, até que se atinja a profundidade projetada.

A concretagem é realizada lançando-se o concreto e retirando-se gradativamente o revestimento com o guincho manual e simultâneo apiloamento do concreto.

O revestimento integral assegura a estabilidade da perfuração e garante as condições para que não ocorra a mistura do concreto com o solo ou o estrangulamento do fuste da estaca.

Este tipo de estaca não pode ser utilizado em areias submersas ou em argilas muito moles saturadas.

A ponta da estaca deve estar em material de baixa permeabilidade para permitir as condições necessárias para limpeza e concretagem.

G.3 Perfuração

O equipamento deve ser posicionado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca.

A execução é iniciada através da aplicação de repetidos golpes com o pilão ou a piteira para formar um pré-furo com profundidade de 1,0 m a 2,0 m, dentro do qual é colocado um segmento curto de revestimento com coroa na ponta. A seguir prossegue-se a perfuração com repetidos golpes da sonda e eventual adição de água que vai removendo o solo. Na medida em que o furo é formado, os tubos de revestimento vão sendo introduzidos até que a profundidade prevista seja atingida. Concluída a perfuração, é lançada água no interior dos tubos para sua limpeza. A água e a lama são totalmente removidas pela piteira e o soquete é lavado.

Devem ser feitas tantas manobras quanto necessárias para que os tubos desçam livremente.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

G.4 Concretagem

O concreto é lançado através de funil no interior do revestimento, em quantidade suficiente para se ter uma coluna de aproximadamente 1,0 m, que deve ser apiloado para formar a ponta da estaca. Continuando-se a execução da estaca, o concreto é lançado e apiloado com a simultânea retirada do revestimento.

A retirada do revestimento deve ser feita com guincho manual de forma lenta, para evitar a subida da armadura, quando existente, e a formação de vazios, garantindo-se que o concreto esteja acima da ponta do revestimento. A concretagem deve ser feita até a superfície do terreno.

G.5 Colocação da armadura

No caso das estacas não sujeitas a tração ou a flexão, a armadura é apenas de arranque sem função estrutural (conforme Tabela 4) e as barras de aço podem ser posicionadas no concreto, uma a uma, sem estribos, imediatamente após a concretagem, deixando-se para fora a espera prevista em projeto.

Para estacas armadas, a gaiola de armadura deve ser introduzida no revestimento antes da concretagem. Neste caso o soquete deve ter diâmetro menor que o da armadura.

Nas estacas dimensionadas para suportar tração ou flexão, o projeto da armadura deve obedecer aos seguintes critérios:

a) o diâmetro mínimo para execução de estacas armadas é de 32 cm;

b) os estribos podem ser individuais ou em espiral com passo entre 15 cm e 30 cm.

G.6 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

G.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

G.8 Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento igual ou superior a 300 kg/m^3;

b) abatimento ou *slump test* conforme ABNT NBR NM 67 entre 8 cm e 12 cm para estacas não armadas e de 12 cm a 14 cm para estacas armadas;

c) agregado: diâmetro entre 12,5 mm e 25 mm;

d) f_{ck} ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

G.9 Controle do concreto

G.9.1 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

G.10 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor e contratante;

b) características do equipamento;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) data de execução da estaca;

e) comprimentos escavado e útil;

f) consumo de materiais por estaca;

g) cotas do terreno e cota de arrasamento;

h) especificação dos materiais e insumos utilizados;

i) observações relevantes;

j) nome e assinatura do executor;

k) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo H
(normativo)

Estacas Franki – Procedimentos executivos

H.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

H.2 Características gerais

As estacas Franki são executadas através da cravação de um tubo por meio de sucessivos golpes de um pilão em uma bucha seca de pedra e areia aderida ao tubo.

Atingida a cota de apoio, procede-se à expulsão da bucha, execução de base alargada, instalação da armadura e execução do fuste de concreto apiloado com a simultânea retirada do revestimento.

A execução da estaca pode apresentar alternativas executivas em relação aos procedimentos da estaca padrão como, por exemplo: perfuração interna (denominada “cravação à tração”), fuste pré-moldado, fuste encamisado com tubo metálico perdido, fuste executado com concreto plástico vibrado ou sem execução de base alargada.

H.3 Cravação do tubo

A cravação do tubo é executada por meio de golpes do pilão na bucha seca que adere ao tubo por atrito até a obtenção da nega.

As negas de cravação do tubo devem ser obtidas de duas maneiras em todas as estacas:

a) para dez golpes de 1,0 m de altura de queda do pilão;

b) para um golpe de 5,0 m de altura de queda do pilão.

Os pilões devem ter pesos e diâmetros mínimos conforme indicados na Tabela H.1.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Tabela H.1 – Peso e diâmetro dos pilões

Diâmetro da estaca m	Peso kN	Diâmetro m
0,30	10	0,18
0,35	15	0,18
0,40	20	0,25
0,45	25	0,28
0,52	28	0,31
0,60	30	0,38
0,70	34	0,43

H.4 Execução da base alargada

Atingida a cota de projeto e obtida a nega especificada, expulsa-se a bucha através de golpes do pilão com o tubo preso à torre. A seguir introduz-se um volume de concreto seco (fator água/cimento = 0,18), formando assim a base.

Na confecção da base é necessário que os últimos 0,15 m^3 sejam introduzidos com uma energia mínima de 2,5 MN × m para as estacas com diâmetro igual ou inferior a 450 mm e de 5,0 MN × m para estacas com diâmetro de 450 mm até 600 mm. Para as estacas com diâmetro de 700 mm, os últimos 0,25 m^3 devem ser introduzidos com uma energia mínima de 9,0 MN × m. Em caso de volume diferente, a energia deve ser proporcional ao volume.

A energia é obtida pelo produto do peso do pilão pela altura de queda e pelo número de golpes, controlando-se o volume injetado pela marca do cabo do pilão em relação ao topo do tubo.

H.5 Colocação da armadura

Ao final da execução da base, coloca-se a armadura que deve ser nela ancorada.

A armadura é integral, pois faz parte do processo executivo da estaca e também é fundamental para permitir o controle executivo. É constituída de no mínimo quatro barras de aço CA-50 de acordo com a Tabela 4. A extremidade inferior da ferragem é feita com aço CA-25 (em forma de cruzeta) soldado à armadura principal.

H.6 Concretagem do fuste

A concretagem do fuste é feita lançando-se sucessivas camadas de pequeno volume de concreto seco (fator água/cimento = 0,36) com apiloamento e simultânea retirada do tubo. No caso de fuste vibrado, o fator a/c deve ser adequado a essa metodologia executiva.

Nesta operação deve-se garantir uma altura mínima de concreto dentro do tubo.

A concretagem deve ser feita até pelo menos 30 cm acima da cota de arrasamento.

Deve ser controlado o encurtamento da armadura durante a execução do fuste.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

H.7 Sequência executiva

No caso de execução de uma estaca tipo Franki, é necessário que todas as demais estacas situadas em um círculo igual a cinco vezes o diâmetro da estaca estejam cravadas e concretadas há pelo menos 12 h.

Quando se deseja eliminar o risco de levantamento das estacas vizinhas ou minimizar os efeitos de vibração, deve-se empregar metodologia executiva apropriada, como pré-furo, “cravação a tração” ou furo de alívio.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d’água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

H.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

H.9 Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento igual ou superior a 350 kg/m^3;

b) $f_{ck} \geq 20$ MPa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

H.10 Controle do concreto

O concreto da primeira estaca e em no mínimo uma a cada cinco das demais deve ser ensaiado nas idades de sete dias e 28 dias.

O método de moldagem do corpo de prova deve ser modificado para levar em conta as condições executivas das estacas que preveem concreto seco apiloado por uma grande energia de compactação. A moldagem do corpo de prova deve ser feita em um molde de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura e a haste de apiloamento deve ter peso de 50 N e diâmetro de 5 cm. Cada camada de concreto deve ser apiloada no interior do molde com 50 pancadas da haste e altura de queda de 45 cm.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O soquete a ser utilizado é o mesmo do ensaio de compactação de solo Proctor modificado e o corpo de prova deve ser moldado em cinco camadas.

Os demais procedimentos de preparo do corpo de prova são aqueles da ABNT NBR 5738.

H.11 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características do equipamento;

c) data da execução;

d) comprimento do tubo e peso do pilão;

e) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

f) data da cravação e/ou recravação, quando houver;

g) características do pré-furo ou furo de alívio, quando houver;

h) comprimento cravado e útil da estaca;

i) nega para 10 golpes com altura de queda de 1,0 m;

j) nega para 1 golpe com altura de queda de 5,0 m;

k) registro do volume e energia da base;

l) volume de concreto para ancoragem da armação na base;

m) levantamento da estaca e encurtamento da armadura;

n) diagrama de cravação em pelo menos 10 % das estacas, sendo obrigatoriamente incluídas aquelas mais próximas aos furos de sondagem;

o) especificações dos materiais e insumos utilizados;

p) traço do concreto utilizado;

q) observações relevantes;

r) nome e assinatura do executor;

s) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo I
(normativo)

Estacas escavadas com trado mecânico, sem fluido estabilizante – Procedimentos executivos

I.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

I.2 Características gerais

São estacas moldadas in loco, por meio da concretagem de um furo executado por trado espiral, que são empregadas onde o perfil do subsolo tem características tais que o furo se mantenha estável sem necessidade de revestimento ou de fluido estabilizante. A profundidade é limitada à ausência de água durante todo o processo executivo, da perfuração à concretagem.

I.3 Perfuração

A perfuração é feita com trado curto acoplado a uma haste até a profundidade especificada em projeto, devendo-se confirmar as características do solo através da comparação com a sondagem mais próxima. Quando especificado em projeto, o fundo da perfuração deve ser apiloado com soquete.

I.4 Concretagem

A concretagem deve ser feita no mesmo dia da perfuração, através de um funil que tenha comprimento mínimo de 1,5 m. A finalidade deste funil é orientar o fluxo de concreto.

I.5 Colocação da armadura

No caso das estacas não sujeitas a tração ou a flexão, a armadura é apenas de arranque sem função estrutural (ver Tabela 4) e as barras de aço podem ser posicionadas no concreto, uma a uma, sem estribos, imediatamente após a concretagem, deixando-se para fora a espera (arranque) prevista em projeto.

No caso de estacas submetidas a esforços de tração, horizontais ou momentos, a armadura projetada deve ser colocada no furo antes da concretagem.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

I.6 Sequência executiva

Não se deve executar estacas com espaçamento inferior a três diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

I.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

I.8 Concreto

I.8.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto a classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

I.8.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C25, consumo mínimo de cimento de 280 kg/m^3 e fator $a/c \leq 0,6$;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 360 kg/m^3 e fator $a/c \leq 0,45$.

I.9 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

I.9.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

I.9.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

I.9.3 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) data da execução;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) comprimento de perfuração;

e) comprimento concretado;

f) desvio de locação (se houver);

g) consumo médio de concreto por estaca, com base no volume de concreto do caminhão betoneira;

h) características da perfuratriz;

i) horário de início e fim da perfuração;

j) horário de início e fim da concretagem;

k) posicionamento da armação;

l) observações relevantes;

m) nome e assinatura do executor;

n) nome e assinatura da fiscalização e contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo J
(normativo)

Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

J.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

J.2 Características gerais

São estacas escavadas com uso de fluido estabilizante, que pode ser lama bentonítica para perfuração ou polímeros sintéticos, naturais ou naturais modificados para sustentação das paredes da escavação. A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente para fora do furo.

As estacas podem ter seções circulares (também denominadas estacões), retangulares (também denominadas barretes) ou seções compostas.

J.3 Escavação

Antes de iniciar a escavação da estaca e com o objetivo de guiar a ferramenta de escavação, deve ser cravada uma camisa metálica ou executada uma mureta-guia. Estas guias devem ser cerca de 5 cm maiores que a estaca projetada e devem ser embutidas no terreno com um comprimento não inferior a 1,0 m.

A escavação da estaca é feita simultaneamente ao lançamento do fluido, cuidando-se para que o seu nível esteja sempre no mínimo 2,0 m acima do lençol freático.

A perfuração deve ser contínua até a sua conclusão. Caso não seja possível, o efeito da interrupção deve ser analisado, devendo ser adotadas medidas que garantam a carga de projeto, como, por exemplo, o seu aprofundamento. A verificação da cota de ponta da estaca deve ser feita por meio de um cabo de medida graduado.

A verificação das características da lama deve ser realizada por meio de ensaios (peso específico, viscosidade, pH e teor de areia), cujo material é retirado do fundo da escavação através de um coletor de amostras. Posteriormente, posiciona-se a armação de projeto e o tubo tremonha.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

J.3.1 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em solo sem consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 (R_p + R_ℓ)/2 com R_p = 0)

Deve-se utilizar caçamba com *flap* ou com fundo duplo rotativo a fim de extrair material solto ou lama com percentual de areia superior à especificação aos limites estabelecidos em nesta Norma.

No caso da lama bentonítica, em função da porcentagem de areia em suspensão, faz-se a desarenação (1 ciclone – vazão mínima de 80 m³/h para altura manométrica de 30 mca) da lama ou sua troca para garantir suas características e qualidade durante toda a concretagem.

No caso do polímero, como a areia está em suspensão na lama, existem dois procedimentos:

a) adicionar material floculante à lama para que a areia decante e seja depositada no fundo da escavação para posterior remoção por meio de caçamba com *flap* ou com fundo duplo rotativo;

b) utilizar polímero que a areia não decante, permanecendo em suspensão até o final do processo de concretagem.

J.3.2 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em solo e consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 (R_p + R_ℓ)/2 com $R_p \leq R_\ell$)

Deve-se utilizar caçamba com *flap* ou com fundo duplo rotativo a fim de extrair material solto ou lama com percentual de areia superior à especificação aos limites estabelecidos em nesta Norma.

No caso da lama bentonítica, a desarenação da lama deve ser feita com o seu lançamento em um reciclador (1 ou 2 ciclones – vazão mínima de 120 m^3/h do conjunto para altura manométrica de 30 mca). A bomba remove todo o material do fundo da estaca, pelo interior do tubo tremonha, encaminhando-o junto com a lama para o reciclador, o qual remove todo o material suspenso. Dentro do reciclador, a lama passa por duas peneiras (primeira de 5 mm e segunda de 0,4 mm). Após esse processo, retorna à escavação com características dentro dos limites estabelecidos nesta Norma. Outra possibilidade é a troca da lama bentonítica.

Utilizando-se polímero, como a areia está em suspensão na lama, deve-se trabalhar com polímero que não permita que a areia decante, permanecendo em suspensão até o final do processo de concretagem. Ao final do processo, efetuar a troca da lama.

J.3.3 Procedimento de limpeza para estacas escavadas com ponta em rocha e consideração de carga na ponta (ver 8.2.1.2 (R_p + R_ℓ)/2 sem limitação de R_p)

Para os casos de ponta em rocha, a remoção do material da ponta das estacas pode ser executada com ponta helicoidal dotada de bits de tungstênio e/ou vídia, desde que a ferramenta permita a remoção completa do material.

Utilizando-se lama bentonítica, a desarenação da lama deve ser feita com o seu lançamento em um reciclador (1 ou 2 ciclones – vazão mínima de 120 m^3/h do conjunto para altura manométrica de 30 mca) ou por sistema de injeção de ar comprimido ao fundo da escavação (*air lift*) com pressão 1,3 vezes a coluna de lama. O equipamento remove todo o material do fundo da estaca, encaminhando-o junto com a lama para o reciclador, o qual exclui todo o material suspenso. Dentro do reciclador, a lama passa por duas peneiras (primeira de 5 mm e segunda de 0,4 mm). Após esse processo, retorna à escavação com características dentro dos limites estabelecidos em nessa Norma. Outra possibilidade é a troca da lama.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

No caso do polímero, como a areia está em suspensão na lama, existem dois procedimentos:

a) adicionar material floculante à lama para que a areia decante e seja depositada no fundo da escavação para posterior remoção por meio de caçamba com *flap* ou com fundo duplo rotativo;

b) utilizar polímero que a areia não decante, permanecendo em suspensão até o final do processo de concretagem.

J.4 Colocação da armadura

Antes do início da concretagem, e estando o fluido dentro das especificações indicadas nas Tabelas J.1 e J.2, é feita a colocação da armadura de projeto. A armadura deve ser colocada com espaçadores para assegurar o cobrimento de projeto e sua centralização.

J.5 Concretagem

A técnica de concretagem é submersa e contínua. Utiliza-se tubo tremonha e a concretagem é executada imediatamente após as operações anteriores, devendo ser feita até no mínimo 50 cm acima da cota de arrasamento.

J.6 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

J.7 Controle do processo executivo

J.7.1 Controles executivos

Durante a execução de uma estaca escavada com uso de fluido estabilizante devem ser controlados:

a) a ferramenta de escavação (caçamba ou *clamshell*) quanto a folgas e dimensões para evitar quaisquer desvios executivos durante a escavação;

b) o nivelamento e o prumo do equipamento de escavação;

c) o nível do fluido em relação ao nível do lençol freático;

d) as características do fluido antes da concretagem;

e) as características do concreto.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

J.7.2 Características do fluido estabilizante

Para estabilização da escavação, pode-se utilizar lama bentonítica ou fluido polimérico com função de densidade, viscosidade e reboco (*cake*).

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O fluido estabilizante é uma mistura formada pela adição de bentonita de perfuração (padrão API 13A) ou aditivos poliméricos, misturados em água com baixo teor de dureza e pH neutro em equipamentos de alta turbulência, utilizando concentrações variáveis em função da necessidade da viscosidade, densidade e reboco (*cake*) que se pretende obter.

J.7.2.1 Recomendação do fluido estabilizante

A bentonita possui três propriedades físico-químicas para estabilização das paredes e limpeza da estaca: densidade, viscosidade e reboco (*cake*).

A lama bentonítica, depois de misturada, deve ficar em repouso por 12 h para sua plena hidratação e deve possuir as características indicadas na Tabela J.1

Ao contrário da bentonita, cada polímero tem uma função específica, portanto a indicação do fluido polimérico deve observar o tipo de solo escavado. O fluido deve conter um ou mais polímeros para densidade, viscosidade e reboco (*cake*), em proporções e tipos (por exemplo: PHPA – poliacrilamida-, Goma Xantana, PAC – celulose polianiônica-, CMC – carboximetilcelulose-) que dependerão do tipo de solo perfurado e deve possuir as características indicadas na Tabela J.2.

J.7.2.2 Qualidade da água de preparo

Para a mistura do fluido estabilizante, a água de preparação deve ter as seguintes características recomendadas:

a) o pH deve estar entre 7 a 11 e pode ser medido *in situ* com fitas medidoras ou portáteis;

b) a dureza da água (excesso Ca+/Mg+) entre 0 – 120 ppm. Caso contrário, a água deve receber tratamento com barrilha leve (carbonato de sódio) antes de iniciar a confecção do fluido.

Tabela J.1 – Lama bentonítica para perfuração

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,025 g/cm^3 a 1,10 g/cm^3	Densímetro
Viscosidade	30 s/qt a 90 s/qt	Funil Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3 %	Baroid sand content ou similar

Tabela J.2 – Polímeros para perfuração

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,005 g/cm^3 a 1,10 g/cm^3	Densímetro
Viscosidade	35 s/qt a 120 s/qt	Funil Marsh
pH	9 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	Até 4,5 %	Baroid sand content ou similar

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

J.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

J.9 Concreto

J.9.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

J.9.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

J.10 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

Antes do início da obra deve ser fornecida a carta de traço conforme a ABNT NBR 7212. A carta de traço deve apresentar a quantidade em massa de cada componente do concreto e informar o limite máximo de exsudação (ver ABNT NBR 15558), a classe de abatimento e de resistência e o abatimento (ver ABNT NBR 8953) e a avaliação da reatividade potencial (ver ABNT NBR 15577-1).

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

J.10.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

J.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908, ABNTNBR 11768.

J.11 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características do equipamento;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) comprimento real da estaca abaixo da cota de arrasamento;

e) cota da parede guia ou camisa, cota do fundo e de arrasamento;

f) controle de posicionamento da armadura durante a concretagem;

g) desaprumo e desvio de locação;

h) especificação dos materiais e insumos utilizados;

i) consumo de materiais por estaca e comparação trecho a trecho do consumo real em relação ao teórico;

j) anotação dos horários de início e fim de cada etapa da escavação;

k) anotação dos horários de início e fim de cada etapa de concretagem;

l) resultados dos ensaios do fluido;

m) observações relevantes;

n) nome e assinatura do executor;

o) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo K
(normativo)

Estacas raiz – Procedimentos executivos

K.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

K.2 Características gerais

A estaca raiz é uma estaca moldada *in loco*, em que a perfuração é revestida integralmente, em solo, por meio de segmentos de tubos metálicos (revestimento) de 1,0 m a 1,5 m, que vão sendo rosqueados à medida que a perfuração é executada. O revestimento é recuperado.

A estaca raiz é armada em todo o seu comprimento e a perfuração é preenchida por uma argamassa de cimento e areia.

K.3 Perfuração

K.3.1 Em solo

A perfuração do solo é executada por meio da rotação imposta por uma perfuratriz rotativa ou rotopercussiva ao revestimento, que desce com o uso de circulação direta de água injetada com pressão pelo seu interior. Pode-se adicionar polímero, sendo vetado o uso de lama bentonítica.

A água usada na perfuração deve ser limpa, podendo ser utilizada água de reuso, inclusive água reciclada proveniente da perfuração, desde que obedeça aos seguintes parâmetros:

a) pH da água entre 7 e 11 – aparelho: medidor de pH;

b) densidade menor que 1,05 g/cm^3 – aparelho: densímetro;

c) teor de areia menor que 3 % – aparelho: *baroid sand content* ou similar.

Para estacas de diâmetro acabado iguais ou inferiores a 250 mm a bomba deve ter em sua curva características mínimas de vazão de 15 m^3/h a pressão de 120 mca. Para diâmetros acabados iguais ou superiores a 310 mm a bomba tenha em sua curva características mínimas de vazão de 25 m^3/h a pressão de 150 mca.

Quando ocorrerem solos muito duros ou muito compactos, pode-se executar pré-perfuração avançada por dentro do revestimento.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Diâmetro nominal é o diâmetro acabado que serve como designação para projeto de fundação. Os diâmetros externos, em milímetros, dos tubos de revestimento utilizados na perfuração para obtenção dos diâmetros nominais constam na Tabela K.1.

Tabela K.1 – Diâmetros nominais e diâmetros dos revestimentos

Diâmetro nominal da estaca	mm	150	160	200	250	310	400	450
Diâmetro mínimo externo do tubo de revestimento	mm	127	141	168	220	273	355	406

K.3.2 Em solos com matacões ou embutimento em rocha

Deve-se repetir os procedimentos constantes em K.3.1 até que se atinja matacão ou topo rochoso.

A seguir a perfuração é prosseguida por dentro do revestimento mediante emprego de equipamento adequado para perfuração de rocha. Esta operação, necessária para atravessar o matacão ou embutir a estaca na rocha, causa, usualmente, uma diminuição do diâmetro da estaca que deve ser considerada no dimensionamento.

K.4 Limpeza e colocação da armadura

Após o término da perfuração e antes do início do lançamento da argamassa, limpa-se internamente o furo através da utilização da composição de lavagem e posteriormente procede-se à descida da armadura, que pode ser montada em feixe ou em gaiola, que é apoiada no fundo do furo.

K.5 Injeção de preenchimento

O furo é preenchido com argamassa mediante bomba de injeção, através de um tubo posicionado na ponta da estaca. O preenchimento é feito de baixo para cima até a expulsão de toda a água de circulação contida no interior do revestimento.

K.6 Retirada do revestimento

Após o preenchimento do furo, inicia-se a extração do revestimento.

A cada trecho de no máximo 1,5 m de tubo de revestimento retirado, o nível de argamassa deve ser verificado e completado.

Para estacas de diâmetros menores ou iguais a 200 mm, periodicamente, coloca-se a cabeça de injeção no topo do revestimento e aplica-se pressão que pode ser de ar comprimido ou através da bomba de injeção de argamassa. Após a aplicação da pressão e retirada dos tubos de revestimento, o nível da argamassa é completado.

K.7 Sequência executiva

Não pode se executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

K.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de argamassa seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja argamassa inadequada abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à da argamassa da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

K.9 Argamassa

A argamassa a ser utilizada deve ter $f_{ck} \geq 20$ MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento igual ou superior a 600 kg/m^3;

b) fator água/cimento entre 0,5 e 0,6;

c) agregado: areia.

K.10 Controle da argamassa

A argamassa utilizada para a moldagem de corpos de prova deve ser coletada a partir da mangueira de injeção de argamassa, na boca da estaca em execução. Não se recomenda a retirada de argamassa de misturadores, nem argamassas de início de injeção da mangueira de injeção, nem argamassas retiradas do transbordamento de injeção de uma estaca, sob pena de se obter resultados de resistência não representativos da argamassa utilizada.

Retirar quatro corpos de prova a cada cinco estacas, sendo ensaiados à compressão simples aos 7 e 28 dias.

K.10.1 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme 7.3 Moldagem dos corpos de prova da ABNT NBR 5738, considerando-se para fins de adensamento a maior classe de consistência. Os ensaios de compressão dos corpos de prova devem ser realizados conforme a ABNT NBR 5739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908 e ABNT NBR 11768.

É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a ABNT NBR 7211.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

K.11 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características dos equipamentos de perfuração e injeção;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) data e horário de início e fim da execução da estaca;

e) data e horário de início e fim da injeção da argamassa;

f) diâmetro do revestimento e nominal da estaca executada;

g) cota do terreno na posição da estaca;

h) comprimento executado da estaca;

i) comprimento injetado da estaca;

j) desaprumo e desvio de locação (se houver);

k) consumo de materiais (armadura e argamassa) por estaca;

l) pressão aplicada sobre a argamassa;

m) observações relevantes;

n) nome e assinatura do executor;

o) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo L
(normativo)

Estacas trado vazado segmentado – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

L.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

L.2 Características gerais

A estaca trado vazado segmentado é uma estaca moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de segmentos de tubos metálicos rosqueáveis, recuperáveis, dotados de hélice dupla nas laterais com comprimento de 1,0 m a 1,5 m e injeção de argamassa pela própria haste central do trado simultaneamente à sua retirada.

L.3 Perfuração

A introdução do trado se dá de forma contínua, por rotação. O trado é dotado de uma tampa na sua extremidade inferior para evitar a entrada de solo ou água na haste tubular central.

L.4 Colocação da armadura

Após o término da perfuração, atingida a cota de apoio e antes do início do lançamento da argamassa, procede-se à descida da armadura no interior da haste central do trado. A armadura pode ser montada em feixe ou em gaiola.

L.5 Injeção de preenchimento

Após a colocação da armadura é introduzido pelo interior da tubulação um de tubo de PVC, de material virgem não reciclado ou metálico, que segue até o final da perfuração, iniciando-se o preenchimento de argamassa de baixo para cima até completar todo o fuste da estaca.

Uma vez que todo o fuste da estaca esteja completo, o conjunto de tubos é levantado cerca de 15 cm e com o auxílio de haste metálica se procede a abertura da tampa da tubulação.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

L.6 Retirada do trado

Após o preenchimento integral da haste central, inicia-se a extração do primeiro segmento do trado com o emprego de perfuratriz, aplicando-se pressão de 100 kPa a partir do segundo tubo e a cada dois tubos, complementando-se o volume de argamassa por gravidade, sempre que houver necessidade, repetindo-se a operação até a retirada completa da tubulação.

L.7 Sequência executiva das estacas

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

L.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de argamassa seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja argamassa inadequada abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à da argamassa da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

L.9 Argamassa

A argamassa a ser utilizada deve ter $f_{ck} \geq 20$ MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento não inferior a 600 kg/m^3;

b) fator água/cimento entre 0,5 e 0,6;

c) agregado: areia.

L.10 Controle da argamassa e aceitação

L.10.1 Controle de argamassa

A argamassa utilizada para a moldagem de corpos de prova deve ser coletada a partir da mangueira de injeção de argamassa, na boca da estaca em execução. Não se recomenda a retirada de argamassa

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

de misturadores, nem argamassas de início de injeção da mangueira de injeção, nem argamassas retiradas do transbordamento de injeção de uma estaca, sob pena de se obter resultados de resistência não representativos da argamassa utilizada.

Retirar quatro corpos de prova a cada cinco estacas, sendo ensaiados à compressão simples aos 7 e 28 dias.

L.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme 7.3 Moldagem dos corpos de prova da ABNT NBR 5738, considerando-se para fins de adensamento a maior classe de consistência. Os ensaios de compressão dos corpos de prova devem ser realizados conforme a ABNT NBR 5739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908 e ABNT NBR 11768.

É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a ABNT NBR 7211.

L.11 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características dos equipamentos de perfuração e injeção;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) data e horário de início e fim da execução da estaca;

e) data e horário de início e fim da injeção da argamassa;

f) diâmetro do revestimento e nominal da estaca executada;

g) cota do terreno na posição da estaca;

h) comprimento executado da estaca;

i) comprimento injetado da estaca;

j) desaprumo e desvio de locação (se houver);

k) consumo de materiais (armadura e argamassa) por estaca;

l) pressão aplicada sobre a argamassa;

m) observações relevantes;

n) nome e assinatura do executor;

o) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo M
(normativo)

Microestacas ou estacas injetadas – Procedimentos executivos

M.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

M.2 Características gerais

A microestaca é uma estaca moldada *in loco*, executada através de perfuração rotativa com tubos metálicos (revestimento) ou rotopercussiva por dentro dos tubos, no caso de matacão ou rocha. Esta estaca é armada e injetada com calda de cimento ou argamassa, através de tubo “manchete”, visando aumentar a resistência do atrito lateral.

Este tipo de estaca comporta duas variantes com relação à armadura: na primeira delas introduz-se um tubo metálico com função estrutural, dotado de manchetes para a injeção e na segunda, a armadura é constituída de barras (ou gaiola) e a injeção é feita através de um tubo de PVC, de matéria prima virgem não reciclado, também dotado de manchetes.

M.3 Perfuração

M.3.1 Em solo

A perfuração em solo é executada por meio de perfuratriz rotativa que desce o revestimento através de rotação com o uso de circulação direta de água injetada no seu interior.

Quando ocorrerem solos muito duros ou muito compactos, pode-se executar pré-perfuração avançada por dentro do revestimento.

M.3.2 Em solos com matacões ou embutimento em rocha

Deve-se repetir os procedimentos descritos em K.3.1 até que se atinja matacão ou topo rochoso.

A seguir prossegue-se a perfuração por dentro do revestimento com o emprego de martelo de fundo ou sonda rotativa. Esta operação, necessária para atravessar o matacão ou embutir a estaca na rocha causa, usualmente, uma diminuição do diâmetro da estaca que deve ser considerada no dimensionamento.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

M.4 Colocação da armadura

Antes da colocação da armadura, limpa-se internamente o furo através de lavagem. Posteriormente, é descida a armadura constituída de tubo metálico manchetado ou gaiola que é apoiada no fundo do furo. Quando em gaiola, as barras são montadas com um tubo de PVC manchetado. As válvulas manchete devem ser espaçadas no máximo 1,0 m.

M.5 Injeção

A calda de cimento é aplicada por meio de bomba de injeção, através de hastes dotadas de obturadores duplos. A primeira injeção, chamada injeção da bainha ou preenchimento, deve ser feita a partir da extremidade inferior do tubo e deve preencher o espaço anelar entre o tubo e o furo.

O revestimento é retirado após a injeção da bainha.

As injeções posteriores (primária, secundária etc.) são feitas de baixo para cima em cada manchete, verificando-se os volumes, as pressões e critérios de injeção previstos em projeto.

M.6 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

M.7 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W). O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja calda de cimento inadequada abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à da calda de cimento da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

M.8 Calda de cimento

A calda de cimento a ser utilizada deve ter $f_{ck} \geq 20$ MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento não inferior a 600 kg/m^3;

b) fator água/cimento entre 0,5 e 0,6.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

M.9 Controle da calda de cimento

A calda de cimento utilizada para a moldagem de corpos de prova deve ser coletada nos misturadores.

Retirar quatro corpos de prova a cada cinco estacas, sendo ensaiados à compressão simples aos 7 e 28 dias.

A água utilizada na calda deve ter as seguintes características:

a) o pH deve estar entre 7 a 11 e pode ser medido *in situ* com fitas medidoras ou portáteis;

b) a dureza da água (excesso Ca+/Mg+) entre 0 – 120 ppm.

M.9.1 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme 7.3 Moldagem dos corpos de prova da ABNT NBR 5738, considerando-se para fins de adensamento a maior classe de consistência. Os ensaios de compressão dos corpos de prova devem ser realizados conforme a ABNT NBR 5739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908 e ABNT NBR 11768.

M.10 Registros da execução

Deve ser preenchida o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) data da execução com anotação dos horários de início e fim da cada etapa;

c) dentificação ou número da estaca;

d) diâmetro do revestimento e nominal da estaca executada;

e) cota do terreno;

f) comprimento executado;

g) desaprumo e desvio de locação;

h) características dos equipamentos de perfuração e injeção;

i) características da armadura e do tubo a manchete;

j) consumo de materiais (armadura e calda de cimento) por estaca;

k) verificação da integridade de no mínimo uma estaca da obra, por meio da escavação de um trecho do seu fuste;

l) pressão aplicada sobre a calda de cimento;

m) anormalidades de execução;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

n) observações relevantes;

o) nome e assinatura do executor;

p) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo N
(normativo)

Estacas hélice contínua monitorada – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

N.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

N.2 Características gerais

É uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo de diâmetro constante. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca.

A execução da estaca é monitorada conforme descrito em N.11.

N.3 Equipamento

O equipamento deve apresentar características mínimas, estabelecidas pelo projetista e pelo executor, de modo a assegurar que seja atingida a profundidade especificada no projeto, com torque e força de arranque compatíveis com o diâmetro da estaca e com a resistência do solo a ser perfurado. O objetivo primordial dessa especificação consensual de equipamento é minimizar o desconfinamento do solo durante a perfuração, assegurando assim a resistência geotécnica prevista em projeto para a estaca.

N.4 Perfuração

A perfuração se dá pela introdução do trado, de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto, com mínimo desconfinamento do solo.

A perfuratriz deve ser posicionada e nivelada para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve ser verificado para assegurar as premissas de projeto. A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável.

Antes da execução da primeira estaca de cada dia de trabalho (ou sempre que houver necessidade de limpeza da tubulação) deve-se garantir que a tubulação da concretagem, entre o cocho e o trado da hélice contínua, esteja totalmente cheia de concreto. Para tanto, com a tampa metálica da haste interna do trado removida, deve-se expurgar toda a calda de lubrificação que é lançada antes do concreto. Após se constatar que toda essa calda foi expurgada e que a tubulação está cheia de

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

concreto, tampa-se a ponta da haste interna do trado e se inicia a perfuração com a introdução do trado contínuo até se atingir a cota de projeto. Nesta etapa a monitoração eletrônica, que é parte inerente ao processo e indispensável, deve registrar ao menos a profundidade, a velocidade de rotação do trado, a velocidade de avanço e a pressão do torque.

O uso de prolonga de até 6,0 m é aceitável para estaca com comprimento superior a 18,0 m, executada com perfuratriz equipada com trado mínimo de 18,0 m. Com trado inferior a 18,0 m, a prolonga fica limitada a 10 % do comprimento total da estaca.

N.5 Concretagem

Atingida a cota de ponta prevista no projeto e com toda a tubulação cheia de concreto, conforme acima, inicia-se a fase de concretagem da estaca. Nesta operação deve existir perfeita coordenação entre os operadores do equipamento da hélice contínua e do responsável pela bomba do concreto que opera no cocho. O operador do equipamento avisa por sinal sonoro o operador do cocho para que este comece o lançamento do concreto e concomitantemente se inicia o levantamento do trado da hélice contínua para a expulsão da tampa e início da concretagem. Desta forma, procura-se garantir o contato efetivo do concreto da ponta da estaca com o solo competente. Não se permite subir o trado da hélice contínua, para possibilitar a expulsão da tampa antes do início do lançamento do concreto. A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem.

Na etapa de concretagem a monitoração eletrônica deve registrar ao menos a velocidade de subida do trado, a pressão de injeção do concreto e o volume bombeado. A concretagem é executada até a superfície do terreno.

Se a concretagem da estaca for feita com o trado girando, este deve girar no sentido da perfuração.

N.6 Colocação da armadura

A colocação da armadura em forma de gaiola deve ser feita imediatamente após a concretagem e limpeza das impurezas do topo da estaca. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador. A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação. Os centralizadores, caso utilizados, devem ser colocados aproximadamente 1,0 m do topo e 1,0 m da ponta da armação.

N.7 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro. Em qualquer caso, o projetista e o executor poderão avaliar a eventual necessidade de aumento desta distância.

N.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

N.9 Concreto

N.9.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

N.9.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

N.10 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

Antes do início da obra deve ser fornecida a carta de traço conforme a ABNT NBR 7212. A carta de traço deve apresentar a quantidade em massa de cada componente do concreto e informar o limite máximo de exsudação (ver ABNT NBR 15558), a classe de abatimento e de resistência e o abatimento (ver ABNT NBR 8953) e a avaliação da reatividade potencial (ver ABNT NBR 15577-1).

N.10.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

N.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908, ABNT NBR 11768.

N.11 Controle do processo executivo

Todas as fases de execução da estaca devem ser monitoradas eletronicamente a partir de sensores instalados na perfuratriz, registrando-se:

a) nivelamento do equipamento e prumo do trado;

b) pressão no torque;

c) velocidade de avanço do trado;

d) rotação do trado;

e) cota de ponta do trado;

f) pressão de concreto durante a concretagem;

g) sobreconsumo de concreto;

h) velocidade de extração do trado.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

N.12 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características do equipamento;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) cota do terreno na posição da estaca;

e) comprimento executado da estaca;

f) comprimento concretado da estaca;

g) data e horário de início e fim da execução da estaca;

h) data e horário de início e fim da concretagem;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

i) desvio de locação (se houver);

j) inclinação do trado;

k) volume de concreto real e teórico por estaca, com base no volume de concreto do caminhão betoneira;

l) pressão de torque durante perfuração;

m) rotação do trado;

n) velocidade de avanço do trado;

o) pressão de injeção do concreto;

p) velocidade de extração do trado;

q) posicionamento da armação;

r) observações relevantes;

s) nome e assinatura do executor;

t) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo O
(normativo)

Estaca hélice de deslocamento monitorada – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

O.2 Características gerais

É uma estaca de deslocamento, de concreto moldado *in loco*, mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado com características tais que ocasionem um deslocamento do solo junto ao fuste e à ponta, não havendo retirada de solo. A injeção de concreto é feita pelo interior do tubo central.

O.3 Equipamento

Devido à grande resistência desenvolvida durante a perfuração, o equipamento deve ter um torque compatível com o diâmetro da estacas e características do terreno, sendo de no mínimo de 200 kN.m.

Os diâmetros das estacas hélice de deslocamento variam de 310 mm a 610 mm.

O.4 Perfuração

O equipamento de escavação deve ser posicionado e nivelado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve ser verificado para assegurar as premissas de projeto.

A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável ou não.

A perfuração se dá de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto.

O.5 Concretagem

O concreto é bombeado pelo interior da haste com sua simultânea retirada por rotação. A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem.

A concretagem é executada até a superfície do terreno.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O.6 Colocação da armadura

A colocação da armadura, em forma de gaiola, deve ser feita imediatamente após a concretagem. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador sobre o seu topo. A armadura deve ser convenientemente enrijecida para facilitar a sua colocação.

A estaca hélice de deslocamento permite ainda que a armadura seja colocada pelo tubo central do trado antes da concretagem e neste caso a tampa metálica será perdida.

O.7 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

O.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

O.9 Concreto

O.9.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características

a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

O.9.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O.10 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

Antes do início da obra deve ser fornecida a carta de traço conforme a ABNT NBR 7212. A carta de traço deve apresentar a quantidade em massa de cada componente do concreto e informar o limite máximo de exsudação (ver ABNT NBR 15558), a classe de abatimento e de resistência e o abatimento (ver ABNT NBR 8953) e a avaliação da reatividade potencial (ver ABNT NBR 15577-1).

O.10.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

O.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908, ABNT NBR 11768.

O.10.3 Controles do processo executivo

Todas as fases de execução da estaca devem ser monitoradas eletronicamente a partir de sensores instalados na perfuratriz:

a) nivelamento do equipamento e prumo do trado;

b) pressão no torque;

c) velocidade de avanço do trado;

d) rotação do trado;

e) cota de ponta do trado;

f) pressão de concreto durante a concretagem;

g) sobreconsumo de concreto;

h) velocidade de extração do trado.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

O.11 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características do equipamento;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) cota do terreno na posição da estaca;

e) comprimento executado da estaca;

f) comprimento concretado da estaca;

g) data e horário de início e fim da execução da estaca;

h) data e horário de início e fim da concretagem;

i) desvio de locação (se houver);

j) inclinação do trado;

k) volume de concreto real e teórico por estaca, com base no volume de concreto do caminhão betoneira;

l) pressão de torque durante perfuração;

m) rotação do trado;

n) velocidade de avanço do trado;

o) pressão de injeção do concreto;

p) velocidade de extração do trado;

q) posicionamento da armação;

r) observações relevantes;

s) nome e assinatura do executor;

t) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo P
(normativo)

Estaca hélice monitorada com trado segmentado – Procedimentos executivos

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

P.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

P.2 Características gerais

É uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, segmentos de trado helicoidal de diâmetro constante. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca.

A execução da estaca é monitorada conforme descrito em P.11.

P.3 Equipamento

Os valores de torque são compatíveis com o peso reduzido do equipamento, sendo no mínimo de 30 kN.m.

Os diâmetros das estacas hélice monitorada com trado segmentado são: 250 mm, 300 mm, 350 mm, 400 mm e 500 mm.

P.4 Perfuração

O equipamento de escavação deve ser posicionado e nivelado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve ser verificado para assegurar as premissas de projeto.

A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável ou não.

A perfuração se dá em etapas, que consistem em:

a) inserir um segmento de trado no solo (geralmente medindo 4,5 m ou 6,0 m de comprimento);

b) desacoplar da mesa rotativa do trado já inserido no terreno;

c) acoplar um novo segmento de trado;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

d) acoplar da mesa rotativa no topo desse novo segmento de trado.

As etapas se repetem até a ponta do trado atingir a cota prevista em projeto.

Não se admite o uso de prolongador.

P.5 Concretagem

O concreto é bombeado pelo interior da haste com sua simultânea retirada. A pressão de concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem.

Essa retirada deve ser feita em etapas, onde cada etapa consiste em:

a) retirar um segmento de trado do solo, bombeando concreto simultaneamente;

b) parar a concretagem;

c) levantar o trado o suficiente para que o concreto de dentro da haste desça e esvazie apenas o segmento de trado que será retirado, confirmando que o trado imediatamente inferior está totalmente preenchido de concreto;

d) desacoplar o cabeçote de injeção;

e) desacoplar o segmento de trado;

f) acoplar o cabeçote de injeção no trado ainda inserido do terreno.

As etapas se repetem até a retirada de todos os segmentos de trado e a concretagem da estaca até a superfície do terreno.

P.6 Colocação da armadura

A colocação da armadura, em forma de gaiola, deve ser feita imediatamente após a concretagem e limpeza das impurezas do topo da estaca. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador sobre o seu topo. A armadura deve ser convenientemente enrijecida para facilitar a sua colocação.

P.7 Sequência executiva

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro. Em qualquer caso, o projetista e o executor podem avaliar a eventual necessidade de aumento desta distância.

P.8 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Para ligação da estaca com o bloco de coroamento devem ser observadas a cota de arrasamento e o comprimento das esperas (arranques) definidos em projeto.

O trecho da estaca acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deve ser

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Caso haja concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento, o trecho deve ser demolido e recomposto. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

No caso de comprimento de arranque inferior ao de projeto, deve-se executar emenda por traspasse ou traspasse e solda, conforme a ABNT NBR 6118. Caso necessário, a estaca pode ser demolida e recomposta para que o comprimento da emenda seja respeitado.

P.9 Concreto

P.9.1 O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características

a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;

b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

P.9.2 Recomendações para dosagem destes concretos:

a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

P.10 Controle do concreto

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição A de preparo estabelecida na ABNT NBR 12655. A mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212. Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

Antes do início da obra deve ser fornecida a carta de traço conforme a ABNT NBR 7212. A carta de traço deve apresentar a quantidade em massa de cada componente do concreto e informar o limite máximo de exsudação (ver ABNT NBR 15558), a classe de abatimento e de resistência e o abatimento (ver ABNT NBR 8953) e a avaliação da reatividade potencial (ver ABNT NBR 15577-1).

P.10.1 Controle de recebimento

Conforme a ABNT NBR NM 67.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

P.10.2 Controle de aceitação

Resistência à compressão em corpos de prova moldados conforme a ABNT NBR 5738 e ensaiados conforme a ABNT NBR 5739.

A amostragem e o controle estatístico para aceitação do concreto dever ser realizado de acordo com a ABNT NBR 12655.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908 e ABNT NBR 11768.

P.11 Controle do processo executivo

Todas as fases de execução da estaca devem ser monitoradas eletronicamente a partir de sensores instalados na perfuratriz:

a) nivelamento do equipamento e prumo do trado;

b) pressão no torque;

c) velocidade de avanço do trado;

d) rotação do trado;

e) cota de ponta do trado;

f) pressão de concreto durante a concretagem;

g) sobreconsumo de concreto;

h) velocidade de extração do trado.

Pelo menos 1 % das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

P.12 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

a) identificações gerais: obra, local, nome do operador, executor, contratante;

b) características do equipamento;

c) identificação da estaca: diâmetro, nome ou número conforme projeto de fundação;

d) cota do terreno na posição da estaca;

e) comprimento executado da estaca;

f) comprimento concretado da estaca;

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

g) data e horário de início e fim da execução da estaca;

h) data e horário de início e fim da concretagem;

i) desvio de locação (se houver);

j) inclinação do trado;

k) volume de concreto real e teórico por estaca, com base no volume de concreto do caminhão betoneira;

l) pressão de torque durante perfuração;

m) rotação do trado;

n) velocidade de avanço do trado;

o) pressão de injeção do concreto;

p) velocidade de extração do trado;

q) posicionamento da armação;

r) observações relevantes;

s) nome e assinatura do executor;

t) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo Q
(normativo)

Estacas cravadas a reação (estacas prensadas ou mega) – Procedimentos executivos

Q.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os procedimentos executivos para:

a) complementar a Seção 8;

b) especificar os insumos;

c) detalhar as diretrizes construtivas.

Q.2 Características gerais

As estacas cravadas a reação, também denominadas estacas prensadas, ou ainda estacas mega, são constituídas por segmentos de concreto armado ou metálicos. A principal característica deste tipo de estaca é a sua cravação estática através de macaco hidráulico, reagindo contra estrutura existente e compatível à resistência dos esforços que serão aplicados. Também podem reagir contra cargueira ou tirantes ancorados no solo ou na estrutura.

Q.3 Cravação

Deve ser realizada através de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual dotada de manômetro. Esse conjunto macaco hidráulico-bomba-manômetro deve estar aferido com data inferior a um ano, contado do início da obra. A escolha do macaco hidráulico e da escala do manômetro deve ser feita de acordo com a carga de cravação especificada no projeto e peculiaridades do local. O macaco hidráulico deve ter capacidade ao menos 20 % maior que a carga prevista de cravação.

Durante a cravação deve ser realizado o “gráfico de cravação” anotando-se a carga aplicada à estaca à cada metro e cravação.

Para a estaca ser aceita a mesma deve ser submetida a dois tipos de carga: um até a carga máxima (uma e meia vez a carga de trabalho) mantida durante 5 min. Os recalques elástico e residual são medidos nesse estágio. A estaca é, então, submetida ao segundo carregamento, igual à carga de trabalho, mantida durante 10 min e o recalque residual é medido. A estaca é aceita se os recalques residuais nestes carregamentos atenderem o critério do projetista.

A cravação pode ser auxiliada com processo executivos especiais, tais como: inundação do solo, jatos d’agua pelo interior dos segmentos, retirada do solo embuchado nas estacas metálicas tubulares, vibrações e outros. Quando os segmentos forem de concreto, a emenda é feita por simples superposição ou através de solidarização especificada em projeto. As emendas de segmentos metálicos são feitas por solda ou rosca.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Finalizada a cravação, é feito o encunhamento definitivo. Frequentemente com a colocação de cabeçote de concreto armado, tijolinhos e cunhas, coerente com as cargas impostas. Com menor frequência o encunhamento pode ser feito diretamente na estrutura por outros métodos que garantam a solidariedade estrutural do sistema.

Q.4 Carga de cravação

As cargas de cravação e de encunhamento devem ser especificadas em projeto, devendo ser de no mínimo 1,5 vez a carga de trabalho.

Q.5 Registros da execução

Deve ser preenchido o boletim de controle de execução diariamente para cada estaca, devendo constar pelo menos as seguintes informações:

a) identificação da obra, local, número da estaca e nome do contratante e executor;

b) data da cravação;

c) tipo de estaca e características geométricas;

d) ensaios de resistência do concreto, quando for o caso;

e) comprimento cravado da estaca;

f) gráfico de cravação e registro dos recalques elásticos e residuais para a carga máxima de cravação e para a carga de trabalho;

g) quantidade de segmentos utilizados;

h) carga de encunhamento;

i) características do cabeçote e da estrutura de reação;

j) desaprumo e desvio de locação;

k) características e identificação do equipamento de cravação;

l) número e dimensão de calços;

m) número e dimensão de cunhas;

n) características da calda ou argamassa de preenchimento quando empregadas;

o) anormalidades de execução;

p) observações pertinentes;

q) nome e assinatura do executor;

r) nome e assinatura da fiscalização e do contratante.

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Anexo R
(informativo)

Simbologia

R.1 Letras gregas

γ_c coeficiente de ponderação que divide a resistência à compressão característica do concreto

γ_f coeficiente de ponderação que multiplica as ações características (ou, dependendo do contexto, os efeitos dessas ações, tais como solicitações)

γ_m coeficiente de ponderação que divide resistências características (tensões para sapatas ou tubulões, cargas para estacas.

γ_s coeficiente de ponderação que divide a resistência característica do aço

ξ_1 fator pelo qual deve ser dividida a resistência média determinada por método semiem pírico ou por prova de carga prévia, para fixação da resistência característica

ξ_2 fator pelo qual deve ser dividida a resistência mínima determinada por método semiem-pírico ou por prova de carga prévia, para fixação da resistência característica

R.2 Letras minúsculas

f_{cd} resistência de cálculo do concreto à compressão

f_{ck} resistência característica do concreto à compressão

f_{yk} resistência característica do aço à tração

i raio de giração

s recalque (ou levantamento) total de um ponto da estrutura

w umidade natural de um solo

w_L limite de liquidez de um solo (também *LL*)

w_P limite de plasticidade de um solo (também *LP*)

R.3 Letras maiúsculas

A área da seção transversal de uma estaca (estrutural)

C *valor limite de serviço (admissível) do efeito das ações*

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

CD ensaio triaxial adensado drenado

CU ensaio triaxial adensado não drenado

CPT ensaio de penetração de cone

CPTU ensaio de piezocone

D diâmetro do círculo circunscrito à estaca ou, no caso de barretes, o diâmetro do círculo de área equivalente ao da seção transversal da estaca

DMT ensaio de dilatômetro de Marchetti

E módulo de elasticidade do material de uma estaca

E_k valor característico do efeito das ações, calculado considerando-se parâmetros característicos e ações características

ELS estado limite de serviço

ELU estado limite último

FS_g fator de segurança global

G_o módulo de elasticidade transversal inicial do solo

L comprimento de uma estaca, ou distância entre dois pontos de uma estrutura

LL limite de liquidez de um solo (também w_L)

LP limite de plasticidade de um solo (também w_P)

N_{SPT} índice de resistência à penetração de solos (medido de acordo com a ABNT NBR 6484)

P_r carga de ruptura convencional de uma estaca

P_{adm} tensão admissível de sapatas e tubulões e carga admissível de estacas

P_{an} carga característica de atrito lateral negativo, na ruptura

$P_{útil}$ carga útil admissível sobre o elemento de fundação (definida quando há ocorrência de atrito negativo)

R_d tensão resistente de cálculo para sapatas ou tubulões, ou força resistente de cálculo para estacas

R_k tensão resistente característica na ruptura, para sapatas ou tubulões, ou força resistente característica na ruptura, para estacas

R_ℓ parcela de força resistente característica de atrito lateral, na ruptura

$R_{\ell p}$ parcela de força resistente característica de atrito lateral positivo, na ruptura (definida quando há ocorrência de atrito negativo)

R_p parcela de força resistente característica de ponta, na ruptura

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

RQD índice de qualidade da rocha (medido em porcentagem)

$(R_{pc})_{méd}$ resistência determinada com base em valores médios dos resultados de provas de carga;

$(R_{pc})_{mín}$ resistência determinada com base em valores mínimos dos resultados de provas de carga;

$(R_{se})_{méd}$ resistência determinada com base em valores médios dos resultados de ensaios de campo;

$(R_{se})_{mín}$ resistência determinada com base em valores mínimos dos resultados de ensaios de campo;

S_d solicitação de cálculo (ou ação de cálculo, dependendo do contexto)

S_k solicitação característica (ou ação característica, dependendo do contexto)

SPT-T ensaio SPT com medida de torque

UU ensaio triaxial não adensado não drenado

W_{min} momento resistente mínimo de uma seção transversal

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

Bibliografia

[1] Portaria 3214, do Ministério do Trabalho e Emprego – *Normas Regulamentadoras*

Arquivo de impressão gerado em 30/07/2020 08:29:12 de uso exclusivo de FUNDACAO CHRISTIANO OTTONI [18.218.909/0001-86]

© ABNT 2019 - Todos os direitos reservados