
TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

1. OBJETIVO

Estabelecer parâmetros técnicos para subsidiar a padronização dos critérios para adoção de tensões mecânicas de projeto quando da utilização de cabos singelos de alumínio com alma de aço nos projetos de travessias aéreas em Redes de Distribuição.

2. CONSIDERAÇÕES

Atualmente na Eletropaulo estão padronizados três tipos de cabos de alumínio com alma de aço (CAA) para utilização em travessias aéreas conforme descrito a seguir:

- Cabo CAA 1/0 AWG Código de Material 323.089, conforme Norma ABNT NBR-7270, conhecido no mercado como tipo RAVEN, constituído por sete tentos (um tento de aço e seis tentos de alumínio);
- Cabo CAA 336,4 MCM Código de Material 323.062, conforme Norma ABNT NBR-7270, conhecido no mercado como tipo LINNET, constituído por trinta e três tentos (sete tentos de aço e vinte e seis tentos de alumínio); e
- Cabo CAA 556,5 MCM Código de Material 323.075, conhecido no mercado como tipo OSPREY, não padronizado pela ABNT e constituído por dezenove tentos (um tento de aço e dezoito tentos de alumínio).

Na Norma PND 2.2 – Projeto de Redes de Distribuição Aérea Primária, consta na tabela “9.2. Dados Gerais dos Cabos CA e CAA” apenas os cabos CAA 1/0 AWG, CAA 3/0 AWG e CAA 336,4 MCM, sendo que na referida tabela os dados foram baseados em catálogos dos fabricantes e como o cabo CAA 3/0 AWG foi cancelado do padrão da Eletropaulo e atualmente temos também padronizado o cabo 556,5 MCM passamos a considerar os valores estabelecidos na Norma ABNT NBR-7270 e no STANDARD HANDBOOK ELECTRICAL ENGINEERS.

Na PND 2.2 foi considerada a tensão admissível no condutor igual a 1/7 da tensão de ruptura do mesmo e nesta Recomendação Técnica adota-se a tensão admissível igual a 1/10 da tensão de ruptura para os cabos CAA 1/0 AWG e CAA 336,4 MCM a exemplo da RT-2.001 e no caso particular do cabo CAA 556,5 MCM adotou-se a tensão admissível igual a 13,57% da tensão de ruptura para compatibilizarmos com a capacidade de suporte das estruturas padronizadas utilizadas em nossa Rede de Distribuição Aérea.

3. CRITÉRIOS ADOTADOS

Os critérios para dimensionamentos mecânicos dos cabos em Redes de Distribuição Aérea são oriundos das normas e critérios de projetos para Redes de Transmissão que são baseados na Norma ABNT NBR-5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.

Como o processo de dimensionamento mecânico de flechas e tensão em cabos está associado a valores de temperatura, peso do cabo e pressão do vento sob o cabo, a NBR-

REF:	DATA: julho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.002.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

5422 estabelece a verificação de três condições básicas para definição da tensão de projeto, considerando-se o pior caso.

1ª Condição: A carga que atua na rede com maior período de duração supondo a temperatura média da região e sem incidências de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 20% da tensão de ruptura – para cabos CAA).

2ª Condição: A flecha mínima que atua na rede devido à temperatura mínima da região sem a incidência de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 33% da tensão de ruptura).

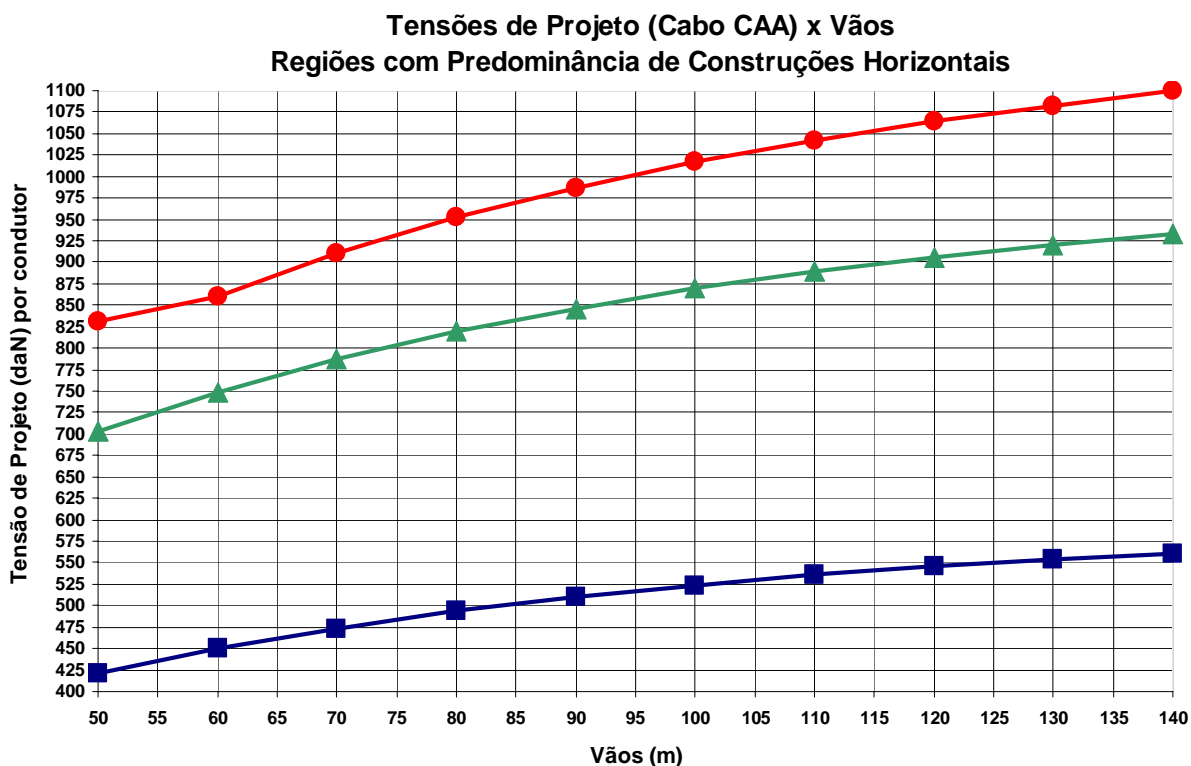
3ª Condição: A carga crítica com atuação de ventos máximos na temperatura média mínima da região (a tensão admissível deve ser inferior a 50% da tensão de ruptura).

4. VALORES DE TENSÃO MECÂNICA DE PROJETO

Considerando-se os critérios adotados determinam-se duas situações que estão representadas nos gráficos a seguir:

4.1. ÁREAS DE BAIXA URBANIZAÇÃO E/OU EDIFICAÇÕES HORIZONTAIS

As áreas onde existam grandes espaços abertos caracterizados como áreas rurais, periferias urbanas com poucas edificações baixas (horizontais) e/ou estradas onde possam ocorrer maior incidência de ventos adota-se o limite da NBR-5422 de ventos com velocidade máxima de 100 km/h.

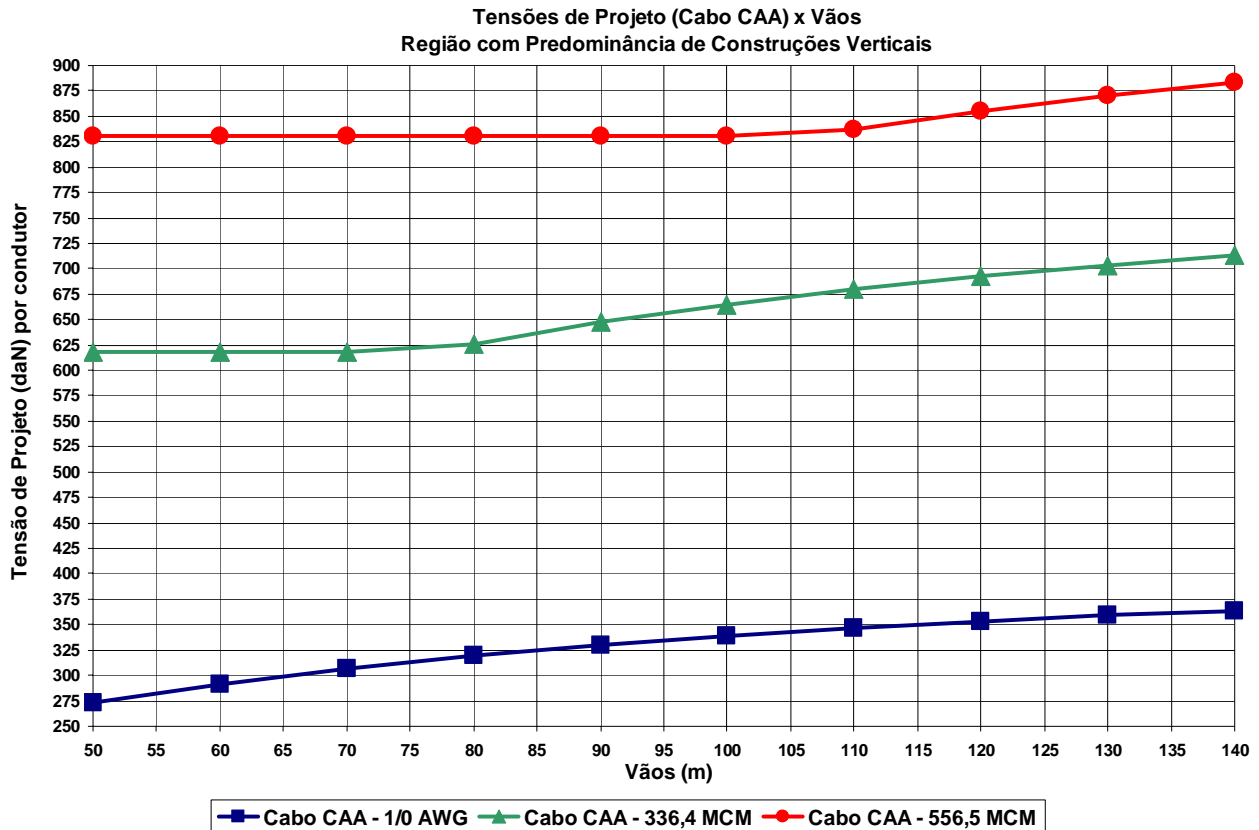


TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

4.2. ÁREAS DE ALTA URBANIZAÇÃO COM EDIFICAÇÕES VERTICAIS

Nas áreas onde exista uma grande ocupação do espaço urbano com edificações altas (verticais) que possam minimizar a incidência direta de ventos sobre a rede adota-se valor de vento com velocidade máxima de 60 km/h resultando no gráfico a seguir.



5. FLECHAS MÁXIMAS

As características mecânicas dos cabos singelos de alumínio com alma de aço são estabelecidas na Norma ABNT NBR-7270 – Cabos de Alumínio para Linhas Aéreas, onde se verifica que o Módulo de Elasticidade varia em função da quantidade de tentos de aço e alumínio que compõem o cabo, e dessa forma, as deformações terão uma variação que no caso dos cabos CAA 1/0 AWG e CAA 556,5 MCM dentro dos parâmetros adotados coincidentemente em grandeza não é representativa de modo a permitir que se estabeleça o valor médio de flecha que atende as duas bitolas de cabos, porém para o cabo CAA 336.4 MCM verifica-se uma flecha diferenciada.

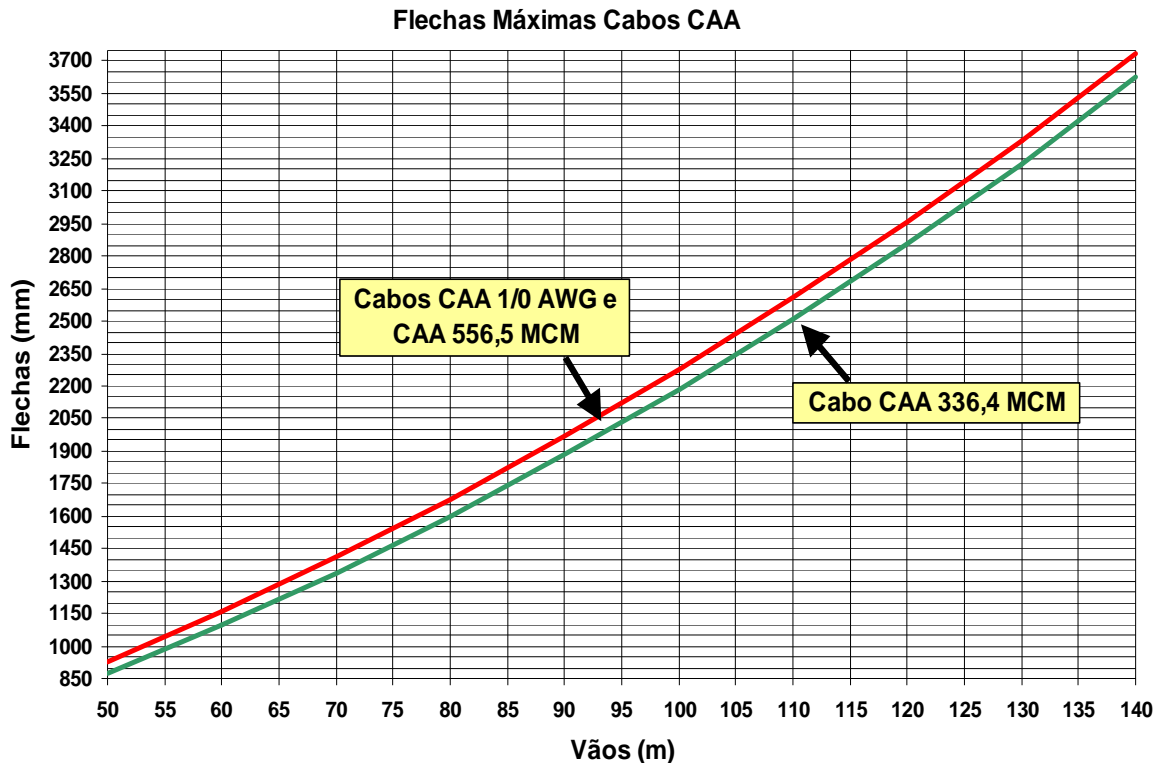
As maiores flechas ocorrem com as maiores temperaturas, assim deve ser verificado no projeto, se as flechas máximas atendem às distâncias de altura, principalmente, no caso de travessias de vias, onde devem ser obedecidos os gabaritos de alturas adotados pelos órgãos responsáveis (DNER, DERSA, Outros) e/ou estabelecidos por Normas Técnicas. O

REF:	DATA: julho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.002.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

gráfico a seguir apresenta os valores de flechas máximas para verificação do projeto considerando a temperatura de 50°.



6. CONCLUSÃO

As estruturas básicas para travessia estão contempladas na PD 4.001, PD 4.002 e 4.003 para Redes de Distribuição Aérea Urbana nas tensões de 15 / 24,2 e 36,2 kV e deverá ser analisada a condição econômica mais adequada em função dos esforços resultantes.

Como nos casos de travessias temos normalmente vãos grandes, isso acarreta também em grandes flechas que normalmente ultrapassam numericamente ao distanciamento entre condutores na horizontal e deve-se utilizar sempre condutores instalados na mesma altura com a mesma bitola (fase e neutro), pois no caso de incidência de ventos os cabos irão se movimentar na mesma direção e frequência e caso seja utilizado condutores de bitolas diferentes os mesmos sob ação do vento irão oscilar em descompasso devido à área de absorção de ventos e pesos diferentes, podendo haver redução do distanciamento elétrico e até mesmo encontro de condutores.

Para que possamos utilizar as tensões mecânicas de projeto apresentadas e as flechas máximas a serem consideradas são necessários que em campo os cabos sejam instalados conforme as tabelas anexas que consideram os critérios desta Recomendação Técnica:

- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 1/0 AWG – Nú;
- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 336,4 MCM – Nú; e
- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 556,5 MCM – Nú.

REF:	DATA: julho/03	GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA	ARQ: RT-2.002.DOC
------	----------------	-------------------------------------	-------------------

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 1/0 AWG - Nú

Temp. °C	A (m) = 50		A (m) = 60		A (m) = 70		A (m) = 80		A (m) = 90		A (m) = 100		A (m) = 110		A (m) = 120		A (m) = 130		A (m) = 140	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	355	190	511	190	696	190	909	190	1150	190	1420	190	1718	190	2045	190	2400	190	2783	190
5	409	165	576	169	769	172	990	175	1237	177	1512	179	1815	180	2145	182	2503	183	2889	183
10	467	145	642	152	843	157	1070	162	1323	166	1602	169	1909	171	2243	174	2604	175	2992	177
15	526	129	709	137	916	145	1149	151	1407	156	1691	160	2001	163	2338	167	2702	169	3093	171
20	585	116	775	126	988	134	1226	141	1489	147	1777	152	2091	156	2432	160	2799	163	3192	166
25	642	105	838	116	1058	125	1301	133	1569	140	1861	145	2179	150	2523	154	2893	158	3289	161
30	697	97	900	108	1125	118	1374	126	1646	133	1943	139	2265	144	2612	149	2985	153	3384	157
35	750	90	959	101	1191	111	1445	120	1722	127	2023	134	2349	139	2699	144	3075	149	3478	152
40	801	84	1017	96	1254	106	1513	114	1795	122	2101	129	2430	135	2784	140	3164	144	3569	148
45	849	80	1072	91	1315	101	1580	110	1867	117	2176	124	2510	130	2868	136	3251	141	3659	145
50	896	75	1125	87	1374	96	1644	105	1936	113	2250	120	2588	126	2949	132	3335	137	3747	141

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 336,4 MCM - Nú

Temp. °C	A (m) = 50		A (m) = 60		A (m) = 70		A (m) = 80		A (m) = 90		A (m) = 100		A (m) = 110		A (m) = 120		A (m) = 130		A (m) = 140	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	338	618	487	618	662	618	865	618	1095	618	1352	618	1636	618	1946	618	2284	618	2649	618
5	389	537	548	549	733	559	944	566	1180	574	1443	579	1731	584	2046	588	2388	591	2756	594
10	444	470	612	491	805	509	1023	523	1265	535	1533	545	1826	554	2145	561	2489	567	2860	573
15	501	417	678	444	877	467	1101	486	1349	502	1621	515	1918	527	2241	537	2589	545	2962	553
20	559	374	742	405	949	431	1178	454	1431	473	1708	489	2009	503	2335	515	2686	526	3063	535
25	616	339	806	373	1018	402	1253	427	1511	448	1792	466	2097	482	2427	496	2781	508	3161	518
30	671	311	868	347	1086	377	1326	403	1589	426	1874	446	2184	463	2517	478	2875	491	3257	503
35	724	289	927	324	1151	356	1397	383	1664	407	1955	427	2268	446	2605	462	2966	476	3352	489
40	775	270	985	305	1215	337	1466	365	1738	389	2033	411	2350	430	2691	447	3056	462	3444	475
45	824	253	1040	289	1276	321	1533	349	1810	374	2109	396	2431	416	2775	434	3143	449	3535	463
50	871	240	1094	275	1336	306	1598	335	1880	360	2184	383	2510	403	2858	421	3229	437	3624	452

REF: DATA: julho/03 GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA ARQ: RT-2.002.DOC

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 556,5 MCM - Nú

Temp. °C	A (m) = 50		A (m) = 60		A (m) = 70		A (m) = 80		A (m) = 90		A (m) = 100		A (m) = 110		A (m) = 120		A (m) = 130		A (m) = 140	
	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)	f (mm)	T (daN)
0	338	831	487	831	663	831	865	831	1095	831	1352	831	1636	831	1947	831	2285	831	2650	831
5	396	709	557	726	743	741	955	753	1192	764	1455	772	1744	780	2060	786	2402	791	2770	795
10	460	611	630	642	825	667	1044	689	1287	707	1556	722	1850	735	2170	746	2516	755	2887	763
15	525	535	704	575	906	608	1131	636	1381	659	1655	679	1954	696	2278	710	2627	723	3001	734
20	590	476	776	521	985	559	1217	591	1472	618	1751	642	2055	662	2382	679	2735	694	3113	708
25	652	431	847	478	1062	518	1300	553	1561	583	1845	609	2153	632	2485	651	2841	668	3222	684
30	713	394	914	443	1137	484	1381	521	1647	553	1936	580	2248	605	2584	626	2945	645	3329	662
35	771	364	980	413	1209	455	1459	493	1731	526	2025	555	2342	581	2682	603	3046	623	3434	641
40	826	340	1042	388	1278	431	1534	469	1812	502	2111	532	2432	559	2776	583	3144	604	3536	623
45	879	320	1102	367	1345	409	1607	448	1890	482	2194	512	2520	540	2869	564	3241	586	3636	606
50	929	302	1160	349	1410	391	1678	429	1966	463	2276	494	2606	522	2959	547	3335	569	3734	590

REF: DATA: julho/03 GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA ARQ: RT-2.002.DOC