

## 9 Referências bibliográficas

ABGE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, SP, 1998. 587p.

AGUILERA, J.R.F., **Estruturas Treliçadas Esbeltas sob Ação do Vento**. Rio de Janeiro, RJ, 2007. 119 p. Dissertação de Mestrado (Estruturas), Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF, maio, 2007. 125 p. Cadernos de Recursos Hídricos, Volume 2.

ASCE, 1990, **Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading**. Draft Prepared by the Committee on Analysis and Design of Structures, Structural Division, American Society of Civil Engineers.

ASHCAR, R., **Recomendações e Informações Técnicas sobre Fundações de Linhas de Transmissão. VIII Encontro Regional Latino-Americano da Cigré, ERLAC**. Foz do Iguaçu, Paraná, 1999.

ASHCAR, R., **Economia nas Fundações de Torres Estaiadas em Linhas de Transmissão de 460 kV. IX Encontro Regional Latino-Americano da Cigré, ERLAC**. Ciudad del Leste, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, **NBR 6123**: Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, **NBR 5422**: Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações.

AZEVEDO, C.P.B, **Avaliação da Confiabilidade de Fundações de Torres Estaiadas em Linhas de Transmissão**. Belo Horizonte, MG, 2007. 131p. Dissertação de Mestrado (Estruturas). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG.

BAKER et all. **JCSS Probabilistic Model Code, Section 3.7: Soil Properties**. Revised version in August, 2006 by J. Baker and E. Calle. Original version in July 2002 by R. Rockwitz. H. Denver and E. Calle.

BOWLES, J.E. **Foundation Analysis and Design**. 4 th ed. New York: MacGraw-Hill, Inc. c1988. 1004p.

CHAVES, R.A. **Fundações de Torres de Linhas de Transmissão e de Telecomunicações**. Belo Horizonte, MG, 2004. 192 p. Dissertação de Mestrado (Estruturas). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG.

DIAMANTIDIS et all. **Safety acceptance criteria for existing structures**. Risk Acceptance and Risk Communication, 2007. Stanford University, California, USA.

DIAS, R.D. **Aplicação de Pedologia e Geotecnia no Projeto de Fundações de Linhas de Transmissão**. Rio de Janeiro, RJ, 1987. Tese de Doutorado (Ciências em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

FURNAS. **Especificações para elaboração de projetos de fundações de linhas de transmissão - EP-5029**. FURNAS – Centrais Elétricas S.A. - 06/2003.

GARCIA, O.C. **Influência da Qualidade da Compactação dos Reaterros na Capacidade de Carga de Fundações Submetidas a Esforço de Tração**. Rio de

Janeiro, RJ, 2005. 113p. Dissertação de Mestrado (Ciências em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, RJ, 2007. 316 P. 2ª Edição.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2000, **IEC60826**: Loading Strength of Overhead Transmission Lines.

ONS, OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Plano de ampliações e reforços na rede básica – Período 2008 a 2010**. Rio de Janeiro, RJ, julho, 2007. 87 p. Volume 1.

PECIN, T.G. **Avaliação das Ações Mecânicas de Tornados sobre Estruturas Aporticadas Flexíveis**. Rio de Janeiro, RJ, 2006. 91 p. Dissertação de Mestrado (Estruturas). Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.

PUC-Rio, 2002. **Estruturas de Fundações – Notas de Aula CIV1134**. Rio de Janeiro, RJ, 2002.

RIBEIRO, R.C.H. **Aplicações de Probabilidade e Estatística em Análises Geotécnicas**. Rio de Janeiro, RJ, 2008. 161p. Tese de Doutorado (Geotecnia). Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.

SANTIAGO, N.H. **Linhas Aéreas de Transmissão**. Rio de Janeiro, RJ, 1983. 299 p. Notas de aula. Departamento de Eletrotécnica, Programa de Engenharia Elétrica da COPPE/UFRJ.

SILVA, D. R. A. - **Aplicação de métodos radiométricos (Rb-Sr e Sm-Nd) na análise das bacias sedimentares – o exemplo da Bacia do Paraná**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2006. 137 p. Monografia (Especialização em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VERZENHASSI, C.C. **Otimização de Risco Estrutural baseada em Confiabilidade.** São Carlos, SP, 2008. 154 p. Dissertação de Mestrado (Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos.

#### Sites consultados

<a href="http://www.eletrosul.gov.br">www.eletrosul.gov.br</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://www.ons.org.br">www.ons.org.br</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx">www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://www.cteep.com.br/portugues.shtml">www.cteep.com.br/portugues.shtml</a>	<i>em janeiro de 2008</i>
<a href="http://www.cemig.com.br">www.cemig.com.br</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://www.celg.com.br">www.celg.com.br</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://mapas.ibge.gov.br/">http://mapas.ibge.gov.br/</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://www.cefetsc.edu.br/~meteo/HP_CEFET/biblioteca_virtual/modulo1/cli/Regiao%20Sul.doc">www.cefetsc.edu.br/~meteo/HP_CEFET/biblioteca_virtual/modulo1/cli/Regiao%20Sul.doc</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Geografia_da_regi%C3%A3o_Sul_do_Brasil">http://pt.wikipedia.org/wiki/Geografia_da_regi%C3%A3o_Sul_do_Brasil</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Paulo">http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Paulo</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://www.geocities.com/colosseum/8026/mapa_sedimentar/base.htm">www.geocities.com/colosseum/8026/mapa_sedimentar/base.htm</a>	<i>em novembro de 2007</i>
<a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Bacia_do_rio_Paran%C3%A1">http://pt.wikipedia.org/wiki/Bacia_do_rio_Paran%C3%A1</a>	<i>em dezembro de 2007</i>
<a href="http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./estadual/index.html&amp;conteudo=./estadual/mg4.html">www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./estadual/index.html&amp;conteudo=./estadual/mg4.html</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://www.geocities.com/mantiqueira2000/relevo.htm">http://www.geocities.com/mantiqueira2000/relevo.htm</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Goi%C3%A1s">http://pt.wikipedia.org/wiki/Goi%C3%A1s</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://www.pedologiafacil.com.br/enq_17.php">http://www.pedologiafacil.com.br/enq_17.php</a>	<i>em março de 2008</i>
<a href="http://www.ce.berkeley.edu/FERUM">www.ce.berkeley.edu/FERUM</a>	<i>em agosto de 2009</i>
<a href="http://www.jcss.ethz.ch/publications/publications_pmc.html">www.jcss.ethz.ch/publications/publications_pmc.html</a>	<i>em agosto de 2009</i>
<a href="http://www.rapid.ethz.ch">www.rapid.ethz.ch</a>	<i>em fevereiro de 2010</i>



## Anexo A

### Linhas de transmissão na porção brasileira da Bacia do Prata

#### Região Sul e Mato Grosso do Sul

- LT 230 kV - Campo Assobio / Umbara C-1- PR: 21,8 km;
- LT 230 kV - Farroupilha / Monte Claro C-1- RS: 29 km;
- LT 230 kV - Gralha Azul / Umbara C-1- PR: 4,2 km;
- LT 230 kV - Macambara / Santo Ângelo C-1- RS: 205 km;
- LT 230 kV - Monte Claro / Passo Fundo C-1- RS: 213,4 km;
- LT 230 kV - Santo Ângelo / Santa Rosa 1 C-2 - RS: 54 km;
- LT 230 kV - Uruguaiiana / Macambara C-1 - RS: 130 km;
- LT 230 kV - Barra Grande / Campos Novos C-1- SC: 34,63 km;
- LT 230 kV - Barra Grande / Lagoa Vermelha 2 C-1 - SC/RS: 58,11 km;
- LT 230 kV - Bateias / C.Comprido C-3 - PR: 17,8 km;
- LT 230 kV - Farroupilha / Caxias Sul 5 C-1 - RS: 17,8 km;
- LT 230 kV - Ibiporã / Londrina ESU C-2 - PR: 20,3 km;
- LT 230 kV - J.Lacerda-b / Palhoca ESU c-1 - SC: 120,6 km;
- LT 230 kV - L.Grande / Caxias Sul 5 C-1 - RS: 65,6 km;
- LT 230 kV - Lagoa Vermelha 2 / Santa Marta C-1- RS: 95,63 km;
- LT 230 kV - Londrina ESU / Assis c-1 - PR/SP: 156,1 km;
- LT 230 kV - Londrina (Copel) / Assis - PR/SP;
- LT 230 kV - Londrina (Copel) / Londrina ESU - PR/SP;
- LT 230 kV - Londrina ESU / Maringa C-1 - PR: 94,3 km;
- LT 230 kV - Passo Real / Tapera 2 C-1- RS: 59,2 km;
- LT 230 kV - Presidente Médici / Pelotas 3 C-1 - RS: 135 km;
- LT 230 kV - Santa Marta / Tapera 2 C-1 - RS: 59,5 km;
- LT 230 kV - U.D.Francisca / Itauba c-2 - RS: 23,13 km;
- LT 230 kV - Apucarana / Sarandi C-1 - PR: 40,6 km;
- LT 230 kV - Cidade Industrial / Nova Sta Rita C-1 - RS: 22,5 km;
- LT 230 kV - Cidade Industrial / Nova Sta Rita C-2 - RS: 22,4 km;
- LT 230 kV - Cidade Industrial / Nova Sta Rita C-3 - RS: 23,7 km;
- LT 230 kV - Itauba / Nova Sta Rita C-1 - RS: 216,84 km;
- LT 230 kV - Maringa / Sarandi C-1 - PR: 18,8 km;
- LT 230 kV - Passo Real / Nova Sta Rita C-1 - RS: 224,68 km;
- LT 230 kV - Atlantida 2 / Osório 2 C-1 - RS: 36 km;
- LT 230 kV - Barra Grande / Lages C-1 - SC: 96 km;
- LT 230 kV - Barra Grande / Lages C-2 - SC: 96 km;
- LT 230 kV - Lages / Rio do Sul C-1 - SC: 99 km;
- LT 230 kV - Lages / Rio do Sul C-2 - SC: 99 km;
- LT 230 kV - P.Petroquimico / Nova Sta Rita C-1 - RS: 14 km;
- LT 230 kV - Parigot Souza/ Santa Monica C-1 - PR: 55,2 km;
- LT 230 kV - Santa Monica / Pilarzinho C-1 - PR: 27,9 km;
- LT 230 kV - N.P.Primavera / Dourados C-1 - SP/MS : 223 km;

- LT 230 kV - N.P.Primavera / Imbirussu C-1 - SP/MS : 293 km;
- LT 230 kV - Guaira / Dourados / Dourados Santa Cruz – MS/PR;
- LT 230 kV - Dourados – Dourados Santa Cruz / Anastácio – MS;
- LT 525 kV - Cascavel Oeste/Ivaiporã C-1 PR: 209 km;
- LT 525 kV - Ivaipora /Ivaiporã C-3 PR: 0,7 km;
- LT 525 kV - Ivaipora /S.Santiago C-2 PR: 167 km;
- LT 525 kV - Londrina esu /Assis C-1 PR /SP: 120 km;
- LT 525 kV - Blumenau /Campos Novos C-2 SC: 375 km;
- LT 525 kV - Gravatai /Nova Sta Rita C-1 RS: 29,5 km;
- LT 525 kV - Ita /Nova Sta Rita C-1 SC /RS: 313,95 km;
- LT 525 kV - Ivaipora /Londrina esu C-2 PR;
- LT 525 kV – Campos Novos /Machadinho C-2 SC: 39 km;

### São Paulo

- LT 230 kV - B. Santista / Carbocloro C-1: 1,54 km;
- LT 230 kV - Carbocloro / H.Borden sub C-1: 4,79 km;
- LT 230 kV - Chavantes / Botucatu C-4: 137 km;
- LT 230 kV – Assis / Salto Grande;
- LT 230 kV – Salto Grande / Chavantes;
- LT 230 kV – Chavantes / Piraju;
- LT 230 kV – Piraju / Jurumim;
- LT 230 kV – Jurumim / Avaré Nova;
- LT 230 kV – Avaré Nova / Botucatu;
- LT 230 kV – Botucatu / Capão Bonito;
- LT 230 kV – Botucatu / Edgar de Souza;
- LT 230 kV – Edgar de Souza / Cabreúna;
- LT 230 kV – Interlagos – Xavantes – Bandeirantes / Nova Piratininga;
- LT 230 kV – Nova Piratininga / Henry Borden;
- LT 230 kV –Itapeti - Mogi / Mogi das Cruzes;
- LT 230 kV – Itapeti - Mogi / S. J. dos Campos;
- LT 230 kV – Mogi da Cruzes / S. J. dos Campos;
- LT 230 kV – S. J. dos Campos / Taubaté;
- LT 230 kV – Ananguera / Ananguera PR C-1 SP : 1.396 km;
- LT 230 kV – Ananguera / Ananguera C-2 SP : 1.396;
- LT 230 kV - Ananguera V./ Ananguera PR C-1 SP : 1.396 km;
- LT 230 kV - Ananguera V./ Centro-CTT C-1 SP : 6.139 km;
- LT 230 kV - Ananguera V./ Edgard Souza C-1 SP : 15.26 km;
- LT 230 kV - Ananguera V./ Edgard Souza C-2 SP : 15.26 km;
- LT 345 kV - Ananguera /M. Fornasaro C-1 SP: 4.5 km;
- LT 345 kV - Guarulhos /Ananguera C-1 SP: 22 km;
- LT 345 kV - Guarulhos /Ananguera C-2 SP: 22 km;
- LT 345 kV - M. Fornasaro /Ananguera PR C-1 SP : 3.046 km
- LT 440 kV - Cabreúva /Gerdau SP C-1 SP: 18 km;
- LT 440 kV - Gerdau sp /Embu-guacu C-1 SP: 55 km;
- LT 440 kV - Cia.B.Alum.2 /Embu-guacu C-1 SP: 63.47 km;
- LT 440 kV - Cia.B.Alum.2 /Oeste C-1 SP: 19.1 km;
- LT 440 kV - Embu-guacu /Oeste C-1 SP: 81.02 km;
- LT 440 kV - Oeste /Bauru C-1 SP: 226.6 km;

- LT 440 kV - Oeste /Bauru C-2 SP: 226.6 km;
- LT 440 kV - P. Primavera /N.P.Primavera C-1 SP: 1 km;
- LT 440 kV - P. Primavera /N.P.Primavera C-2 SP: 1 km;
- LT 440 kV - Bauru /Embu-guacu C-1 SP: 305.97 km;
- LT 440 kV - Bauru /Embu-guacu C-2 SP: 305.97 km;
- LT 440 kV - Embu-guacu /Oeste C-2 SP: 81.02 km;
- LT 525 kV C. Paulista /Tijuco Preto C-2 SP : 181 km;
- LT 525 kV Assis /Araraquara C-1 SP: 250 km;
- LT 525 kV Londrina Esu /Assis C-1 PR/SP: 120 km;

#### Minas Gerais

- LT 230 kV - Barão Cocais 2 / Barão Cocais 3 C-1: 0,7 km;
- LT 230 kV - Aracuai 2 / Irape-se C-1: 61 km;
- LT 230 kV - Sabara 3 / Taquaril C-1: 14,95 km;
- LT 230 kV - Porto Estrela / Ipatinga 1 – Mesquita – Usiminas 1;
- LT 230 kV - Ipatinga 1 – Mesquita – Usiminas 1 / Gov. Valadares 2;
- LT 230 kV - Ipatinga 1 – Mesquita – Usiminas 1 / Baguari;
- LT 230 kV- Baguari / Gov. Valadares 2;
- LT 230 kV - Gov. Valadares 2 / C. Pena;
- LT 230 kV - Gov. Valadares 2 / Aimorés;
- LT 230 kV - Aimorés / Mascarenhas;
- LT 230 kV - Ipatinga 1 / Mesquita – Usiminas 1- Acesita;
- LT 230 kV - Ipatinga 1 / Mesquita – Usiminas 1 – Guilman Amorim;
- LT 230 kV - Porto Estrela / Itabira 2;
- LT 230 kV - Itabira 2 / Guilman Amorim;
- LT 230 kV - Itabira 2 / Nova Era 2;
- LT 230 kV - Itabira 2 / João Monlevade 2;
- LT 230 kV - Itabira 2 / Sabara 3 c-1: 70,75 km;
- LT 230 kV - Barão Cocais 3/ João Monlevade 2 C-1: 34,7 km;
- LT 230 kV - Barão de Cocais 2 - 3 / Taquaril;
- LT 230 kV - Itabira 2 / Taquaril;
- LT 345 kV – Marimbondo / Porto Colombia / Itumbiara;
- LT 345 kV – Jaguará / I.C. Barreto / Furnas;
- LT 345 kV – Jaguará / Pimenta;
- LT 345 kV – I.C.Barreto / Furnas;
- LT 345 kV – I.C. Barreto / Poços de Caldas;
- LT 345 kV – Furnas / Pimenta;
- LT 345 kV – Furnas / Poços de Caldas;
- LT 345 kV – Poços de Caldas / Mogi das Cruzes;
- LT 345 kV – Poços de Caldas / Guarulhos Norte Miguel Reale;
- LT 345 kV – Furnas / Itutinga / Adrianópolis;
- LT 345 kV – Itutinga / Juiz de Fora;
- LT 345 kV – Juiz de Fora / Barbacena;
- LT 345 kV – Barbacena / Conselheiro Lafaiete;
- LT 345 kV – Conselheiro Lafaeite / Ouro Preto;
- LT 345 kV – Pimenta / Taquaril;
- LT 345 kV – Pimenta / Barreiro / Taquaril;
- LT 345 kV – Barreiro / Neves;
- LT 345 kV – Neves / Três Marias;



- LT 345 kV – São Gotardo / Três Marias;
- LT 345 kV – Neves / Taquaril;
- LT 345 kV – Ouro Preto / Taquaril;
- LT 345 kV – Ouro Preto / Vitória;
- LT 525 kV – Ipatinga / Vespeslano / Neves;
- LT 525 kV – Neves/ Bom Despacho 3;
- LT 525 kV- Bom Despacho 3 / São Gonçalo do Pará / Ouro Preto;
- LT 525 kV – Bom Despacho 3/ Jaguará;
- LT 525 kV – Bom Despacho 3 / São Gotardo 2 / Emborcação;
- LT 525 kV – Jaguará / Nova Ponte / Emborcação;
- LT 525 kV – Emborcação / Itumbiara;
- LT 525 kV – Jaguará / São Simão;
- LT 525 kV – São Simão / Água Vermelha;
- LT 525 kV – São Simão / Itumbiara;

#### Goiás

- LT 230 kV - Pirineus / Xavantes C-1: 40 km;
- LT 230 kV - Ribeirãozinho / B. Peixe;
- LT 230 kV - Rondonópolis / B. Peixe;
- LT 230 kV - Rondonópolis / Rio Verde;
- LT 230 kV – B. Peixe / Rio Verde;
- LT 230 kV – Rio Verde / Cachoeira Dourada;
- LT 230 kV – Rio Verde / Itumbiara;
- LT 230 kV – Itumbiara / Paranaíba;
- LT 230 kV – Cachoeira Dourada / Ananguera – Bandeirantes;
- LT 230 kV - Cachoeira Dourada / Planalto;
- LT 230 kV - Planalto / Ananguera – Bandeirantes;
- LT 230 kV - Ananguera- Bandeirantes / Palmeiras;
- LT 230 kV - Ananguera – Bandeirantes / Firminópolis;
- LT 230 kV - Ananguera – Bandeirantes / Goiânia Leste;
- LT 230 kV - Goiânia Leste / Xavantes;
- LT 230 kV - Ananguera – Bandeirantes / Xavantes;
- LT 230 kV - Pirineus / Brasília Geral;
- LT 230 kV - Brasília Sul / Brasília Geral;
- LT 230 kV - Brasília Sul / Barro Alto;
- LT 230 kV - Barro Alto / Itapaci;
- LT 230 kV - Barro Alto / Niquelândia;
- LT 230 kV - Niquelândia / Serra da Mesa;
- LT 230 kV - Serra da Mesa / Cana Brava;
- LT 345 kV – Itumbiara / Corumbá / Samambaia;
- LT 345 kV – Itumbiara / Ananguera / Samambaia;
- LT 525 kV – Itumbiara / Rio Verde Norte / Ribeirãozinho;
- LT 525 kV – Itumbiara / Samambaia;
- LT 525 kV – Emborcação / Samambaia;
- LT 525 kV – Samambaia / Serra da Mesa;
- LT 525 kV – Serra da Mesa / Rio das Éguas;

## Expansão prevista das Linhas de transmissão na porção brasileira da Bacia do Prata

### Região Sul e Mato Grosso do Sul

#### Ampliações e reforços previstos para 2007

- LT 230 kV – Blumenau / Joinville C2 – SC: 3,5 km;
- LT 230 kV – Curitiba / Joinville C2 – PR/SC: 2 x 0,3 km;
- LT 230 kV – Siderópolis / Lajeado Grande – RS/SC: 2 x 15 km;
- LT 230 kV – Biguaçu / Palhoça – SC: 17 km;
- LT 230 kV – Blumenau / Jorge Lacerda B – SC: 2 x 25 km;
- LT 230 kV – Jorge Lacerda A / Jorge Lacerda B – SC: 1 km;
- LT 230 kV – Lajes / Rio do Sul – SC: 99 km;
- LT 230 kV – Uberaba / Gov. Parigot de Souza – PR: 2 x 31 km;
- LT 230 kV – Atlântida 2 / Gravataí 3 – RS: 102 km;
- LT 230 kV – Gravataí 2 / Fibraplac / Osório 3 – RS: 2,32 km;
- LT 230 kV – Gravataí / CIAG – RS: 3,2 km;
- LT 525 kV – Campos Novos/Blumenau C2 – SC: 2 x 25 km (seccionamento na SE Biguaçu 525/230 kV);
- LT 525 kV – Campos Novos/Nova Santa Rita – SC/RS: 273 km;
- LT 525 kV – Machadinho/Campos Novos C2 – SC: 50,6 km;

#### Ampliações e reforços previstos para 2008

- LT 230 kV – Jorge Lacerda B / Siderópolis C3 – SC: 50 km;
- LT 230 kV – Imbirussu / Anastácio – MS: 117 km;
- LT 230 kV – Cascavel / Cascavel Oeste C3 – PR: 11,3 km;
- LT 230 kV – Caxias / Caxias 5 – RS: 25 km;
- LT 230 kV – D.I. São José dos Pinhais / Santa Mônica – PR: 25 km;
- LT 230 kV – Gralha Azul / D.I. São José dos Pinhais – PR: 31 km;
- LT 230 kV – Gravataí 2 / Porto Alegre 8 – RS: 16,5 km;
- LT 230 kV – Passo Real / Tapera 2 – RS: 58 km;
- LT 230 kV – ITAÚBA / CHARQUEADAS - RS: 18 km;
- LT 230 kV – Camaquã / Porto Alegre 2 – RS;
- LT 230 kV – Blumenau / Itajaí – SC: 2 x 37,5 km;
- LT 525 kV - Foz do Iguaçu/Cascavel Oeste – PR: 125 km;

#### Ampliações e reforços previstos para 2009

- LT 230 kV – Bateias / Pilarzinho – PR: 31 km;
- LT 230 kV – Joinville Norte /Curitiba – PR/SC: 97 km;
- LT 230 kV – Presidente Médici / Santa Cruz 1 – RS: 245 km;
- LT 230 kV – Campo Comprido / Umbará C2 – PR;
- LT 230 kV – Cidade industrial de Curitiba / Gralha Azul – PR;
- LT 230 kV – Londrina / Maringá – PR: 88 km;
- LT 230 kV – Canoinhas / São Mateus do Sul – SC/PR: 48 km;
- LT 230 kV – Santa Maria 3 / Dona Francisca – RS: 63 km;
- LT 230 kV – Apucarana / Figueira – PR: 2 x 15 km;
- LT 230 kV – Cascavel / Foz do Chopim – PR: 73,1 km;

#### Ampliações e reforços previstos para o menor tempo possível

- LT 230 kV – Nova Santa Rita / Scharlau – SC: 23 km;
- LT 230 kV – Salto Osório / Pato Branco / Xanxerê – PR/SC: 165 km;
- LT 230 kV – Salto Osório / Xanxerê – PR/SC: 162 km;
- LT 230 kV – Cidade industrial / Pelotas 3 – RS: 2 km;
- LT 230 km – Canoas 1 – RS: complementação do seccionamento da LT 230 kV Cidade Industrial / Porto Alegre 9 (adequação do setor de 230 kV);
- LT 230 kV – Eldorado – RS: complementação do seccionamento da LT 230 kV Porto Alegre 9 / Camaquã (adequação do setor de 230 kV);
- LT 230 kV – São Vicente – RS: complementação de seccionamento da LT 230 kV Alegrete 2 / Santa Maria 3 (adequação do setor de 230 kv);

#### Ampliações e reforços sem previsão

- LT 230 kV – Biguaçu / Desterro – SC: 57 km;
- LT 230 kV – Garibaldi / Monte Claro – RS: 25 km;
- LT 230 kV – Nova Santa Rita / Porto Alegre 9 – SC: 29 km;
- LT 230 kV – Porto Alegre 9 / Porto Alegre 4 – RS: 15 km;
- LT 230 kV – Porto Alegre 9 / Porto Alegre 8 – RS: 12 km

#### São Paulo

##### Ampliações e reforços previstos para 2008

- LT 230 kV – Ilha Solteira / Araraquara C1 e C2: 2 x (2 x 1,8 km);
- LT 345 kV – Itapeti/Nordeste: 29 km;

##### Ampliações e reforços previstos para 2009

- LT 230 kV – Itararé II / Jaguariaíva: 44 km;
- LT 345 kV – Poços/Mogi: 2 x 1 km (seccionamento de um circuito dessa linha para conexão da SE Atibaia 345/138 kV);
- LT 440 kV – Jupia/Bauru: 2 x (2 x 1) km (seccionamento de um circuito dessa linha para conexão da SE Getulina 440/138 kV);
- LT 440 km – Araraquara/Santo Ângelo: 2 x 2 km (seccionamento de um circuito dessa linha para conexão da nova SE Araras 440/138 kV);

#### Ampliações e reforços previstos para o menor tempo possível

- LT 230 kV – Edgar de Souza / Pirituba: 2 x 21 km;
- LT 345 kV – Alto da Serra/Sul: 2 x 15 km (construção de LT, circuito duplo, Alto da Serra – derivação para Embu Guaçu – Sul, 2 x 2 x 954 MCM, 2200 A);
- LT 345 kV – Interlagos/Piratininga II C1 e C2: 2 x 1 km (construção de trecho de LT 2 x 2 x 954 MCM, associada à nova SE Piratininga II 345/88 kV – 3 x 400 MVA);
- LT 345 kV – Alto da Serra/Baixada: 6,3 km (recondutoramento de LT circuito duplo para 2 x 2 x 954 MCM, 2200A);

## Minas Gerais

### Ampliações e reforços previstos para 2007

- LT 345 kV – L.C.Barreto / Mascarenhas de Moraes: 2 x 2 x 0,5;
- LT 345 kV – L.C.Barreto / Furnas: 2 x 2 x 0,5;

### Ampliações e reforços previstos para 2008

- LT 345 kV – Furnas / Pimenta: 75 km;
- LT 525 kV – Paracatu 4 / Emborcação: 188 km;
- LT 525 kV – Emborcação / Nova Ponte: 88 km;
- LT 525 kV – Nova Ponte / São Gotardo 2 : 198 km;
- LT 525 kV – São Gotardo 2 / Bom Despacho 3: 93 km;
- LT 525 kV – Neves 1 / Mesquita: 172,5 km;

### Ampliações e reforços previstos para 2008

- LT 525 kV – Bom Despacho 3 / Ouro Preto 2: 180 km;
- LT 525 kV – Estreito / Jaguará: 53 km;
- LT 525 kV – Estreito / Ribeirão Preto: 118 km;
- LT 525 kV – Poços de Caldas / Ribeirão Preto: 137 km;
- LT 525 kV – Marimbondo / Ribeirão Preto: 196 km;
- LT 525 kV – Marimbondo / São Simão: 216 km;
- LT 525 kV – Paracatu 4 / Pirapora 2: 246 km;

### Ampliações e reforços previstos para o menor tempo possível

- LT 230 kV – Taquaril / Itabira 2: 65 e 94 km;
- LT 230 kV – Taquaril / B. Cocais: 46 km;
- LT 230 kV - B. Cocais /João Monlevade: 34 km;
- LT 230 kV – João Monlevade 2 / Itabira 2: 27 km;
- LT 230 kV – Itabira 2 / P. Estrela: 64 km;
- LT 230 kV – P. Estrela / Ipatinga: 44 km;
- LT 230 kV – Gov. Valadares / Aimorés;

## Goiás

### Ampliações e reforços previstos para 2008

- LT 230 kV – Brasília Sul / Barro Alto: 2 X 0,05 km;
- LT 230 kV – Ananguera / Firminópolis: 2 x 0,05 km;
- LT 230 kV – Ananguera / Cachoeira Dourada: 2 x 0,07 km ;
- LT 525 kV – Luziânia / Paracatu: 118 km;
- LT 525 kV – Peixe 2 / Serra da Mesa 2: 195 km;
- LT 525 kV – Samambaia / Luziânia: 65 km;
- LT 525 kV – Serra da Mesa 2 / Luziânia: 310 km;

### Ampliações e reforços previstos para 2009

- LT230 kV – Bandeirantes / XavanteS C2: 20 km;
- LT230 kV – Ananguera / Goiânia Leste: 12 km;

- LT230 kV – Anhanguera / Cachoeira Dourada: 12 km;

Ampliações e reforços previstos para o menor tempo possível

- LT230 kV – Carajás / Anhanguera: 1,8 km;
- LT230 kV – Carajás / Anhanguera: 2 X 2,1 km;
- LT230 kV – Serra da Mesa / Barro Alto: 192 km;

## Anexo B

### Confiabilidade Estrutural

Sistemas estruturais são projetados, construídos e mantidos de modo a cumprir uma determinada função estrutural ao longo de sua vida útil e com um nível adequado de segurança. No estudo da segurança estrutural tem-se uma preocupação com a violação dos estados limites último ou de serviço. Tradicionalmente, a violação dos estados limites é medida de forma determinística, porém essa sistemática não permite considerar adequadamente as incertezas pertinentes as grandezas envolvidas. Para tal, é apropriado o emprego de uma abordagem probabilística, onde a medida de chance de ocorrência da violação de um estado limite é dada pela probabilidade de falha. Aqui, entende-se por falha um estado indesejável da estrutura.

Apresentam-se, sucintamente, os conceitos fundamentais de confiabilidade estrutural aplicados como auxílio na racionalização dos projetos de fundações para suportes de linhas de transmissão.

### Estado Limite e Coeficientes de Segurança

O critério de segurança mais comum e atual é baseado no Método dos Estados Limites, no qual são verificadas a resistência última e o estado limite de utilização. Define-se como estado limite a condição na qual a estrutura torna-se inadequada para desempenhar a função proposta. A idéia central desse critério é minoração das resistências e a majoração do carregamento.

A NBR 6118 (2003) adota o formato do Método dos Estados Limites como critério de segurança, sendo que para minorar a resistência são usados fatores de minoração para cada material.

Os fatores de minoração e majoração são conhecidos como coeficientes de segurança e são determinados a partir da relação entre os valores médios das

variáveis de resistência e de solicitação de um elemento estrutural. Na estrutura real, a resistência e solicitação podem assumir valores maiores ou menores que os valores médios utilizados; portanto, tais coeficientes de segurança não refletem a segurança da estrutura uma vez que não refletem as incertezas das variáveis envolvidas no problema.

## O Problema Básico da Confiabilidade Estrutural

Devido à presença de incertezas na determinação da capacidade (resistência) e/ou da demanda (solicitação), a segurança de uma estrutura pode ser medida apenas em termos probabilísticos, ou seja, em termos da probabilidade da resistência ser menor do que o carregamento. Surge, então, o conceito da confiabilidade estrutural. Confiabilidade estrutural é a capacidade que uma estrutura tem de cumprir seu propósito de projeto por um determinado período de referência (Thoft-Christensen e Murotsu, 1986, apud Verzenhassi, 2008).

De outra forma, a probabilidade de falha representa uma medida probabilística da violação dos estados limites. Assumindo um problema com duas variáveis aleatórias, a resistência ( $R$ ) e a solicitação ( $S$ ), tem-se:

$$P_f = \int_0^{\infty} \int_0^s f_{R,S}(r, s) dr ds \quad (1)$$

onde  $f_{R,S}(r, s)$  é a função densidade de probabilidade conjunta das variáveis  $R$  e  $S$ . Se  $R$  e  $S$  são estatisticamente independentes, a probabilidade de falha pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$P_f = \int_0^{\infty} F_R(s) f_S(s) ds \quad (2)$$

onde  $F_R(\cdot)$  é a função de distribuição acumulada da variável  $R$ ;  $f_S(s)$  é a função densidade de probabilidade da variável  $S$ .

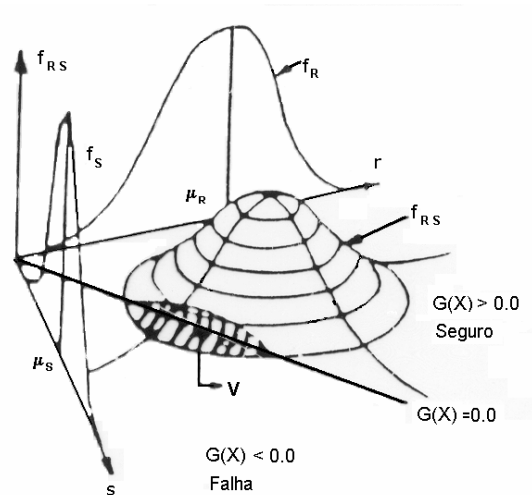


Figura 1 – Problema fundamental da Confiabilidade

Para muitos casos não é possível reduzir o problema de confiabilidade estrutural a uma formulação simples de solicitação versus resistência, com  $R$  e  $S$  variáveis aleatórias independentes. Logo, uma formulação geral é exigida. A avaliação de probabilidade de falha é baseada em uma função de desempenho do problema,  $G(\mathbf{X})$ , formulada em termos das variáveis aleatórias básicas de projeto  $X_i$ . Para cada conjunto de valores dessas variáveis é preciso definir se a estrutura falha ou não. O desempenho limite é definido como  $G(\mathbf{X}) = 0$  (representa o “estado limite”), enquanto  $G(\mathbf{X}) > 0$  define o domínio seguro e  $G(\mathbf{X}) < 0$  define o domínio de falha.

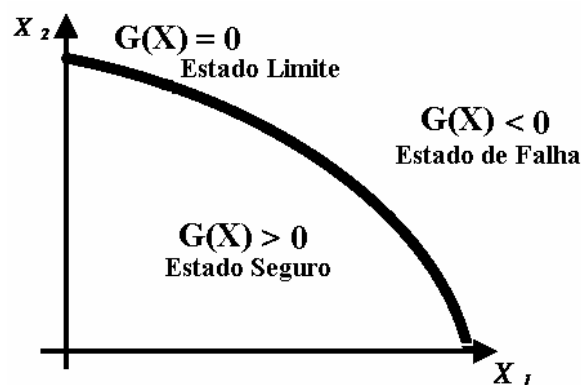


Figura 2 – Representação da probabilidade de falha.

Tomando-se  $f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x})$  como função densidade de probabilidade conjunta de todas as variáveis aleatórias  $\mathbf{x}$  envolvidas no problema, a probabilidade de falha pode ser representada pela seguinte equação:



$$P_f = P[G(\mathbf{X}) \leq 0] = \int_{G(\mathbf{X}) \leq 0} \int_{\dots} f_{\mathbf{X}}(x) dx \quad (3)$$

O cálculo da probabilidade de falha ( $P_f$ ) requer o conhecimento da distribuição conjunta  $f_{\mathbf{X}}(x)$ . Na prática, essa informação usualmente não está disponível ou é difícil de ser obtida devido à insuficiência de dados. Além disso, a avaliação numérica da expressão 3 não é simples, pois envolve a resolução de uma integral n-dimensional, com n variáveis aleatórias (v.a.'s), em um domínio complexo. Mesmo com o desenvolvimento de técnicas modernas de integração numérica e com computadores cada vez mais eficientes, na prática, a avaliação dessas equações tem se restringido a problemas com 5 ou 6 v.a.'s.

Diante dessas dificuldades, algumas ferramentas podem ser utilizadas para avaliar a probabilidade de falha. São elas: Simulação de Monte Carlo, Superfície de Resposta e Métodos Analíticos.

A Simulação de Monte Carlo é basicamente um experimento amostral cujo objetivo é estimar a distribuição de resultados possíveis da variável de interesse com base em uma ou mais variáveis básicas que se comportam de acordo com alguma distribuição estipulada (Azevedo, 2007). Geralmente, soluções de Monte Carlo de amostras finitas não são “exatas”, a menos que a amostra seja infinitamente grande (Azevedo, 2007).

O Método de Superfície de Resposta consiste, sucintamente, em aproximar a equação de estado limite por uma expressão polinômica aproximada, que pode ser utilizada, de forma mais simples, para avaliar as probabilidades de falha.

Os métodos analíticos são apresentados mais detalhadamente a seguir, já que um deles é a ferramenta utilizada no presente trabalho.

## Métodos Analíticos

Diante das dificuldades em se determinar diretamente a função conjunta de densidade,  $f_{\mathbf{X}}(x)$ , das variáveis aleatórias de um problema, as primeiras técnicas desenvolvidas para avaliar a probabilidade de falha consideram um índice denominado índice de confiabilidade de segunda ordem,  $\beta$ , para auxiliar na avaliação da probabilidade de falha. Tal índice baseia-se nos momentos de segunda ordem (média e no desvio-pradrão) das variáveis aleatórias e no coeficiente de correlação entre as mesmas. Portanto, essas técnicas não

consideram o tipo de distribuição das variáveis aleatórias, sendo apenas exata para uma função linear de variáveis aleatórias com distribuições normais.

Assim sendo, determina-se um índice de confiabilidade que é estimado pela expressão 4 e a partir do mesmo avalia-se a probabilidade de falha pela expressão 5.

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} = \frac{E[G(X)]}{\sqrt{\text{Var}[G(X)]}} \quad (4)$$

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (5)$$

As técnicas inicialmente elaboradas possuem certas inconsistências, como por exemplo, a obtenção de índices de confiabilidade diferentes para um problema cuja função de falha pode ser representada por duas funções de estado limite diferentes, porém equivalentes. Atualmente, essa questão já é superada pelo uso de métodos mais evoluídos, como o FORM e SORM, apresentados a seguir.

### **FORM (“First Order Reliability Method”)**

O método de confiabilidade de primeira ordem ou FORM “First Order Reliability Method” considera toda a informação estatística a respeito das v.a.’s do problema. Isso inclui qualquer tipo de distribuição e correlação entre as variáveis.

Tal método baseia-se na linearização da função de falha em um espaço de variáveis normais padrão não correlacionadas. Para isso, é necessário transformar o vetor de variáveis originais,  $\mathbf{X}$ , em um vetor de variáveis normais não correlacionadas,  $\mathbf{U}$ . Geralmente emprega-se a transformação de Nataf, a qual envolve uma transformação em normais equivalentes, e a eliminação da correlação entre as variáveis. A transformação de Rosenblatt (que é uma sistemática mais completa) também pode ser empregada, desde que a distribuição de probabilidade condicional seja conhecida.

No espaço normal padrão, visa-se determinar o ponto mais provável de falha, denominado ponto de projeto,  $\mathbf{U}^*$ , que é o ponto sobre a superfície de estado limite que está mais próximo da origem. Isso ocorre porque a função de densidade conjunta diminui exponencialmente conforme a distância para a origem do sistema aumenta. Para determinar esse ponto, um procedimento de busca é

necessário. O algoritmo de Hasofer, Lind, Rackwitz e Fiessler, ou HLRF, é comumente utilizado (Verzenhassi, 2008).

Conhecido o ponto de projeto, passa-se por ele um hiperplano (equação 6) tangente à função de estado limite que tem por função a linearização da mesma.

$$h(u) = -\alpha u + \beta = 0 \quad (6)$$

Na expressão anterior  $\alpha$  é o vetor normal à superfície de falha no ponto de projeto e é definido pela equação 7.  $\beta$  é o índice de confiabilidade obtido através da equação 9. Avaliado o índice de confiabilidade, a probabilidade de falha é então aproximada pela equação (10).

$$\alpha = \frac{\nabla g}{\|\nabla g\|}, \quad (7)$$

$$\nabla g = \left[ \frac{\partial g(u)}{\partial u_1}, \frac{\partial g(u)}{\partial u_2}, \dots, \frac{\partial g(u)}{\partial u_n} \right] \quad (8)$$

$$\beta = \text{sign}[g(0)] \|u^*\| \quad (9)$$

$$p_f \approx \Phi(-\beta) \quad (10)$$

### SORM (“Second Order Reliability Method”)

A idéia do SORM é basicamente a mesma do FORM. A diferença entre ambos consiste na aproximação feita para superfície de falha no espaço reduzido. No SORM, ao invés de se fazer uma superfície linear no ponto de projeto faz-se uma aproximação por uma superfície quadrática, como mostra a Figura 3.

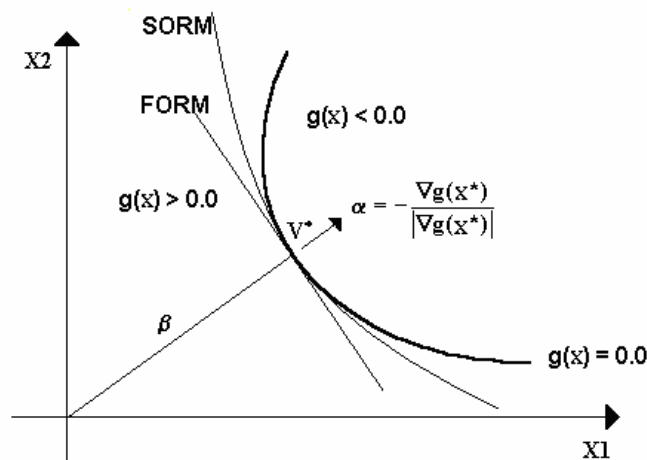


Figura 3 – Ilustração dos métodos FORM e SORM (COPPE).

Para essa aproximação, várias expressões para o cálculo da probabilidade de falha,  $P_f$ , são propostas, porém a mais simples delas é a fórmula de Breitung (Breitung, 1984, apud COPPE):

$$P_f = \Phi(-\beta) \prod_{i=1}^{n-1} (1 + \beta \kappa_i)^{-1/2} \quad (11)$$

onde  $\kappa_i$  são as curvaturas principais da superfície de falha no ponto de projeto e n o número de variáveis randômicas na análise. A avaliação de  $\kappa_i$  é feita segundo procedimentos apresentados em Liu e Kiureghian, 1989, Madsen et al., 1986 e Breitung, 1984 (COPPE). Esses procedimentos envolvem a avaliação das derivadas de segunda ordem da função de falha no ponto de projeto. A expressão 11 é uma aproximação assintótica, ou seja, tende ao valor exato para valores pequenos de  $P_f$ .

### Programa para análise de confiabilidade: FERUM

Para uma breve familiarização com as estruturas de dados do programa FERUM, são apresentados alguns trechos do *inputfile\_template.m*, que é um arquivo de entrada explicativo incluído no *ferumcode*.

```

%%
%%
%% DATA FIELDS IN 'PROBDATA':
%%
%%
%% Marginal distributions for each random variable:
probddata.marg(1,:) = [ (type) (mean) (std.dev.) (startpoint) (p1) (p2) (p3) (p4) (Input_type)];
probddata.marg(2,:) = [ (type) (mean) (std.dev.) (startpoint) (p1) (p2) (p3) (p4) (Input_type)];
...
%%Notes:
% - Each field (mean, std.dev., p1, p2, p3, p4, Input_type) must be fill in. If not used input a
dummy value.
%
% - Input_type = 0 when distribution defined thanks to the mean and std.dev.
% Input_type = 1 when distribution defined thanks to the distribution parameters pi
%
% - For Type III Smallest value marginal distribution
% You must give the value of epsilon as p3 when using the mean and std.dev. input
%
% - For Beta marginal distribution , you have to give the value of a as p3 and b as p4 when using
% the mean and std. dev. input.
% User will not be able to use this beta distribution while using a student version of MATLAB.
%%
%% FERUM distributions library
%%
% Type: 1 = Normal distribution
% 2 = Lognormal distribution
% 3 = Gamma
% 4 = Shifted Exponential marginal distribution

```

```

% 5 = Shifted Rayleigh marginal distribution
% 6 = Uniform distribution
% 7 = Beta
% 8 = Chi-square
%
% 11 = Type I Largest Value marginal distribution
% 12 = Type I Smallest Value marginal distribution
% 13 = Type II Largest Value marginal distribution
% 14 = Type III Smallest Value marginal distribution
% 15 = Gumbel (same as type I largest value)
% 16 = Weibull marginal distribution (same as Type III Smallest Value marginal distribution
with epsilon = 0 ) %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Determine the parameters, the mean and standard deviation associated with the distribution of
each random variable
probddata.parameter = distribution_parameter(probddata.marg);

% Correlation matrix (square matrix with dimension equal to number of r.v.'s)
probddata.correlation=[1.0 0.2 0.3 ;
                      0.2 1.0 0.4 ;
                      0.3 0.4 1.0 ];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% DATA FIELDS IN 'ANALYSISOPT':
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Parameters in search algorithm
analysisopt.ig_max = 100; % Maximum number of global iterations allowed in the search
algorithm
analysisopt.il_max = 5; % Maximum number of line iterations allowed in the search
algorithm
analysisopt.e1 = 0.001; % Tolerance on how close design point is to limit-state surface
analysisopt.e2 = 0.001; % Tolerance on how accurately the gradient points towards the origin
analysisopt.step_code = 0; % 0: step size by Armijo rule, otherwise: given value (0 < s <= 1) is
the step size.
analysisopt.grad_flag = 'DDM'; % 'DDM': direct differentiation, 'FFD': forward finite difference

% Simulation analysis
analysisopt.sim_point = 'dspt'; % 'dspt': design point, 'origin': origin in standard normal space
analysisopt.stdv_sim = 1; % Standard deviation of sampling distribution
analysisopt.num_sim = 1000; % Number of simulations
analysisopt.target_cov = 0.05; % Target coefficient of variation of failure probability estimate

% Inverse FORM analysis
analysisopt.beta_target = 2; % Target reliability index
analysisopt.e3 = 0.001; % Tolerance on target beta

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% DATA FIELDS IN 'GFUNDATA' (one structure per gfun):
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% User can define limit-state function parameters
% if there is no parameter in the limit-state function
gfundata(1).parameter = 'no';

% Type of limit-state function evaluator (Alternatives: 'basic', 'FERUMlinearfecode',
'FERUMnonlinearfecode', 'fedeads')

gfundata(1).evaluator = 'basic';

```

```

% Type of limit-state function
% (Alternatives: 'expression','matlabfile')
%In case of 'expression'
gfundata(1).type = 'expression';
% if there is no parameter in the limit-state definition
gfundata(1).expression = '1.0 - x(2)/(1000*x(3)) - (x(1)/(200*x(3)))^2';
% Give explicit gradient expressions with respect to the involved quantities (in the order x(1),
x(2), ...) if DDM is used:
gfundata(1).dgdq = { '-x(1)/(20000*x(3)^2' ;
                    '-1/(1000*x(3))' ;
                    '(20*x(2)*x(3)+x(1)^2)/(20000*x(3)^2)'};
% Give explicit gradient expressions with respect to the limit-state function parameters
%(in the order thetag(1), thetag(2), ...) if DDM is used:
gfundata(1).dgthetag = {'1'};

```

## Apêndice A

### Sondagens Geofísicas

As sondagens geofísicas são raramente utilizadas nas fases posteriores de um projeto envolvendo linhas de transmissão, sendo mais aplicáveis em casos de subestações. Assim, este método de investigação geotécnica será apresentado, sucintamente, a seguir, a título de ilustração.

Normalmente são utilizados o método sísmico de refração (crosshole) e perfilagem de eletroresistividade e/ou eletromagnética. O primeiro consiste em gerar ondas de cisalhamento e de compressão num dos furos e medir os tempos de propagação até um segundo ou terceiro furos. Fornece informações sobre a profundidade do topo da rocha, com as quais pode-se calcular os parâmetros elásticos dinâmicos do maciço, bem como avaliar sua qualidade, podendo auxiliar, ainda, na determinação da profundidade do nível da água no subsolo. Tal método é mais aplicado nos trechos ou locais onde são realizadas escavações, executando-se, normalmente, seções ortogonais nos locais de implantação de torres de linhas de transmissão.

A perfilagem, na geotecnia, encontra aplicações no estudo de porosidades, fraturamentos, mudanças litológicas, etc, a partir de parâmetros físicos como resistividade, densidade e potencial espontâneo.

A perfilagem de eletroresistividade também pode fornecer informações sobre o topo da rocha e a posição do nível da água, mas é mais utilizado na determinação da resistividade do subsolo, para diagnóstico de agressividade. Recomenda-se, então, a sua realização ao longo do traçado do sistema, nos trechos de formações geológicas com características que favoreçam esse condicionante, levando-se também em consideração a posição do nível da água, pois o valor da resistividade é função também de sua presença. Adicionalmente, este método produz parâmetros, em cada local da estrutura, para o dimensionamento do aterramento das linhas de transmissão.

Existe, ainda, o sistema de radar para furos de sondagens (ABGE, 1998), em duas versões: na primeira, o transmissor e o receptor de ondas eletromagnéticas são posicionados em um único furo para obter imagens das estruturas geológicas (falhas e fraturas) localizadas nas proximidades (reflexão de onda de radar); na segunda, o transmissor é posicionado num dos furos e o receptor num outro, obtendo-se informações sobre a qualidade da rocha (fraturamento, alteração) situada entre furos (*crosshole*).



## Apêndice B

### Normatização

Tabela 1 – Norma brasileira relacionada à terminologia aplicada.

TERMINOLOGIA	
Norma	Descrição
NBR 6502	Rochas e Solos

Tabela 2 – Normas brasileiras sobre ensaios de laboratório.

ENSAIOS DE LABORATÓRIO	
Norma	Descrição
NBR 6457	Amostras de solo preparação para ensaios de compactação e caracterização
NBR 6508	Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica
NBR 6458	Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica e de absorção de água
NBR 6459	Solo – determinação do limite de liquidez
NBR 7180	Solo – determinação do limite de plasticidade
NBR 7181	Solo – análise granulométrica
NBR 7182	Solo – ensaio de compactação
NBR 7183	Determinação do limite de contração
NBR 9252	Solo – determinação do grau de acidez
NBR 10838	Solo – determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas com emprego da balança hidrostática
NBR 12004	Solo – determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos
NBR 12007	Solo – ensaio de adensamento unidimensional
NBR 12005	Solo – determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos
NBR 12770	Solo – determinação da resistência a compressão não confinada

Tabela 3 – Normas brasileiras sobre estudo para projeto e execução de obras de linhas de transmissão.

ESTUDO PARA PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE LT'S	
Norma	Descrição
NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 6497	Estrutura ancorada no terreno. Ancoragem injetada no terreno
NBR 6497	Levantamento geotécnico
NBR 8044	Projeto geotécnico
NBR 9061	Segurança de escavação a céu aberto
NBR 9288	Emprego de terrenos reforçados
NBR 11682	Estabilidade de taludes
NBR 9285	Micro ancoragem
NBR 9286	Terra armada

Tabela 4 – Normas brasileiras sobre ensaios de campo, prospecção e controle tecnológico.

ENSAIOS DE CAMPO, PROSPECÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO	
Norma	Descrição
NBR 6121	Estaca e tubulão – prova de carga
NBR 6489	Prova de carga direta sobre o terreno de fundação
NBR 6490	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de ocorrências de rochas
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia
NBR 7389	Apreciação petrográfica de agregados
NBR 7390	Análise petrográfica de rochas
NBR 7185	Solo – determinação da massa específica aparente <i>in situ</i> com o frasco de areia
NBR 7250	Identificação e descrição de amostras obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos
NBR 9603	Sondagens a trado
NBR 9604	Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo com retirada de amostras deformadas e indeformadas
NBR 9813	Solo – determinação da massa específica aparente <i>in situ</i> com emprego do cilindro de cravação
NBR 9820	Coleta de amostras indeformadas de solo em furos de sondagem
NBR 6484	Execução de sondagem de simples reconhecimento dos solos
NBR 10905	Execução de ensaios de palheta <i>in situ</i>
NBR 12069	Solo – ensaio de penetração de cone <i>in situ</i> (CPT)
NBR 12102	Controle de compactação pelo método de Hilf

## Apêndice C

### NBR5422

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade do terreno.

<b>Categoria do Terreno</b>	<b>Características do terreno</b>	<b>Coeficiente de rugosidade <math>K_r</math></b>
A	Vastas extensões de água; áreas planas costeiras; desertos planos	1,08
B	Terreno aberto com poucos obstáculos	1,00
C	Terreno com obstáculos numerosos e pequenos	0,85
D	Áreas urbanizadas; terrenos com muitas árvores altas	0,67

Notas:

a) em vales que possibilitem uma canalização de vento em direção desfavorável para o efeito em questão, deve-se adotar para  $K_r$  uma categoria imediatamente anterior à que foi definida com as características apresentadas na tabela.

b) os valores de  $K_r$  correspondem a uma velocidade de vento média sobre 10 minutos (período de integração de 10 minutos), medida a 10 m de altura do solo.

c) as mudanças previstas nas características da região atravessada devem ser levadas em conta na escolha de  $K_r$ .

Tabela 2 – Valores de n para correção da velocidade do vento em função da altura.

Categoria do Terreno	n	
	t = 2 s	t = 30 s
A	13	12
B	12	11
C	10	9,5
D	8,5	8

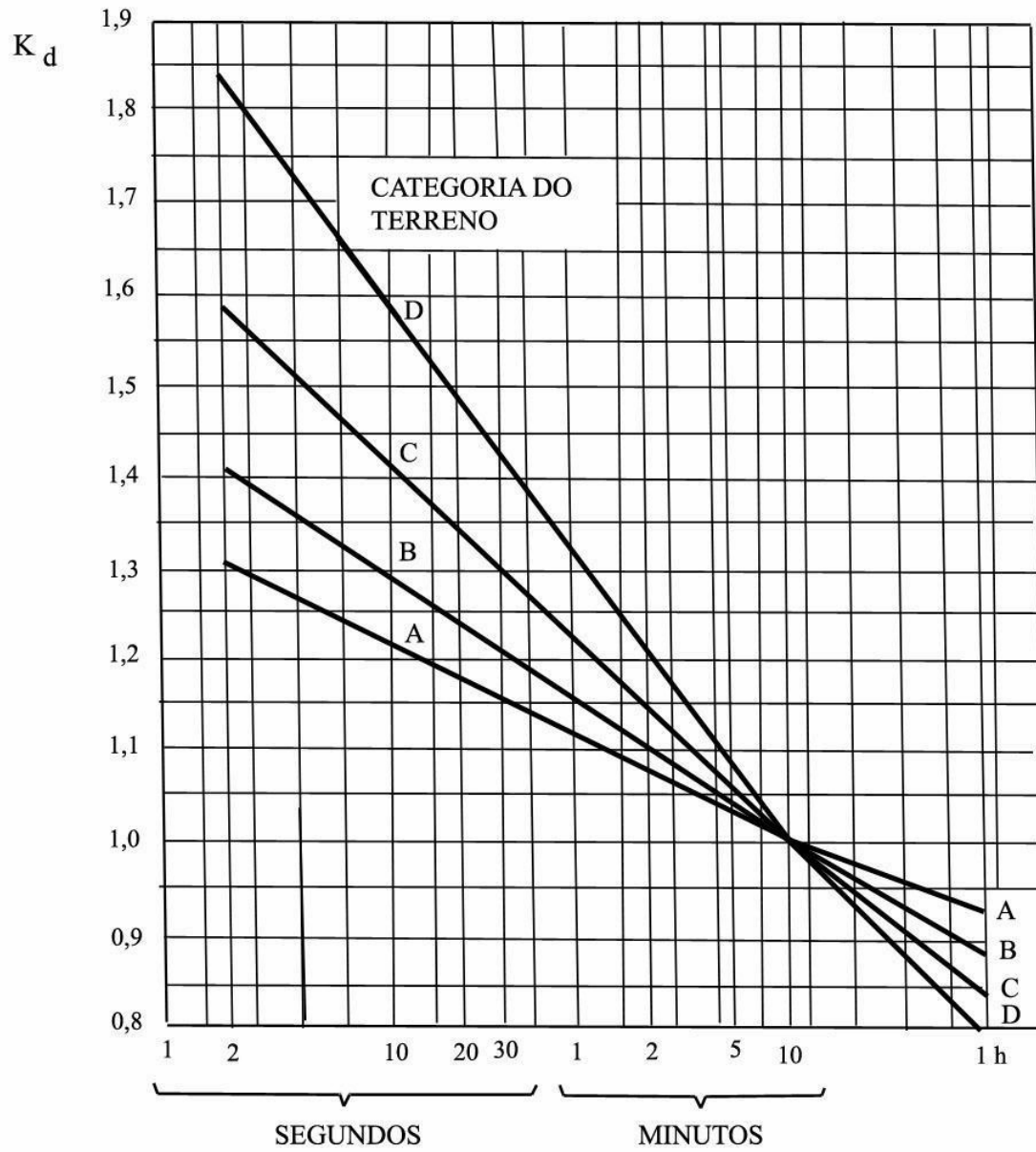


Figura 1 – Relação entre as velocidade médias a 10m de altura.

Figura 2 – Velocidade básica do vento ( $V_b$ ).

## Apêndice D

Tabela 1 – Distribuições de probabilidades.

Distribuição	$f_x(x)$ , PDF	$F_X(x)$ , CDF	E(X), (média)	$\sqrt{\text{Var}(X)}$ , (des. padrão)
Normal	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$	$\Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$	$\mu$	$\sigma$
Lognormal	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\xi x} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\lambda}{\xi}\right)^2\right)$	$\Phi\left(\frac{\ln(x)-\lambda}{\xi}\right)$	$\exp\left(\lambda + \frac{1}{2}\xi^2\right)$	$E(X)\sqrt{\exp(\xi^2)-1}$
Exponencial	$\lambda \exp(-\lambda x)$	$1 - \exp(-\lambda x)$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$
Rayleigh	$\frac{x}{\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma_r}\right)^2\right)$	$1 - \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma_r}\right)^2\right)$	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}\sigma_r$	$\left(\sqrt{2 - \frac{\pi}{2}}\right)\sigma_r$
Uniforme	$\frac{1}{b-a}$	$\frac{x-a}{b-a}$	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{b-a}{\sqrt{12}}$
Tipo I (máx.) (Gumbel)	$\alpha \exp(-\alpha(x-u) - \exp(-\alpha(x-u)))$	$\exp(-\exp(-\alpha(x-u)))$	$u + \frac{0.5772}{\alpha}$	$\frac{\pi}{\sqrt{6}\alpha}$
Tipo I (mínimos)	$\alpha \exp(\alpha(x-u) - \exp(\alpha(x-u)))$	$1 - \exp(-\exp(\alpha(x-u)))$	$u - \frac{0.5772}{\alpha}$	$\frac{\pi}{\sqrt{6}\alpha}$
Tipo II (máximos)	$\frac{k}{v} \left(\frac{v}{x}\right)^{k+1} \exp\left(-\left(\frac{v}{x}\right)^k\right)$	$\exp\left(-\left(\frac{v}{x}\right)^k\right)$	$v\Gamma\left(1 - \frac{1}{k}\right)$	$v\left(\Gamma\left(1 - \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 - \frac{1}{k}\right)\right)^{\frac{1}{2}}$
Tipo III (min.) (Weibull)	$\frac{k}{v} \left(\frac{x}{v}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{v}\right)^k\right)$	$1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{v}\right)^k\right)$	$v\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$	$v\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right)^{\frac{1}{2}}$
Nota: $\Gamma(\ )$ é a função Gamma.				