



**Operador Nacional
do Sistema Elétrico**

Submódulo 2.4

Requisitos mínimos para linhas de transmissão aéreas

Rev. Nº.	Motivo da revisão	Data de aprovação pelo ONS	Data e instrumento de aprovação pela ANEEL
0.0	Este documento foi motivado pela criação do Operador Nacional do Sistema Elétrico.	09/10/2000	_____
0.1	Adequação à Resolução nº 140/02 - ANEEL de 25/03/2002	09/05/2002	_____
0.2	Adequação ao Ofício nº 112/2002-SRT/ANEEL de 22/08/2002	_____	24/12/2002 Resolução nº 791/02
0.3	Atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 115, de 29 de novembro de 2004.	10/10/2005	07/07/2008 Resolução Autorizativa nº 1436/08
1.0	Versão decorrente da Audiência Pública nº 049/2008, submetida para aprovação em caráter definitivo pela ANEEL.	17/06/2009	05/08/2009 Resolução Normativa nº 372/09

Nota: Convencionou-se como 1.0 a primeira versão deste procedimento aprovada em caráter definitivo pela ANEEL. A numeração das versões anteriores foi alterada de forma a ter numeração inferior a 1.0 (ex. a antiga versão 0 é agora chamada de 0.0, a antiga versão 1 é agora chamada de 0.1, e assim em diante).

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVO	4
3 ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO	4
4 RESPONSABILIDADES	4
4.1 Do OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS	4
4.2 DOS AGENTES DE TRANSMISSÃO	5
5 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS	5
6 REQUISITOS GERAIS	5
7 REQUISITOS ELÉTRICOS.....	5
7.1 CAPACIDADE DE CORRENTE DAS FASES	5
7.2 CAPACIDADE DE CORRENTE DOS CABOS PÁRA-RAIOS.....	6
7.3 PERDA JOULE NOS CABOS.....	6
7.4 TENSÃO MÁXIMA OPERATIVA	6
7.5 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	7
7.6 EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA	8
7.7 Desequilíbrio.....	8
7.8 TRAVESSIA COM LT DA REDE BÁSICA.....	9
8 REQUISITOS MECÂNICOS	9
8.1 CONFIABILIDADE	9
8.2 PARÂMETROS DE VENTO.....	9
8.3 CARGAS MECÂNICAS SOBRE OS CABOS	10
8.4 CARGAS MECÂNICAS SOBRE AS ESTRUTURAS	10
8.5 FADIGA MECÂNICA DOS CABOS	11
8.6 FUNDAÇÕES	11
9 REQUISITOS ELETROMECCÂNICOS	11
9.1 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	11
9.2 CORROSÃO ELETROLÍTICA.....	12
9.3 CORROSÃO AMBIENTAL	12

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS estabelece, conforme detalhado no Submódulo 2.2 *Verificação da conformidade das instalações da rede básica aos requisitos mínimos*, as características básicas operativas das Funções Transmissão – FT a serem incorporadas à rede básica a cada ciclo do Plano de Ampliações e Reforços na Rede Básica – PAR, descrito no Módulo 4 *Ampliações e reforços*. Para promover a segurança operativa da rede básica, faz-se necessário que o desempenho de cada FT, definida no Submódulo 2.1 *Requisitos mínimos para instalações e gerenciamento de indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes: visão geral*, esteja circunscrito a um domínio (ou conjunto de valores) previamente estabelecido, ou seja, que atenda a um conjunto de requisitos elétricos, mecânicos e eletromecânicos.

1.2 O presente submódulo trata dos requisitos mínimos que devem ser atendidos por Função Transmissão Linha de Transmissão (FTLT) da rede básica. Caso critérios de operação e planejamento assim o determinem, podem ser incluídos nos documentos licitatórios de determinada FTLT requisitos específicos, como por exemplo: requisitos especiais nas proximidades de aeroportos.

1.3 Os requisitos estabelecidos neste submódulo aplicam-se:

- (a) a toda FTLT aérea de tensão eficaz fase-fase superior ou igual a 230 kV, CA, integrante da rede básica, cujo processo de outorga – licitação ou autorização – tenha se iniciado após o período de vigência deste submódulo, que se inicia na data da publicação de sua homologação pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- (b) às FTLT que empreguem tecnologias abrangidas pela NBR 5422, ou sua sucessora, bem como pelas normas técnicas referidas no item 5 deste submódulo;
- (c) ao pré-projeto, aos projetos básico e executivo, bem como às fases de construção, manutenção e operação das FTLT;
- (d) ao projeto, fabricação, inspeção, ensaios e montagem de materiais, componentes e equipamentos utilizados nas FTLT; e
- (e) a qualquer inserção ou alteração de um componente de uma FTLT pertencente à rede básica, com relação ao seu projeto original, tais como derivações e seccionamentos de linhas de transmissão (LT) e troca de equipamentos, reisolamento, recapacitação e/ou reformas.

1.4 Os requisitos para elementos de compensação reativa e equipamentos de conexão da LT às subestações terminais não são abordados neste submódulo, pois constam do Submódulo 2.3 *Requisitos mínimos para transformadores e para subestações e seus equipamentos*. Este submódulo restringe-se aos requisitos para LT.

1.5 Para melhor compreensão deste submódulo, destacam-se os seguintes conceitos, cuja definição está detalhada no Módulo 20 Glossário de termos técnicos:

- (a) **Função Transmissão Linha de Transmissão – FTLT;**
- (b) **Linha de Transmissão – LT.**

1.6 Uma FTLT, cuja concepção se baseia em estudos de planejamento de longo prazo, é definida a partir de sua função no sistema e identificada, como descrito no Submódulo 2.2, a partir de um conjunto de características básicas operativas estabelecidas segundo critérios detalhados no Módulo 4. Tais características são fornecidas em tempo hábil ao agente de transmissão e servem de referência para a definição dos requisitos detalhados nos itens subseqüentes. As principais são as seguintes:

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

- (a) impedância equivalente vista dos terminais da FTLT, composta pelas componentes de seqüências positiva e zero da LT e também por seu grau de compensação série e/ou paralela. Essa informação condiciona o desempenho sistêmico da FTLT, caracterizado pelo resultado obtido em termos de fluxo de potência e resposta dinâmica em um conjunto de situações em regime normal e sob contingências;
- (b) capacidade de corrente de longa duração, que corresponde ao valor de corrente da FTLT em condição normal de operação e deve atender às diretrizes fixadas pela Norma Técnica NBR 5422 da ABNT ou sua sucessora;
- (c) capacidade de corrente de curta duração, que se refere à condição de emergência estabelecida na Norma Técnica NBR 5422 da ABNT ou sua sucessora; e
- (d) cabo condutor e sua quantidade por fase, relacionado à perda joule nos condutores.

1.7 Os requisitos desse submódulo se aplicam diretamente às novas instalações de transmissão e são referência para possíveis adequações de instalações de transmissão existentes, conforme descrito no item 1 do Submódulo 2.1.

1.8 Os módulos e submódulos aqui mencionados são:

- (a) Submódulo 2.1 *Requisitos mínimos para instalações e gerenciamento de indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes: visão geral;*
- (b) Submódulo 2.2 *Verificação da conformidade das instalações da rede básica aos requisitos mínimos;*
- (c) Submódulo 2.3 *Requisitos mínimos para transformadores e para subestações e seus equipamentos;*
- (d) Submódulo 2.8 *Gerenciamento dos indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes;*
- (e) Módulo 4 *Ampliações e reforços;* e
- (f) Submódulo 25.8 *Indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e das funções de transmissão e geração.*

2 OBJETIVO

2.1 O objetivo deste submódulo é atribuir responsabilidades e estabelecer os requisitos a serem atendidos por FTLT da rede básica.

3 ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO

3.1 Alterações decorrentes das contribuições recebidas e aprovadas pela ANEEL relativas ao processo de Audiência Pública nº 049/2008 com o objetivo de possibilitar a aprovação em caráter definitivo dos Procedimentos de Rede.

4 RESPONSABILIDADES

4.1 Do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS

- (a) Propor ao poder concedente os requisitos mínimos a serem atendidos por FTLT da rede básica.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

- (b) Acompanhar e analisar as fases de implantação da FTLT conforme descrito no Submódulo 2.2.

4.2 Dos agentes de transmissão

- (a) Atender, no período de concessão, aos requisitos estabelecidos nos *Procedimentos de Rede*.
- (b) Fornecer ao ONS as informações que possam comprovar o atendimento aos requisitos mínimos, segundo processos estabelecidos nos *Procedimentos de Rede*.
- (c) Obter os dados, inclusive os descritivos das condições ambientais e geomorfológicas da região de implantação, a serem adotados na elaboração do projeto básico, bem como nas fases de construção, manutenção e operação da LT.

5 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS

5.1 Deve-se atender às prescrições das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Caso essas normas não sejam aplicáveis, parcial ou integralmente, deve-se atender às prescrições das normas técnicas da *International Electrotechnical Commission – IEC*, *American National Standards Institute – ANSI*, *ASTM* ou *National Electrical Safety Code – NESC*, nesta ordem de prioridade, a não ser que se indique expressamente outra ordem.

6 REQUISITOS GERAIS

6.1 Os requisitos a serem atendidos por uma FTLT dizem respeito prioritariamente a seu desempenho sob um ponto de vista sistêmico, cuja quantificação é possível por meio dos indicadores de desempenho apresentados no Submódulo 2.8. Por sua vez, os requisitos a que uma LT deve atender refletem mais especificamente as diretrizes adotadas nos projetos básico e executivo. O Submódulo 25.8 apresenta indicadores que quantificam o desempenho de uma LT.

7 REQUISITOS ELÉTRICOS

7.1 Capacidade de corrente das fases

7.1.1 A LT deve ser projetada de acordo com as prescrições da Norma Técnica NBR 5422, da ABNT, ou de sua sucessora, de forma a preservar, em sua operação, as distâncias de segurança nela estabelecidas. Devem ser previstas a circulação das capacidades de longa e de curta duração da FTLT e a ocorrência simultânea das seguintes condições climáticas:

- (a) temperatura máxima média da região;
- (b) radiação solar máxima da região; e
- (c) brisa mínima prevista para a região, desde que não superior a um metro por segundo.

7.1.2 Na operação em regime de longa duração, as distâncias do condutor ao solo ou aos obstáculos devem ser iguais ou superiores às distâncias de segurança (mínimas) em condições normais de operação estabelecidas na Norma Técnica NBR 5422 da ABNT ou sua sucessora.

7.1.3 Na operação em regime de curta duração, as distâncias do condutor ao solo ou aos obstáculos devem ser iguais ou superiores às distâncias de segurança (mínimas) em condições de emergência estabelecidas na Norma Técnica NBR 5422 da ABNT ou sua sucessora. As LT para

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

cuja classe de tensão essa norma não estabeleça valores de distâncias de segurança devem ser projetadas segundo as prescrições contidas no NESC, em sua edição de 2002.

7.1.4 Em condições climáticas comprovadamente mais favoráveis do que as estabelecidas no item 7.1.1 deste submódulo, a FTLT pode ser solicitada a operar com carregamento superior à capacidade de longa ou curta duração, desde que as distâncias de segurança, conforme definidas nos itens acima, sejam respeitadas.

7.1.5 Os acessórios, conexões e demais componentes que conduzem corrente devem ser dimensionados de forma a não criar restrição à operação da FTLT, incluindo as condições indicadas no item 7.1.4. Deverão ser atendidas, também, as prescrições das normas de dimensionamento e ensaios de ferragens eletrotécnicas de linhas de transmissão, em especial da Norma Técnica NBR 7095 da ABNT, ou sua sucessora.

7.1.6 A FTLT deve ser projetada de sorte a não apresentar óbices técnicos à instalação de monitoramento de distâncias de segurança, uma vez que, a qualquer tempo, pode ser solicitada sua implantação.

7.2 Capacidade de corrente dos cabos pára-raios

7.2.1 Nas condições climáticas estabelecidas no item 7.1.1 deste submódulo, os cabos pára-raios – conectados ou não à malha de aterramento das subestações terminais e ao sistema de aterramento de cada estrutura – devem ser capazes de suportar, sem dano, durante o período de concessão da FTLT, a circulação da corrente associada à ocorrência de curto-circuito monofásico franco em qualquer estrutura da LT por duração correspondente ao tempo de atuação da proteção de retaguarda.

7.2.2 Em circunstâncias especiais, o dimensionamento do sistema de aterramento de uma FTLT pode levar em conta a distribuição da corrente de curto-circuito nos sistemas de aterramento de outras FTLT conectadas à mesma malha de aterramento, desde que comprovadamente essas funções não sofram nenhum prejuízo.

7.2.3 A LT deve ter pelo menos um cabo pára-raios do tipo *Optical Ground Wire* – OPGW.

7.3 Perda joule nos cabos

7.3.1 A perda joule nos cabos condutores deve ser mantida dentro de limites aceitáveis por meio da utilização de cabos condutores com resistência elétrica suficientemente reduzida. O valor da resistência de sequência positiva da LT é específico para cada instalação e definido – à frequência nominal de 60 Hz e a uma temperatura de referência – a partir de análise econômica baseada em estudos elétricos de longo prazo que levam em conta o efeito da resistência de todas as instalações da rede básica.

7.3.2 A perda joule nos cabos pára-raios deve ser inferior a 5% das perdas no cabo condutor para qualquer condição de operação.

7.4 Tensão máxima operativa

7.4.1 A tensão máxima operativa da FTLT, mencionada nos itens subseqüentes, está limitada aos valores descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Tensão máxima operativa

Classe de tensão [kV]	Tensão máxima operativa [kV]
230	242
345	362

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

440	460
500 e 525	550
765	800

7.5 Coordenação de isolamento

7.5.1 O agente de transmissão deve demonstrar que o dimensionamento dos espaçamentos elétricos das estruturas da família de estruturas da LT foi feito de forma a assegurar o atendimento dos requisitos estabelecidos nos itens 7.5.2 , 7.5.3 e 7.5.4 . Adicionalmente, no caso específico de LT de circuito duplo, a coordenação de isolamento da linha deve ser feita de forma a minimizar os desligamentos dos dois circuitos provocados por um mesmo fenômeno.

7.5.2 Isolamento para tensão máxima operativa

7.5.2.1 Para dimensionar o isolamento da LT para tensão máxima operativa deve ser considerado o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 (trinta) anos.

7.5.2.2 A distância de escoamento mínima da cadeia de isoladores deve ser determinada conforme a norma IEC 60815, considerando o nível de poluição da região de implantação da LT. Caso o nível de poluição da região seja classificado como inferior ao nível I – leve, a distância específica de escoamento deverá ser igual ou superior a 14 mm/kV eficaz fase-fase.

7.5.2.3 Deve ser garantida a distância de segurança entre qualquer condutor da linha e objetos situados na faixa de segurança, tanto para a condição sem vento quanto para a condição de balanço dos cabos e cadeias de isoladores devido a ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 (trinta) anos. Na condição de balanço dos cabos e cadeias de isoladores devido a ação de vento, essa distância de segurança deve ser também garantida:

- (a) ao longo de toda a LT, independentemente do comprimento do vão, mesmo que para tanto a largura da faixa de segurança seja variável ao longo da LT, em função do comprimento do vão; e
- (b) para qualquer topologia de terreno na faixa de segurança, especificamente quando há perfil lateral inclinado (em aclave).

7.5.3 Isolamento para manobras

7.5.3.1 A sobretensão adotada no dimensionamento dos espaçamentos elétricos das estruturas deverá ser, no mínimo, igual à maior das sobretensões indicadas nos estudos de transitórios eletromagnéticos.

7.5.3.2 Os riscos de falha (fase-terra e fase-fase), por circuito, em manobras de energização e religamento da linha de transmissão devem estar limitados aos valores constantes na Tabela 2.

Tabela 2 – Risco máximo de falha, por circuito, em manobras de energização e religamento

Manobra	Risco de falha (adimensional)	
	Fase-terra	Fase-fase
Energização	10^{-3}	10^{-4}
Religamento	10^{-2}	10^{-3}

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

7.5.4 Desempenho a descargas atmosféricas

7.5.4.1 Para níveis de tensão iguais ou superiores a 345 kV, o número total de desligamentos por descargas atmosféricas deve ser inferior ou, no máximo, igual a um desligamento por 100 km por ano. Para o nível de 230 kV, o número total de desligamentos por descargas atmosféricas deve ser inferior ou, no máximo, igual a dois desligamentos por 100 km por ano.

7.5.4.2 As estruturas deverão ser dimensionadas com pelo menos dois cabos pára-raios, dispostos sobre os cabos condutores de forma que, para o terreno predominante da região, a probabilidade de desligamento de um circuito, causado por descargas diretas nos cabos condutores, seja inferior a 10^{-2} desligamentos por 100 km por ano.

7.6 Emissão eletromagnética

7.6.1 Corona visual

7.6.1.1 A LT, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, quando submetida à tensão máxima operativa, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT.

7.6.2 Rádio-interferência

7.6.2.1 A relação sinal/ruído no limite da faixa de segurança, quando a LT estiver submetida à tensão máxima operativa, deve ser, no mínimo, igual a 24 dB, para 50% do período de 1 (um) ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme norma DENTEL ou sua sucessora.

7.6.3 Ruído audível

7.6.3.1 O ruído audível no limite da faixa de segurança, quando a LT estiver submetida à tensão máxima operativa, deve ser, no máximo, igual a 58 dBA em qualquer uma das seguintes condições não simultâneas:

- (a) durante chuva fina (<0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 (quatro) horas de duração; ou
- (c) durante os primeiros 15 (quinze) minutos após a ocorrência de chuva.

7.6.4 Campo elétrico

7.6.4.1 Quando a LT estiver submetida à tensão máxima operativa, o campo elétrico a um metro do solo no limite da faixa de segurança deve ser inferior ou igual a 4,2 kV/m.

7.6.5 Campo magnético

7.6.5.1 O campo magnético no limite da faixa de segurança deve ser inferior ou igual a 67 A/m, equivalente à indução magnética de 83 μ T, na condição de operação em regime de curta duração.

7.7 Desequilíbrio

7.7.1 As LT de comprimento superior a 100 km devem ser transpostas com um ciclo completo de transposição, de preferência com trechos de 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 do comprimento total.

7.7.2 Caso a LT não seja transposta, o desequilíbrio de tensão de seqüências negativa e zero deve estar limitado a 1,5%, em vazio e a plena carga.

7.7.3 LT em paralelo na mesma faixa ou em faixas contíguas ou LT de circuito duplo devem ter pelo menos ciclos de transposição com sentidos opostos.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

7.8 Travessia com LT da rede básica

7.8.1 O agente de transmissão deve evitar ao máximo o cruzamento sobre LT existentes. Caso o cruzamento seja inevitável, o agente deve identificar esses casos, tanto nas entradas/saídas das subestações quanto ao longo do traçado das LT, e informar no projeto básico as providências que serão tomadas no sentido de minimizar os riscos inerentes a esses cruzamentos, ficando a critério da ANEEL a aprovação dessas providências.

7.8.2 O agente de transmissão deverá relacionar no projeto básico os cruzamentos da LT em projeto com outra(s) LT existente(s) da rede básica. Seguem, abaixo, as informações mínimas da(s) LT em cruzamento a serem prestadas pelo agente:

- (a) identificação com as SEs terminais do trecho em questão;
- (b) tensão nominal;
- (c) número de circuitos; e
- (d) disposição das fases (horizontal, vertical, triangular etc).

7.8.3 Nos casos relacionados a seguir, de cruzamento da LT em projeto com outra(s) LT da rede básica, a LT em projeto deverá cruzar necessariamente sob a(s) existente(s):

- (a) quando um circuito simples (em projeto) cruzar, num mesmo vão de travessia, mais de um circuito de LT existente com tensão igual ou superior a de projeto; ou
- (b) quando a tensão nominal da LT em projeto for menor que da LT existente.

8 REQUISITOS MECÂNICOS

8.1 Confiabilidade

8.1.1 O projeto mecânico de uma LT deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826¹.

8.1.2 O nível de confiabilidade do projeto eletromecânico, expresso pelo período de retorno do vento extremo, deve ser compatível com um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 preconizados na IEC 60826. Deve ser adotado período de retorno do vento igual ou superior a 150 anos para LT de tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 (duzentos e cinquenta) anos para LT de tensão superior a 230 kV.

8.2 Parâmetros de vento

8.2.1 Para o projeto mecânico de uma LT, os carregamentos oriundos da ação do vento nos componentes físicos da LT devem ser estabelecidos a partir da caracterização probabilística das velocidades de vento da região, com tratamento para fenômenos meteorológicos severos, tais como, sistemas frontais, tempestades, tornados, furacões etc.

8.2.2 Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela LT:

- (a) média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) e 10 (dez) minutos (vento médio);
- (b) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 8.1.2 deste submódulo, e tempos

¹ International Electrotechnical Commission: Loading and Strength of Overhead Transmission Lines.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região;

- (c) coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos; e
- (d) categoria do terreno adotada para o local das medições.

8.2.3 No tratamento das velocidades de vento, para fins de dimensionamento, deve ser considerada a categoria de terreno, conforme definida na IEC 60826, que melhor se ajuste à topologia do corredor da LT.

8.3 Cargas mecânicas sobre os cabos

8.3.1 O cabo deve ser dimensionado para suportar três estados de tracionamento – básico, de tração normal e de referência – definidos a partir da combinação de condições climáticas e de envelhecimento do cabo.

8.3.1.1 Estado básico

- (a) Para condições de temperatura mínima, a tração axial máxima deve ser limitada a 33% da tração de ruptura do cabo.
- (b) Para condições de vento com período de retorno de 50 (cinquenta) anos, a tração axial máxima deve ser limitada a 50% da tração de ruptura do cabo.
- (c) Para condições de vento extremo, como estabelecido no item 8.1.2 deste submódulo, a tração axial máxima deve ser limitada a 70% da tração de ruptura do cabo.

8.3.1.2 Estado de tração normal (EDS²)

- (a) No assentamento final, à temperatura média, sem vento, o nível de tracionamento médio dos cabos deve atender ao indicado na norma NBR 5422 ou sua sucessora, bem como atender aos limites estabelecidos no item 8.3.1.1 deste submódulo. Além disso, o tracionamento médio dos cabos deve ser compatível com o desempenho mecânico no que diz respeito à fadiga ao longo da vida útil da LT conforme abordado no item 8.5 deste submódulo.

8.3.1.3 Estado de referência

- (a) A distância de segurança do condutor ao solo (*clearance*) deve ser verificada sem considerar a pressão de vento atuante.

8.4 Cargas mecânicas sobre as estruturas

8.4.1 O projeto mecânico de uma LT deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826. Além das hipóteses previstas na IEC, é obrigatória a introdução de hipóteses de carregamento que reflitam tempestades do tipo tormentas elétricas. Devem ser previstas necessariamente as cargas a que as estruturas estarão submetidas nas condições mais desfavoráveis de montagem e manutenção, inclusive em linha viva.

8.4.2 Para o caso de LT construída com estruturas metálicas em treliça, as cantoneiras de aço-carbono ou microligas laminadas a quente devem obedecer aos requisitos de segurança estabelecidos na Portaria nº 178 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade

² Everyday stress.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

Industrial – INMETRO, publicada no Diário Oficial da União, de 18 de julho de 2006, ou sua sucessora.

8.5 Fadiga mecânica dos cabos

8.5.1 Os dispositivos propostos para amortecer as vibrações eólicas devem ter sua eficiência e durabilidade avaliadas por ensaios que demonstrem sua capacidade de amortecer os diferentes tipos de vibrações eólicas e sua resistência à fadiga, sem perda de suas características de amortecimento e sem causar danos aos cabos. É de inteira responsabilidade do agente de transmissão a elaboração de estudos, o desenvolvimento e a aplicação de sistema de amortecimento para prevenção de vibrações eólicas e efeitos relacionados com a fadiga dos cabos, de forma a garantir que estes não estejam sujeitos a danos ao longo da vida útil da LT.

8.6 Fundações

8.6.1 No projeto das fundações, para atender o critério de coordenação de falha, as solicitações transmitidas pela estrutura às fundações devem ser majoradas pelo fator mínimo 1,10. Essas solicitações, calculadas a partir das cargas de projeto da estrutura, considerando suas condições particulares de aplicação – vão gravante, vão de vento, ângulo de desvio, fim de LT e altura da estrutura – passam a ser consideradas cargas de projeto das fundações.

8.6.2 As fundações devem ser projetadas estrutural e geotecnicamente de forma a adequar todos os esforços resultantes de cada estrutura às condições específicas do solo.

8.6.3 As propriedades físicas e mecânicas do solo devem ser determinadas de forma científica, de modo a retratar, com precisão, os parâmetros geomecânicos do solo. Tal determinação deve ser realizada a partir das seguintes etapas:

- estudo e análise fisiográfica preliminar do traçado da LT, com a conseqüente elaboração do plano de investigação geotécnica;
- estabelecimento dos parâmetros geomecânicos a partir do reconhecimento do subsolo com a caracterização geológica e geotécnica do terreno, qualitativa e quantitativamente; e
- parecer geotécnico com a elaboração de diretrizes técnicas e recomendações para o projeto das fundações.

8.6.3.1 No cálculo das fundações, devem ser considerados os aspectos regionais geomorfológicos que influenciem o estado do solo, seja no aspecto de sensibilidade, de expansibilidade e colapsividade, levando-se em conta a sazonalidade.

8.6.3.2 A definição do tipo de fundação, bem como o seu dimensionamento estrutural e geotécnico, deve considerar os limites de ruptura e deformabilidade para a capacidade de suporte do solo à compressão, ao arrancamento e aos esforços horizontais, valendo-se de métodos racionais de cálculo, incontestáveis e consagrados na engenharia geotécnica.

9 REQUISITOS ELETROMECAÂNICOS

9.1 Descargas atmosféricas

9.1.1 Os cabos pára-raios de qualquer tipo e formação devem ter desempenho mecânico frente a descargas atmosféricas igual ou superior ao do cabo de aço galvanizado EAR de diâmetro 3/8".

9.1.2 Todos os elementos sujeitos a descargas atmosféricas diretas da superestrutura de suporte dos cabos condutores e cabos pára-raios, incluindo as armações flexíveis de estruturas tipo Cross-Rope, Trapézio ou Chainette, não devem sofrer redução da suportabilidade mecânica

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
REQUISITOS MÍNIMOS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS	2.4	1.0	05/08/2009

original após a ocorrência de descarga atmosférica. As cordoalhas de estruturas estaiadas monomastro ou V protegidas por cabos pára-raios estão isentas desse requisito.

9.2 Corrosão eletrolítica

9.2.1 Devem ser mantidos a estabilidade estrutural dos suportes da LT e o bom funcionamento do sistema de aterramento ao longo da vida útil da LT. A elaboração de estudos para prevenção dos efeitos relacionados à corrosão em elementos da LT em contato com o solo é de inteira responsabilidade do agente de transmissão.

9.3 Corrosão ambiental

9.3.1 Todos os componentes da LT devem ter sua classe de galvanização compatível com a agressividade do meio ambiente, particularmente, em zonas litorâneas e industriais.