

FUNDAÇÕES DE TORRES

aerogeradores,
linhas de transmissão
e telecomunicações

Jarbas Milititsky

Sumário

1	FATORES QUE AFETAM A ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO	13
1.1	Localização e tipo de torre	13
1.2	Magnitude das cargas	13
1.3	Condições do subsolo	14
1.4	Acesso para equipamento	14
1.5	Custos relativos.....	14
1.6	Práticas construtivas locais e disponibilidade de materiais.....	14
1.7	Requisitos de desempenho das torres.....	14
1.8	Especificações de órgãos e/ou fornecedores de equipamentos/proprietários dos serviços, uso de soluções certificadas.....	15
1.9	Durabilidade dos materiais	15
1.10	Sustentabilidade	15
2	CARGAS TÍPICAS	17
2.1	Aerogeradores.....	17
2.2	Linhas de transmissão.....	18
2.3	Torres de telecomunicações.....	18
3	SOLUÇÕES TÍPICAS PARA AEROGERADORES	20
3.1	Fundações diretas.....	20
3.2	Fundações profundas (estacas)	26
4	SOLUÇÕES TÍPICAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO	50
4.1	Fundações diretas.....	53
4.2	Fundações profundas (estacas)	55
5	SOLUÇÕES TÍPICAS PARA OUTRAS TORRES (TELECOMUNICAÇÕES, TV, RÁDIO)	61
5.1	Casos de obras.....	61
6	INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO	75
6.1	Investigação para elementos isolados.....	77
6.2	Investigação para torres de aerogeradores.....	78
6.3	Investigação para linhas de transmissão.....	80

7	OBTENÇÃO DE PROPRIEDADES DOS SOLOS PARA PROJETOS PRELIMINAR E EXECUTIVO DE AEROGERADORES – ALTERNATIVAS DISPONÍVEIS PARA PROSPECÇÃO DO SUBSOLO	85
7.1	Ensaio <i>in situ</i>	85
7.2	Ensaio de laboratório sobre amostras indeformadas.....	89
7.3	Determinação ou estimativa de propriedades dos solos	89
8	SOLOS PROBLEMÁTICOS	103
8.1	Solos colapsíveis	103
8.2	Solos expansivos.....	108
8.3	Zonas cársticas	109
8.4	Ocorrência de matacões.....	110
8.5	Sismicidade.....	110
9	PROJETO DE FUNDAÇÕES DE AEROGERADORES	116
9.1	Requisitos de projeto	116
9.2	Etapas de projeto	116
9.3	Fundações diretas.....	118
9.4	Radier com ancoragens	132
9.5	Rigidez rotacional	132
9.6	Rigidez da fundação	133
9.7	Comentários.....	133
9.8	Base sobre solo melhorado.....	136
9.9	Fundações profundas	136
10	PROJETO DE FUNDAÇÕES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	181
10.1	Requisitos de desempenho – escolha do tipo de solução.....	181
10.2	Cálculo.....	182
11	CONFIABILIDADE DA PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS – VALORES PREVISTOS X MEDIDOS.....	195
11.1	Comparações de valores previstos com valores medidos de capacidade de carga	195
11.2	Evento de previsões internacional – Araquari (SC).....	200
11.3	Variabilidade de respostas de estacas supostamente idênticas.....	203
11.4	Considerações sobre a necessidade de cobrir incertezas.....	205
11.5	Variabilidade do subsolo	206
11.6	Comentários.....	208
12	CONSTRUÇÃO – ENSAIOS PARA CERTIFICAÇÃO	209
12.1	Soluções em fundações diretas	209
12.2	Ensaio em estacas.....	211

12.3	Ensaio de integridade.....	218
12.4	Controle executivo de estacas.....	221
13	CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DE PROBLEMAS EM ESTACAS	222
13.1	Bases estaqueadas.....	222
13.2	Causas de problemas em estacas.....	222
13.3	Consequências – reforços	224
13.4	Bases em fundações diretas.....	225
13.5	Acidentes e mau comportamento após a conclusão da obra	227
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	228