

<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Por</i>	<i>Aprovação</i>
0B	24/09/2013	Conforme comentários	MF	SA
0A	03/05/2013	Emissão Inicial	MF	SA

 <p>TRIÂNGULO MINEIRO TRANSMISSORA</p>	<p><i>Nome da Obra</i></p> <p>LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS</p>			
	<p><i>Título do Documento</i></p> <p>MEMORIAL DO PROJETO BASICO</p>			
 <p>TACTA WINCOMISA Industria Construções e Montagens Inpelec S.A.</p>				
<i>Projeto</i>	MARCOS F.	24/09/2013	<i>Nº</i>	311-002-MD-4-B
<i>Aprovação</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013	<i>Rev</i>	0B
<i>Responsável</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013	<i>Folha</i>	1/47
			<i>Sit.Proj.</i>	Básico
			<i>Clas.Proj.</i>	Eléctromecânico

INDICE

1. OBJETIVO
2. CONCEPÇÃO BÁSICA DO PROJETO
 - 2.1 Traçado Selecionado
 - 2.2 Critérios de Projeto
 - 2.3 Características dos Cabos Condutores e Para-raios
 - 2.4 Normas Adotadas
3. DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO
4. CRITÉRIOS DE CARREGAMENTO MECÂNICO
 - 4.1 Metodologia Adotada
 - 4.2 Dados de Ventos e Parâmetros Climatológicos
 - 4.3 Velocidade de Referência VR
 - 4.4 Pressão Dinâmica de Referência
 - 4.5 Pressão do Vento de Projeto
5. ESTUDO MECÂNICO DE CABOS
 - 5.1 Características Físicas dos Cabos
 - 5.2 Pressão Resultante do Vento
 - 5.3 Estados Básicos de Cálculo
 - 5.4 Cálculo de Trações e Flechas
6. ESTUDOS ELÉTRICOS
7. FAIXA DE PASSAGEM
8. ESTUDO BÁSICO DAS ESTRUTURAS
 - 8.1 Projeto Básico dos Suportes
 - 8.2 Projeto Básico das Fundações
9. CADEIAS DE ISOLADORES E ACESSÓRIOS
10. ATERRAMENTO

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 2/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

10.1 Critérios de Dimensionamento

10.2 Materiais Utilizados

10.3 Critérios de Aplicação

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS		FOLHA: 3/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo apresentar o projeto básico da linha de transmissão que interligará as SE's Marimbondo e Assis, em 500kV, nos estados de Minas Gerais e São Paulo.

O projeto foi desenvolvido com base nas premissas, características e requisitos apresentados no Anexo 6D do Edital de Concorrência nº 007/2012 da ANEEL.

A itemização deste documento foi feita com base na seqüência do desenvolvimento dos trabalhos. Com o objetivo de facilitar a verificação do atendimento aos requisitos do Edital, apresentamos a seguir uma tabela de correspondência ponto-a-ponto entre os itens solicitados pela ANEEL e os itens deste documento.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 4/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

TABELA DE CORRESPONDÊNCIA PONTO-A-PONTO

EDITAL (item 4.3 do Anexo 6D)	PROJETO BÁSICO
Dados de ventos	Item 3
Relação das Normas Oficiais utilizadas	Item 2.4
Memorial de Cálculo dos Suportes	Item 8.1
Desenho da diretriz selecionada e suas eventuais interferências	Item 2.1
Desenho da faixa de passagem, "clearances" e distâncias de segurança <ul style="list-style-type: none"> • Faixa de passagem – item 7 • Clearances - item 6 	Item 7
Regulação mecânica dos cabos: características físicas, estados básicos e pressão resultante dos ventos.	Item 5
Descrição detalhada do tratamento e das hipóteses assumidas para os dados de vento, as pressões dinâmicas e as cargas resultantes, os esquemas e as hipóteses de carregamentos e o respectivo memorial de cálculo passo a passo com o dimensionamento completo das bitolas dos perfis dos suportes predominantes	Item 4 Item 7
Suportes <ul style="list-style-type: none"> • Tipos, características de aplicação e relatórios de ensaios de cargas para suportes preexistentes. • Desenhos das silhuetas com as dimensões principais • Coeficientes de Segurança • Pressões de ventos atuantes (cabos e suportes), coeficientes de arrasto, cargas resultantes e pontos de aplicação • Esquemas de carregamentos e cargas atuantes • Cargas resultantes nas fundações 	Item 8.1
Ensaio de carregamento de protótipo Programa preliminar do ensaio de carregamento	Item 8.2
Tipos de fundações: critérios de dimensionamento e desenhos dimensionais	Item 8.1
Características dos cabos condutores e dos cabos Para-raios	Item 2.3
Cadeias de isoladores: coordenação eletromecânica, desenhos e demais características	Item 9
Contrapeso: características, material, método e critérios de dimensionamento	Item 10
Ferragens, espaçadores e acessórios: descrição, características físicas e desenhos de fabricação	Itens 9
Vibrações eólicas	Item 9

2. CONCEPÇÃO BÁSICA DO PROJETO

A linha de transmissão em 500kV foi concebida em circuito simples, utilizando estruturas metálicas estaiadas e autoportantes e mantendo, de um modo geral, o traçado previsto no edital de concorrência.

A escolha do cabo condutor obedeceu ao critério de otimização técnico-econômica, apresentado no anexo R2 do Edital, levando-se em conta os aspectos elétricos, mecânicos e estruturais, além do atendimento às condições atuais das linhas existentes. A escolha, que será demonstrada neste projeto básico, recaiu sobre o cabo tipo CAA RAIL, com seção de alumínio 954kcmil, instalado em feixe de 4 subcondutores por fase, dispostos nos vértices de um quadrado de 1.100mm de lado.

2.1. TRAÇADO SELECIONADO

A LT terá comprimento aproximado de 294km e se desenvolverá em sua maior parte no estado de São Paulo (290km), porém também no estado de Minas Gerais (4km).

2.1.1 Localização

O corredor em estudo está inserido nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, com aproximadamente 4 km e 290 km respectivamente. Inicia-se na área da futura subestação Marimbondo II, localizada na zona rural do município de Fronteira - MG, distante 4 km do centro da cidade e termina na subestação de Assis, propriedade da CTEEP, localizada às margens da SP 270 - Rodovia Raposo Tavares, que liga as cidades de Assis e Ibirarema.

Com extensão aproximada de 295 km e largura de 10 km, sendo 5 km para cada lado do eixo e com raio de 5 km nos extremos, o eixo do corredor estudado é formado por 06 (seis) vértices, estando suas coordenadas planas no Sistema UTM Datum SIRGAS 2000 e Meridiano Central 51°W. Gr.

A área para instalação da futura Subestação Marimbondo II está posicionada geograficamente na latitude 20° 15' 09" S e longitude 49° 13' 47" W, correspondendo no Sistema UTM Datum SIRGAS 2000, Meridiano Central 51° W. Gr. às coordenadas planas N= 7.759.568 e E= 684.892, em área rural.

Esta área está próxima a torre 18 da LT 500 kV – Marimbondo / São Simão.

A Subestação de Assis encontra-se posicionada na latitude 22° 40' 35" S e longitude 50° 20' 35" W, correspondendo no Sistema UTM Datum SIRGAS 2000, Meridiano Central 51° W. Gr., às coordenadas planas N= 7.492.230 e E= 567.498, estando distante aproximadamente a 6,5 km da cidade de Assis.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 6/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

Para a definição do corredor potencial apresentado, levou-se em consideração a localização dos núcleos urbanos, sendo que no trecho inicial o eixo do corredor foi posicionado a oeste das cidades de Fronteira e Nova Granada, no intermediário entre as cidades de Promissão e Avanhandava e no trecho final no lado leste da cidade de Assis.

A faixa do corredor foi precedida de estudos técnico-econômicos e sócio-ambientais, os quais estabeleceram parâmetros para o posicionamento da diretriz do mesmo, em função das várias interferências encontradas.

2.1.2. Características Gerais do Corredor

O Clima da região em estudo é semelhante às demais áreas da região sudeste, que segundo a classificação de Koppen, varia de Aw a Cfa. O Vento da região apresenta intensidade variável, sendo que no mês de setembro é caracterizado por ventos mais intensos.

A Geologia regional é composta por rochas sedimentares (arenitos, argilitos e siltitos), e em menor proporção, rochas vulcânicas (basaltos). O relevo predominante na região é levemente ondulado, prevalecendo por quase toda extensão da região em estudo.

Os tipos de solo identificados na área em estudo foram os Argissolos Vermelho-amarelos (PVA) e os Latossolos Vermelhos, sendo que o primeiro prevalece por quase toda extensão do corredor em estudo.

O uso do solo caracteriza-se pela presença de culturas como seringueiras, eucaliptos, pastagens formadas por braquiarias, cafezais, algumas áreas urbanas.

Nas áreas inseridas no corredor, observam-se os seguintes grupos de solos predominantes: Argissolos, Neossolos e Latossolos.

Partindo de Fronteira (V00) até o vértice V05, predominam os campos de cerrado, pequenos remanescentes de mata, sobre Argissolos, com exceção nas margens do Rio Grande e Rio Tietê, com relevo suave, com declividades variando de 0 a 3 e 3 a 8%. A cultura de cana de açúcar predomina, vindo depois áreas de pastagens e cultura de seringais.

Na região entre o V05 e V06, aproximadamente, continua a predominância dos Argissolos, cobertos com pastagens cultivadas. O relevo neste trecho é caracterizado por declividades acentuadas, variando de 8 a 30% ou mais.

A partir do V06 até a SE Assis, predominam os Argissolos, porém com a presença de Latossolos Vermelhos e Amarelos, apresentando relevo plano (0-3%). Esse trecho caracteriza-se pela presença do plantio de Cana de Açúcar, Soja e Amendoim.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 7/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

2.1.3. Municípios Atingidos pelo Corredor

Os municípios atingidos pelo corredor da linha de transmissão são em número de vinte sete, sendo um no estado de Minas Gerais e vinte seis no estado de São Paulo.

No estado de Minas Gerais: Fronteira

No estado de São Paulo: Orindiúva, Icém, Nova Granada, Onda Verde, Ipiguá, Mirassolândia, São José Rio Preto, Mirassol, Bálsamo, Neves Paulista, Jaci, José Bonifácio, Ubarana, Promissão, Barbosa, Avanhandava, Guaiçara, Getulina, Marília, Pompéia, Oriente, Oscar Bressane, Echaporã, Lutécia, Platina e Assis. (Tabela 1.3.1).

2.1.4. Rodovias

A região do corredor é bem servida de rodovias e estradas vicinais, sendo vinte os pontos de cruzamento relacionados na tabela 1.3.2.

A rodovia SP 320 que interliga as cidades de Mirassol e Bálsamo, está com obras para duplicação.

Existem ainda, em todos os municípios atingidos pelo corredor, estradas municipais de terra em bom estado, além de carregadores em plantações, que servirão de acesso para a construção da futura Linha de Transmissão.

2.1.5. Ferrovias

O corredor apresenta cruzamentos com três ferrovias administradas pela ALL – América Latina Logística, sendo todas utilizadas para transporte de cargas.

2.1.6. Linhas de Transmissão

Na altura do Km 20, município de Nova Granada o corredor cruza com a Linha de Transmissão 440 kV - Água Vermelha / Ribeirão Preto.

Ainda no município de Nova Granada, no Km 30 do corredor atravessa a Linha de Transmissão 88 kV – Palestina / Nova Granada.

No Km 52, município de Ipiguá cruza com a Linha de Transmissão 440 kV – Água Vermelha / Araraquara.

Cruza com a Linha de Transmissão 138 kV – Votuporanga / São José do Rio Preto no Km 62, município de Bálsamo.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 8/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

Próximo ao Km 71, no município de Mirassol, cruza com a Linha de Transmissão 440 kV - Ilha Solteira / Araraquara.

No município de José Bonifácio altura do Km 111, cruza com a Linha de Transmissão 138 kV – Nova Avanhandava / Catanduva.

No Km 136, município de Promissão, o corredor cruza com a Linha de Transmissão 138 kV - Usina de Promissão / Penápolis.

Ainda no município de Promissão próximo ao Km 153, cruza com a Linha de Transmissão 440 kV - Ilha Solteira / Bauru.

No município de Getulina, Km 189, cruza com a Linha de Transmissão 440 kV – Jupia / Bauru. Na chegada à subestação de Assis, depois do Km 290, o corredor atravessa 04 (quatro) linhas, sendo a primeira em 500 kV que liga as Subestações de Assis e Araraquara, depois duas em 440 kV, uma ligando Assis a Sumaré e outra, Assis a Bauru, e por ultimo cruza com a Linha de Transmissão 88 kV Assis / Presidente Prudente.

2.1.7. Rios e Córregos

O corredor atravessa em toda sua extensão seis rios, tendo ainda várias travessias sobre córregos e ribeirões.

2.1.8. Aeródromos

A borda esquerda do corredor, entre o Km 10 e o Km 16, atinge lateralmente a área de aproximação do aeroporto da cidade de Fronteira, aproximadamente a 8 km da cabeceira da pista.

Entre o Km 125 e o Km 130, no município de Ubarana, o eixo do corredor atinge o aeródromo da Fazenda Cataco, localizado às margens do Rio Tietê, próximo da barragem da Usina de Promissão.

No município de Getulina, o lado esquerdo do corredor atinge dois aeródromos, o primeiro da Fazenda 20 de Maio, entre o Km 190 e Km 195 e o segundo da Fazenda Koga, entre o Km 195 e o Km 200.

O trecho final do corredor está localizado na área de aproximação do aeródromo da cidade de Assis, sendo que a distância entre a cabeceira de pista e o eixo do corredor é de 11 km.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 9/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

Entre o Km 100 e Km 105, no município de José Bonifácio, foi detectado nas imagens de satélite, um campo de pouso a 1,5 km do eixo do corredor. Pelo fato de não constar no Rotaer, entramos em contato com a Prefeitura Municipal, que informou tratar-se de uma pista de pouso não homologada, pois eventualmente é utilizada por pequenas aeronaves.

2.1.9. Heliportos

Não foram encontrados heliportos ao longo do corredor.

Tabela 2.1 – Vértices do Traçado

Ponto	Deflexão (° DIR)	Progressiva (km)	Coordenadas	
			UTM	
			N	E
MAR II	-	0,00	685690,966	7759337,294
MAV01	6,9241 D	2779,50	685355,811	7756578,077
MAV02	14,1858 D	8012,27	684103,212	7751497,439
MAV03	7,6172 D	25158,44	676044,193	7736363,257
MAV04	6,6191 E	34094,96	670835,365	7729101,754
MAV05	12,5006 D	48706,15	663744,244	7716326,665
MAV06	17,4144 E	68520,75	650605,851	7701494,231
MAV07	12,833 D	75216,50	647869,668	7695383,064
MAV08	0,262 D	90269,64	638820,39	7683353,614
MAV09	11,2982 E	109926,21	626932,029	7667699,618
MAV10	5,7005 E	132895,97	616892,833	7647039,892
MAV11	13,7511 E	145046,59	612694,049	7635637,798
MAV12	11,2181 D	176732,62	609126,361	7604153,255
MAV13	3,6154 E	202111,47	601417,495	7579973,523
MAV14	16,4911 D	222882,64	596368,701	7559825,292
MAV15	5,4308 E	240143,09	587593,12	7544962,174
MAV16	16,4485 E	280497,19	570457,089	7508427,125
MAV17	31,9554 D	294589,59	568330,459	7494496,117
ASSIS	-	296653,31	566986,486	7492930,005
Coordenadas Datum SIRGAS 2000 - MC 51°W. Gr. - Fuso 22				

2.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

Os critérios básicos de projeto serão apresentados em detalhe nos próximos itens deste documento e foram definidos de forma a atender aos indicadores sistêmicos, aos indicadores elétricos e aos indicadores mecânicos dos requisitos básicos do Edital ANEEL.

No caso particular das características climáticas, foram colhidos dados do maior número de estações meteorológicas próximas aos locais da linha e gerado um mapa de isótacas apresentado no relatório 311-009-RT-4-B. Da mesma forma para as temperaturas e densidades foi desenvolvido estudo específico e os mapas apresentados no relatório 311-010-RT-4-B.

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES E PARA-RAIOS.

Cada fase será composta por 4 subcondutores CAA 954kcmil, código RAIL, dispostos nos vértices de um quadrado de 1.100mm de lado.

Serão usados dois tipos de cabo Para-raios:

- CAA-EF 176,9kcmil, código DOTTEREL, nas extremidades da linha, próximo às subestações
- Cordoalha de Aço Galvanizado 3/8" EAR no restante da linha
- OPGW 14,4mm (diâmetro estimado)
- OPGW 13,4mm (diâmetro estimado)

CONDUTORES	RAIL
DIÂMETRO (mm)	29,59
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm²)	516,8
PESO LINEAR (kgf/m)	1,600
CARGA DE RUPTURA (kgf)	11.764

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 11/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

PARA-RAIOS COMUM	DOTTEREL	OPGW(*)	OPGW(*)	AÇO
DIÂMETRO (mm)	15,42	13,40	14,40	9,15
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm²)	141,93	110,00	120,00	51,14
PESO LINEAR (kgf/m)	0,657	0,600	0,700	0,407
CARGA DE RUPTURA (kgf)	7.530	10.500	11.310	6.990

(*) – Valores estimados para efeito do projeto básico

2.4 NORMAS ADOTADAS

O projeto foi desenvolvido com base em normas brasileiras e internacionais cuja relação completa encontra-se no documento nº 311-003-NT-4-B – *Relação de Normas Técnicas Oficiais*.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 12/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

3. DADOS CLIMÁTICOS E DE VENTOS DA REGIÃO

Os dados climáticos e de ventos da região foram obtidos através de estudos específicos realizados e apresentados no documentos:

- 311-009-RT-4-B – Memorial do Estudo de Ventos
- 311-010-RT-4-B – Memorial do Estudo de Dados Climáticos

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 13/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

4. CRITÉRIOS DE CARREGAMENTO MECÂNICO

4.1. METODOLOGIA ADOTADA

A metodologia adotada foi aquela solicitada no EDITAL ANEEL N° 007/2012 Anexo 6D, ou seja, segundo a IEC 60826-3rd *edition*.

4.2. DADOS DE VENTOS E PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS

Os valores das velocidades de ventos, temperaturas e densidades foram obtidos do item 3 deste documento.

A análise dos dados fornecidos apontou para a utilização dos valores indicados a seguir.

a) Temperaturas

- Temperatura média : 23°C
- Temperatura máxima média : 30°C
- Temperatura mínima : -1°C
- Médias das temp. mínimas diárias: 17°C (coincidente)

b) Velocidade de vento extremo 250 anos, 10 minutos

- Tempo de integração média: 10 minutos
- Período de retorno : 250 anos
- Altura : 10 m
- Categoria do terreno : B
- Velocidade : 125 km/h (34,7m/s)

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 14/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

c) Velocidade de vento extremo 250 anos, 3 segundos

- Tempo de integração média: 3 segundos
- Período de retorno : 250 anos
- Altura : 10 m
- Categoria do terreno : B
- Velocidade : 200 km/h (55,6m/s)

d) Velocidade de vento de balanço 50 anos, 30 segundos

- Tempo de integração média: 30 segundos
- Período de retorno : 50 anos
- Altura : 10 m
- Categoria do terreno : B
- Velocidade : 140 km/h (38,8m/s)

e) Velocidade de vento de balanço 30 anos, 30 segundos

- Tempo de integração média: 30 segundos
- Período de retorno : 30 anos
- Altura : 10 m
- Categoria do terreno : B
- Velocidade : 125km/h (34,7m/s)

f) Velocidade de vento de balanço 2 anos, 30 segundos

- Tempo de integração média: 30 segundos
- Período de retorno : 2 anos
- Altura : 10 m
- Categoria do terreno : B
- Velocidade máxima anual : 62km/h (17,2m/s)

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 15/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

g) Altitudes

A altitude média da região onde a linha se localiza é de 500m acima do nível do mar.

4.3. VELOCIDADE DE REFERÊNCIA V_R

A velocidade de referência V_R , a ser adotada para o projeto, é função da velocidade de vento máximo (V_M) e do fator de rugosidade K_R :

$$V_R = K_R \cdot V_M$$

Da tabela 4 da norma IEC 60826 obtém-se:

$$K_R = 1,00 \text{ (terreno de rugosidade B)}$$

Portanto:

$$V_R = V_M$$

a) Tormentas frontais (EPS)

$$V_R = 34,7 \text{ m/s}$$

b) Tormentas elétricas (TS)

Todas as velocidades de vento consideradas neste relatório provém de células convectivas ciclônicas, sejam elas associadas a sistemas frontais (EPS), a formações locais de tempestades (TS) ou mesmo a sistemas ditos mistos, que freqüentemente se formam pela superposição dos dois fenômenos anteriormente citados. Como para o tempo de integração da média das velocidades de vento a base de cálculo da norma IEC-60826 e da NBR-5422 é de 10 minutos, os fatores de rajada foram realisticamente determinados em cada estação pelas relações V_3 segundos/ $V_{10\text{minutos}}$ e posteriormente regionalizados proporcionalmente ao número de anos de coleta.

Assim, as hipóteses de carregamento envolvendo tormentas elétricas fazem uso das séries históricas das velocidades instantâneas, ou de 3 segundos, modeladas segundo um conhecimento crescente da atividade eólica destrutiva passível de ocorrência em território nacional. Note-se que os valores de fator de rajada sistematicamente avaliados no Brasil, inclusive os apresentados neste estudo, são superiores aos apresentados pela IEC.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 16/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

Desta forma, na representação dos ventos TS, por segurança, será utilizada a velocidade de rajada de 3 segundos acrescido de um fator de segurança de 10%:

$$V_R = 55,6 \times 1,10 = 61,2\text{m/s}$$

4.4. PRESSÃO DINÂMICA DE REFERÊNCIA

A pressão dinâmica de referência é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$q_0 = \frac{\mu \times V_R^2}{2 \times g}$$

Sendo:

μ = massa volumétrica do ar (igual a 1,148 à temperatura de 17°C e altitude de 500m)

g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

V_R = velocidade de referência (m/s)

a) Tormentas frontais (EPS)

$$q_0 = \frac{1,148 \times 34,7^2}{2 \times 9,81} = 70,5\text{kgf/m}^2$$

b) Tormentas elétricas (TS)

$$q_0 = \frac{1,148 \times 61,2^2}{2 \times 9,81} = 219,2\text{kgf/m}^2$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 17/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO			311-002-MD-4-B		

4.5. PRESSÃO DO VENTO DE PROJETO

4.5.1. Cabos condutores

A ação do vento nos cabos condutores é determinada pela seguinte equação:

$$A_c = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot G_L \cdot d \cdot L \cdot \sin^2 \Omega$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica de referência.

C_{XC} - coeficiente de arrasto igual a 1,0.

G_C - fator de vento combinado, função da altura média do cabo Z_c .

G_L - fator de vão, função do vão médio da linha.

Ω - ângulo de incidência do vento.

Da equação acima, pode-se definir:

$$p_c = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot G_L \text{ (pressão do vento de projeto corrigido)}$$

a) Vão básico

$$V_b = 500 \text{ m}$$

b) Altura média dos cabos condutores

$$z_c = 11,0 + 23,27 / 3 \cong 19,0 \text{ m (vão= 500m e terreno plano)}$$

A flecha de 23,27m foi obtida do cálculo mecânico e corresponde à temperatura máxima (70°C), sem vento, e a distância do condutor-solo de 11,0m foi obtida do estudo de coordenação de isolamento.

c) Fator de vento combinado G_c e de vão G_L

Das figuras 3 e 4 da norma IEC 60826 – 3ª edição, considerando terreno de rugosidade B e vão de 500m, obtém-se:

$$G_c = 2,07$$

$$G_L = 0,92$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 18/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

d) Pressão do vento de projeto nos cabos condutores

$p_c = q_0 \cdot C_{xc} \cdot G_C \cdot G_L$ (pressão do vento de projeto corrigido)

$$p_c = 70,5 \times 1,0 \times 2,07 \times 0,92 \cong 134,3 \text{ kgf/m}^2$$

e) Pressão do vento de balanço nos cabos condutores

O balanço dos cabos será determinado segundo o critério da ABNT NBR-5422, para ventos com períodos de retorno de 50 anos, 30 anos e 2 anos, com período de integração de 30 segundos, a uma altura de 10m. Estas velocidades serão então corrigidas para a altura média do condutor.

Assim, temos:

$$K_h = \text{fator de correção da altura} = (19,0/10)^{1/11} = 1,06$$

V_T = vento de projeto para um período de retorno T

$q_{0,T}$ = pressão dinâmica de referência para o vento V_T

$$V_{50} = K_h \cdot 38,8 = 41,2 \text{ m/s}$$

$$q_{0,50} = \frac{1,148 \times 41,2^2}{2 \times 9,81} = 99,3 \text{ kgf/m}^2$$

$$V_{30} = K_h \cdot 34,7 = 36,8 \text{ m/s}$$

$$q_{0,30} = \frac{1,148 \times 36,8^2}{2 \times 9,81} = 79,3 \text{ kgf/m}^2$$

$$V_2 = K_h \cdot 17,2 = 18,3 \text{ m/s}$$

$$q_{0,2} = \frac{1,148 \times 18,3^2}{2 \times 9,81} = 19,6 \text{ kgf/m}^2$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 19/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO			311-002-MD-4-B		

4.5.2. Cabos Para-raios

Da mesma forma que para os cabos condutores, a ação do vento sobre o cabo Para-raios é determinada pela seguinte equação:

$$A_c = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot G_L \cdot d \cdot L \cdot \sin^2 \Omega$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica de referência.

C_{XC} - coeficiente de arrasto igual a 1,0.

G_C - fator de vento combinado, função da altura média do cabo Z_c .

G_L - fator de vão, função do vão médio da linha.

Ω - ângulo de incidência do vento.

Da equação acima, pode-se definir:

$$ppr = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot G_L \text{ (pressão do vento de projeto corrigido)}$$

a) Altura média dos cabos Para-raios

$$z_{c_{PR}} = 11,0 + 23,27 + 5,5 + 10,0 + 4,0 - \frac{2}{3} \times 20,94 = 39,8\text{m (vão de 500m)}$$

b) Fator do vento combinado G_c e fator de vão G_L

Das figuras 3 e 4 da norma IEC 60826 – 3ª edição, considerando terreno de rugosidade B e vão de 500m, obtém-se:

$$G_c = 2,35$$

$$G_L = 0,92$$

c) Pressão do vento de projeto nos cabos Para-raios

$$ppr = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot G_L \text{ (pressão do vento de projeto corrigido)}$$

$$ppr = 70,5 \times 1,0 \times 2,34 \times 0,92 \cong 151,8\text{kgf/m}^2$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 20/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

4.5.3. Cadeias de isoladores

A ação do vento nas cadeias de isoladores é determinada pela seguinte equação:

$$A_i = q_0 \cdot C_{xi} \cdot G_t \cdot S_l$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica de referência

C_{xi} - coeficiente de arrasto igual a 1,2

G_t - fator de vento combinado, função da altura média da cadeia z_i .

S_l - área projetada da cadeia

Da equação acima se pode definir:

$$p_i = q_0 \cdot C_{xi} \cdot G_t \text{ (pressão do vento de projeto corrigido)}$$

a) Altura média da cadeia Z_i

$$z_i = 11,0 + 23,27 + 5,5 / 2 \cong 37,1\text{m (vão= 500m)}$$

b) Fator do vento combinado G_t

Da figura 5 (norma IEC 60826), considerando terreno de rugosidade B, obtém-se:

$$G_t = 2,35$$

c) Pressão do vento de projeto nas cadeias de isoladores

$$p_i = q_0 \cdot C_{xi} \cdot G_t \text{ (pressão de vento de projeto corrigido)}$$

$$p_i = 70,5 \times 1,20 \times 2,35 = 198,8\text{kgf/m}^2$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 21/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

4.5.4. Estruturas

Para o cálculo da ação do vento sobre a estrutura, nos diversos painéis transversais e longitudinais, a metodologia da IEC 60826 fornece a seguinte equação básica:

$$A_t = q_0 (1 + 0,2 \text{sen}^2 2\theta) (S_{T1} \cdot C_{XT1} \cdot \text{cos}^2 \theta + S_{T2} \cdot C_{XT2} \cdot \text{sen}^2 \theta) G_t$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica de referência

θ - ângulo de incidência do vento

S_{T1}, S_{T2} - Área líquida total de uma face projetada sobre um plano vertical situado na direção das faces.

C_{XT1}, C_{XT2} - coeficiente de arrasto próprio das faces

G_t - fator de vento combinado, obtido da figura 5 da IEC 60826

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 22/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

5. ESTUDO MECÂNICO DE CABOS

5.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS CABOS

a) Cabo Condutor

TIPO	CAA
CÓDIGO	RAIL
BITOLA	954 kcmil
DIÂMETRO	29,59 mm
SEÇÃO TRANSVERSAL	516,8 mm ²
PESO LINEAR	1,600 kgf/m
CARGA DE RUPTURA	11.764 kgf

b) Cabo Para-raios

Os cabos Para-raios, em número de dois por torre, serão do tipo CAA DOTTEREL e OPGW 14,4mm ou Aço 3/8" e OPGW 13,4mm, de acordo ao demonstrado nos cálculos de curto circuito no documento 285-004-ME-4-B.

TIPO	CAA-EF	OPGW	OPGW	AÇO
CÓDIGO	DOTTEREL	-	-	-
BITOLA	176,9 kcmil	-	-	3/8" EAR
DIÂMETRO	15,42 mm	13,40 mm	14,40 mm	9,15
SEÇÃO TRANSVERSAL	141,93 mm ²	110,00 mm ²	120,00 mm ²	51,14
PESO LINEAR	0,657 kgf/m	0,600 kgf/m	0,700 kgf/m	0,407
CARGA DE RUPTURA	7.530 kgf	10.500 kgf	11.310 kgf	6.990

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 23/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

5.2. PRESSÕES RESULTANTES DO VENTO

As pressões do vento indicadas abaixo foram obtidas do item 4 deste relatório.

- Cabo condutor = 134,3kgf/m²
- Cabo Para-raios = 151,8kgf/m²

5.3. ESTADOS BÁSICOS DE CÁLCULO

5.3.1. Cabo condutor RAIL

- Tração máxima de 2.353 kgf, correspondente a 20% da carga de ruptura, à temperatura média de 23°C, sem vento, final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 70% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 17°C, com vento máximo transversal, 134,3kgf/m², final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 70% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 17°C, com vento máximo transversal, 99,30kgf/m², final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 33% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura mínima de -1°C, sem vento, inicial.
- Temperatura máxima de operação de 70°C, sem vento, final.
- Temperatura média de 23°C, sem vento, inicial (condição de instalação).

5.3.2. Cabo Para-raios

- Tração cuja flecha seja correspondente a 90% da flecha do cabo condutor, na temperatura média de 23°C, sem vento, final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 70% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 18°C, com vento máximo transversal, 151,8kgf/m², final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 33% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura mínima de -1°C, sem vento, final.
- Temperatura máxima de 40°C, sem vento, final.
- Temperatura média de 23°C, sem vento, inicial, exceto para o cabo de Aço 3/8" EAR.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 24/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

Os equivalentes térmicos do CREEP foram calculados de acordo com o paper CIGRE publicado na revista ELECTRA número 24, referencia ELT_024_3 – 1972 – *A practical method of conductor creep determination.*

Cabos CAA ou ACSR									Entre com o valor de t(h), T(°), σ (kgf), σ_{rupt} (kgf), m=Stot/Saço				
									t =	87600	σ_{ult} =	11764	
									Temperatura =	23	α =	20,9	
									σ =	2353			
									m≤13	m>13	m≤13	m>13	
Processo de fabricação do vergalhão de Alumínio	Valor dos Coeficientes								Ec+Es=	728,448550	682,034975	34,85	32,63
	k		ϕ		β		μ		Ec+Es=	424,928321	682,034975	20,33	32,63
	m≤13	m>13	m≤13	m>13	m≤13	m>13	m≤13	m>13					
Hot rolled	2,4	0,24	0	1	1,3	1	0,16	0,16					
Extruded or Properzi	1,4	0,24	0	1	1,3	1	0,16	0,16					

5.4. CÁLCULO DE TRAÇÕES E FLECHAS

5.4.1. Cabo Condutor RAIL

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO CAA 954MCM RAIL

DADOS DO CABO CAA 954 RAIL

DIAMETRO	.....	29.59	MM
PESO UNITARIO	.....	1.6002	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	516.80	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	11764.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	6679.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATACAO LINEAR	.....	0.0000209	/C
EQUIVALENTE TERMICO DO CREEP	.....	34.0	C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	23.0	0.000	0.000	2353.	FINAL
B	17.0	3.974	0.000	8235.	FINAL
C	17.0	2.938	0.000	8235.	FINAL
D	-1.0	0.000	0.000	3882.	FINAL
E	70.0	0.000	0.000	9999.	FINAL
F	23.0	0.000	0.000	9999.	INICIAL

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 26/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
 CABO CAA 954MCM RAIL

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	COND F	
150.	A	2353.	4382.	3799.	3333.	1443.	3864.
175.	A	2353.	4588.	3934.	3170.	1560.	3626.
200.	A	2353.	4769.	4050.	3029.	1658.	3411.
225.	A	2353.	4926.	4150.	2913.	1742.	3228.
250.	A	2353.	5063.	4236.	2820.	1812.	3078.
275.	A	2353.	5184.	4310.	2746.	1873.	2958.
300.	A	2353.	5290.	4374.	2687.	1925.	2863.
325.	A	2353.	5383.	4429.	2640.	1969.	2787.
350.	A	2353.	5465.	4477.	2602.	2008.	2726.
375.	A	2353.	5537.	4519.	2570.	2041.	2677.
400.	A	2353.	5602.	4555.	2544.	2070.	2637.
425.	A	2353.	5659.	4587.	2523.	2096.	2604.
450.	A	2353.	5710.	4616.	2504.	2118.	2576.
475.	A	2353.	5756.	4641.	2489.	2138.	2552.
500.	A	2353.	5797.	4663.	2476.	2155.	2532.
525.	A	2353.	5833.	4683.	2464.	2171.	2515.
550.	A	2353.	5866.	4701.	2455.	2185.	2501.
575.	A	2353.	5896.	4717.	2446.	2197.	2488.
600.	A	2353.	5923.	4731.	2438.	2208.	2477.
625.	A	2353.	5948.	4744.	2432.	2218.	2467.
650.	A	2353.	5970.	4756.	2426.	2227.	2458.
675.	A	2353.	5991.	4766.	2420.	2235.	2450.
700.	A	2353.	6009.	4776.	2416.	2243.	2443.
725.	A	2353.	6026.	4785.	2411.	2250.	2437.
750.	A	2353.	6042.	4793.	2408.	2256.	2431.
775.	A	2353.	6056.	4800.	2404.	2261.	2426.
800.	A	2353.	6070.	4807.	2401.	2267.	2422.

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO CAA 954MCM RAIL

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	COND F
150.	A	1.91	2.75	2.48	1.35	3.12
175.	A	2.60	3.58	3.26	1.93	3.93
200.	A	3.40	4.50	4.13	2.64	4.83
225.	A	4.31	5.51	5.10	3.48	5.82
250.	A	5.32	6.62	6.18	4.43	6.90
275.	A	6.43	7.82	7.35	5.51	8.09
300.	A	7.66	9.12	8.62	6.70	9.37
325.	A	8.99	10.52	9.99	8.01	10.75
350.	A	10.43	12.02	11.46	9.43	12.23
375.	A	11.97	13.62	13.04	10.96	13.81
400.	A	13.62	15.33	14.72	12.60	15.49
425.	A	15.38	17.13	16.50	14.34	17.28
450.	A	17.25	19.04	18.39	16.20	19.17
475.	A	19.22	21.05	20.38	18.17	21.17
500.	A	21.30	23.16	22.48	20.24	23.27
525.	A	23.49	25.38	24.69	22.43	25.48
550.	A	25.79	27.71	27.00	24.72	27.79
575.	A	28.20	30.14	29.42	27.12	30.21
600.	A	30.71	32.67	31.94	29.63	32.74
625.	A	33.33	35.32	34.57	32.25	35.37
650.	A	36.06	38.07	37.32	34.97	38.12
675.	A	38.90	40.93	40.16	37.81	40.97
700.	A	41.85	43.89	43.12	40.76	43.93
725.	A	44.91	46.97	46.19	43.81	47.00
750.	A	48.08	50.15	49.36	46.98	50.17
775.	A	51.35	53.44	52.65	50.25	53.46
800.	A	54.74	56.84	56.04	53.64	56.85

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

	LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			28/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

5.4.2. Cabo Para-raios DOTTEREL

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO CAA-EF 176.9 MCM DOTTEREL

DADOS DO CABO CAA-EF 176.9 MCM DOTTEREL

DIAMETRO	.....	15.42	MM
PESO UNITARIO	.....	0.6570	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	141.93	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	7865.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	10500.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATACAO LINEAR	.....	0.0000153	/C
EQUIVALENTE TERMICO DO CREEP	.....	17.0	C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	23.0	0.000	0.000	1073.	FINAL
B	17.0	2.340	0.000	5505.	FINAL
C	-1.0	0.000	0.000	2595.	FINAL
D	40.0	0.000	0.000	9999.	FINAL
E	23.0	0.000	0.000	9999.	INICIAL

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 29/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO CAA-EF 176.9 MCM DOTTEREL

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E
150.	A 1073.	2277.	1403.	902.	1296.
175.	A 1073.	2418.	1355.	927.	1263.
200.	A 1073.	2545.	1312.	948.	1234.
225.	A 1073.	2659.	1276.	965.	1210.
250.	A 1073.	2761.	1245.	979.	1190.
275.	A 1073.	2854.	1220.	991.	1173.
300.	A 1073.	2938.	1200.	1000.	1160.
325.	A 1073.	3014.	1183.	1009.	1148.
350.	A 1073.	3084.	1169.	1016.	1139.
375.	A 1073.	3146.	1158.	1022.	1131.
400.	A 1073.	3204.	1148.	1027.	1125.
425.	A 1073.	3256.	1140.	1031.	1119.
450.	A 1073.	3303.	1133.	1035.	1115.
475.	A 1073.	3347.	1127.	1039.	1111.
500.	A 1073.	3386.	1122.	1042.	1107.
525.	A 1073.	3423.	1118.	1044.	1104.
550.	A 1073.	3456.	1114.	1047.	1101.
575.	A 1073.	3487.	1110.	1049.	1099.
600.	A 1073.	3515.	1107.	1050.	1097.
625.	A 1073.	3541.	1105.	1052.	1095.
650.	A 1073.	3565.	1102.	1053.	1094.
675.	A 1073.	3588.	1100.	1055.	1092.
700.	A 1073.	3608.	1098.	1056.	1091.
725.	A 1073.	3627.	1097.	1057.	1090.
750.	A 1073.	3645.	1095.	1058.	1089.
775.	A 1073.	3661.	1094.	1059.	1088.
800.	A 1073.	3677.	1093.	1060.	1087.

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO CAA-EF 176.9 MCM DOTTEREL

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E
150.	A 1.72	3.00	1.32	2.05	1.43
175.	A 2.34	3.85	1.86	2.71	1.99
200.	A 3.06	4.78	2.50	3.47	2.66
225.	A 3.88	5.79	3.26	4.31	3.44
250.	A 4.79	6.88	4.12	5.25	4.32
275.	A 5.79	8.06	5.09	6.27	5.30
300.	A 6.89	9.32	6.16	7.39	6.38
325.	A 8.09	10.66	7.34	8.61	7.56
350.	A 9.38	12.09	8.61	9.91	8.84
375.	A 10.77	13.60	9.98	11.32	10.22
400.	A 12.26	15.20	11.46	12.81	11.69
425.	A 13.84	16.89	13.03	14.40	13.27
450.	A 15.52	18.67	14.70	16.09	14.94
475.	A 17.30	20.53	16.46	17.87	16.71
500.	A 19.17	22.49	18.33	19.75	18.58
525.	A 21.14	24.54	20.29	21.73	20.54
550.	A 23.21	26.67	22.35	23.80	22.61
575.	A 25.37	28.90	24.51	25.97	24.76
600.	A 27.63	31.23	26.77	28.23	27.02
625.	A 29.99	33.64	29.12	30.59	29.38
650.	A 32.44	36.15	31.57	33.05	31.83
675.	A 35.00	38.75	34.12	35.61	34.38
700.	A 37.65	41.45	36.77	38.26	37.03
725.	A 40.40	44.24	39.52	41.01	39.77
750.	A 43.24	47.13	42.36	43.86	42.62
775.	A 46.19	50.11	45.30	46.81	45.56
800.	A 49.23	53.19	48.34	49.85	48.60

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

5.4.3. Cabo Para-raios OPGW 14,4mm

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 14,4MM

DADOS DO CABO OPGW 14,4MM

DIAMETRO	.....	14.40	MM
PESO UNITARIO	.....	0.7000	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	120.00	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	11310.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	13100.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATACAO LINEAR	.....	0.0000140	/C
EQUIVALENTE TERMICO DO CREEP	.....	15.0	C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	23.0	0.000	0.000	1143.	FINAL
B	17.0	2.185	0.000	7917.	FINAL
C	-1.0	0.000	0.000	3732.	FINAL
D	40.0	0.000	0.000	9999.	FINAL
E	23.0	0.000	0.000	9999.	INICIAL

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			32/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 14,4MM

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	1143.	2252.	1458.	975.	1329.
175.	A	1143.	2383.	1412.	1000.	1301.
200.	A	1143.	2500.	1371.	1020.	1277.
225.	A	1143.	2605.	1337.	1037.	1257.
250.	A	1143.	2699.	1308.	1051.	1241.
275.	A	1143.	2783.	1284.	1062.	1227.
300.	A	1143.	2859.	1265.	1072.	1216.
325.	A	1143.	2928.	1249.	1080.	1207.
350.	A	1143.	2990.	1236.	1087.	1199.
375.	A	1143.	3046.	1225.	1093.	1192.
400.	A	1143.	3097.	1216.	1098.	1187.
425.	A	1143.	3143.	1208.	1102.	1182.
450.	A	1143.	3185.	1201.	1106.	1178.
475.	A	1143.	3223.	1195.	1109.	1175.
500.	A	1143.	3257.	1191.	1112.	1172.
525.	A	1143.	3289.	1186.	1115.	1170.
550.	A	1143.	3318.	1183.	1117.	1167.
575.	A	1143.	3344.	1179.	1119.	1165.
600.	A	1143.	3369.	1176.	1121.	1164.
625.	A	1143.	3391.	1174.	1123.	1162.
650.	A	1143.	3412.	1172.	1124.	1161.
675.	A	1143.	3431.	1170.	1125.	1159.
700.	A	1143.	3448.	1168.	1126.	1158.
725.	A	1143.	3464.	1166.	1127.	1157.
750.	A	1143.	3479.	1165.	1128.	1156.
775.	A	1143.	3493.	1163.	1129.	1156.
800.	A	1143.	3506.	1162.	1130.	1155.

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 14,4MM

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	1.72	2.87	1.35	2.02	1.48
175.	A	2.34	3.69	1.90	2.68	2.06
200.	A	3.06	4.59	2.55	3.43	2.74
225.	A	3.88	5.58	3.31	4.27	3.52
250.	A	4.79	6.65	4.18	5.21	4.41
275.	A	5.79	7.80	5.15	6.23	5.40
300.	A	6.89	9.04	6.23	7.35	6.48
325.	A	8.09	10.36	7.40	8.56	7.67
350.	A	9.39	11.77	8.68	9.87	8.95
375.	A	10.78	13.26	10.06	11.27	10.33
400.	A	12.26	14.84	11.53	12.77	11.81
425.	A	13.85	16.52	13.10	14.36	13.38
450.	A	15.53	18.28	14.77	16.05	15.06
475.	A	17.30	20.13	16.54	17.83	16.83
500.	A	19.18	22.07	18.41	19.71	18.70
525.	A	21.15	24.10	20.37	21.68	20.66
550.	A	23.21	26.23	22.43	23.75	22.73
575.	A	25.38	28.44	24.59	25.92	24.89
600.	A	27.64	30.75	26.85	28.18	27.15
625.	A	29.99	33.16	29.20	30.55	29.50
650.	A	32.45	35.66	31.65	33.00	31.96
675.	A	35.00	38.25	34.20	35.56	34.51
700.	A	37.65	40.94	36.85	38.21	37.16
725.	A	40.40	43.72	39.60	40.97	39.90
750.	A	43.25	46.61	42.44	43.81	42.75
775.	A	46.20	49.58	45.39	46.76	45.69
800.	A	49.24	52.65	48.43	49.81	48.73

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

	LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			34/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

5.4.4. Cabo Para-raios OPGW 13,4mm

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 13,4MM

DADOS DO CABO OPGW 13,4MM

DIAMETRO	13.40	MM
PESO UNITARIO	0.6000	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	110.00	MM2
CARGA DE RUPTURA	11310.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	10500.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR	0.0000140	/C
EQUIVALENTE TERMICO DO CREEP	15.0	C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	23.0	0.000	0.000	980.	FINAL
B	17.0	2.034	0.000	7917.	FINAL
C	-1.0	0.000	0.000	3465.	FINAL
D	40.0	0.000	0.000	9999.	FINAL
E	23.0	0.000	0.000	9999.	INICIAL

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 13,4MM

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	980.	1951.	1223.	845.	1125.
175.	A	980.	2071.	1190.	864.	1105.
200.	A	980.	2179.	1161.	879.	1087.
225.	A	980.	2277.	1135.	893.	1072.
250.	A	980.	2366.	1114.	904.	1060.
275.	A	980.	2447.	1096.	913.	1049.
300.	A	980.	2520.	1080.	921.	1040.
325.	A	980.	2587.	1068.	927.	1033.
350.	A	980.	2648.	1057.	933.	1027.
375.	A	980.	2704.	1048.	938.	1021.
400.	A	980.	2755.	1041.	942.	1017.
425.	A	980.	2801.	1034.	946.	1013.
450.	A	980.	2844.	1029.	949.	1010.
475.	A	980.	2883.	1024.	952.	1007.
500.	A	980.	2919.	1020.	954.	1005.
525.	A	980.	2952.	1017.	956.	1002.
550.	A	980.	2982.	1013.	958.	1001.
575.	A	980.	3010.	1011.	960.	999.
600.	A	980.	3036.	1008.	961.	997.
625.	A	980.	3060.	1006.	963.	996.
650.	A	980.	3082.	1004.	964.	995.
675.	A	980.	3102.	1003.	965.	994.
700.	A	980.	3121.	1001.	966.	993.
725.	A	980.	3139.	1000.	967.	992.
750.	A	980.	3156.	998.	968.	991.
775.	A	980.	3171.	997.	968.	991.
800.	A	980.	3185.	996.	969.	990.

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO OPGW 13,4MM

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	1.72	3.06	1.38	2.00	1.50
175.	A	2.34	3.92	1.93	2.66	2.08
200.	A	3.06	4.87	2.59	3.41	2.76
225.	A	3.88	5.90	3.35	4.26	3.54
250.	A	4.79	7.01	4.21	5.19	4.43
275.	A	5.79	8.20	5.18	6.22	5.41
300.	A	6.89	9.48	6.25	7.34	6.49
325.	A	8.09	10.84	7.42	8.55	7.68
350.	A	9.38	12.28	8.70	9.86	8.96
375.	A	10.77	13.81	10.07	11.26	10.34
400.	A	12.26	15.43	11.54	12.75	11.81
425.	A	13.84	17.13	13.11	14.35	13.39
450.	A	15.52	18.92	14.78	16.03	15.06
475.	A	17.30	20.80	16.55	17.82	16.83
500.	A	19.17	22.77	18.41	19.69	18.70
525.	A	21.14	24.83	20.38	21.67	20.66
550.	A	23.21	26.98	22.44	23.74	22.73
575.	A	25.37	29.22	24.59	25.91	24.89
600.	A	27.63	31.55	26.85	28.17	27.14
625.	A	29.99	33.97	29.20	30.53	29.50
650.	A	32.44	36.49	31.65	32.99	31.95
675.	A	34.99	39.10	34.20	35.55	34.50
700.	A	37.64	41.81	36.85	38.20	37.15
725.	A	40.39	44.61	39.59	40.95	39.89
750.	A	43.24	47.50	42.44	43.80	42.74
775.	A	46.18	50.49	45.38	46.75	45.68
800.	A	49.22	53.58	48.42	49.79	48.72

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

	LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			37/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

5.4.5. Cabo Para-raios Aço 3/8"

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO ACO 3/8 EAR

DADOS DO CABO ACO 3/8 EAR

DIAMETRO	.....	9.15	MM
PESO UNITARIO	.....	0.4070	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	51.14	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	6990.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	18000.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATACAO LINEAR	.....	0.0000115	/C
EQUIVALENTE TERMICO DO CREEP	.....	0.0	C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	23.0	0.000	0.000	664.	FINAL
B	17.0	1.389	0.000	4893.	FINAL
C	-1.0	0.000	0.000	2306.	FINAL
D	40.0	0.000	0.000	9999.	FINAL
E	23.0	0.000	0.000	9999.	FINAL

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			38/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO ACO 3/8 EAR

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	664.	1369.	811.	582.	664.
175.	A	664.	1453.	789.	594.	664.
200.	A	664.	1528.	770.	604.	664.
225.	A	664.	1596.	754.	612.	664.
250.	A	664.	1657.	741.	619.	664.
275.	A	664.	1712.	730.	625.	664.
300.	A	664.	1761.	721.	630.	664.
325.	A	664.	1806.	714.	634.	664.
350.	A	664.	1847.	708.	637.	664.
375.	A	664.	1884.	702.	640.	664.
400.	A	664.	1918.	698.	642.	664.
425.	A	664.	1948.	694.	644.	664.
450.	A	664.	1976.	691.	646.	664.
475.	A	664.	2002.	689.	648.	664.
500.	A	664.	2025.	686.	649.	664.
525.	A	664.	2046.	684.	651.	664.
550.	A	664.	2066.	683.	652.	664.
575.	A	664.	2083.	681.	653.	664.
600.	A	664.	2100.	680.	653.	664.
625.	A	664.	2115.	679.	654.	664.
650.	A	664.	2129.	678.	655.	664.
675.	A	664.	2142.	677.	655.	664.
700.	A	664.	2154.	676.	656.	664.
725.	A	664.	2165.	675.	657.	664.
750.	A	664.	2175.	674.	657.	664.
775.	A	664.	2185.	674.	657.	664.
800.	A	664.	2193.	673.	658.	664.

CALCULO MECANICO DE CABOS

ANEEL LOTE D 007/2012 - LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS
CABO ACO 3/8 EAR

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (*) (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E	
150.	A	1.72	2.98	1.41	1.97	1.72
175.	A	2.35	3.82	1.97	2.62	2.35
200.	A	3.07	4.74	2.64	3.37	3.07
225.	A	3.88	5.75	3.42	4.21	3.88
250.	A	4.79	6.83	4.29	5.14	4.79
275.	A	5.80	8.00	5.27	6.16	5.80
300.	A	6.90	9.26	6.35	7.28	6.90
325.	A	8.10	10.59	7.54	8.49	8.10
350.	A	9.39	12.02	8.82	9.79	9.39
375.	A	10.79	13.53	10.20	11.19	10.79
400.	A	12.27	15.12	11.67	12.69	12.27
425.	A	13.86	16.81	13.25	14.28	13.86
450.	A	15.54	18.58	14.92	15.97	15.54
475.	A	17.32	20.44	16.69	17.75	17.32
500.	A	19.19	22.40	18.56	19.63	19.19
525.	A	21.16	24.44	20.53	21.60	21.16
550.	A	23.23	26.58	22.59	23.68	23.23
575.	A	25.40	28.81	24.76	25.85	25.40
600.	A	27.66	31.13	27.01	28.11	27.66
625.	A	30.02	33.54	29.37	30.47	30.02
650.	A	32.48	36.05	31.83	32.93	32.48
675.	A	35.03	38.65	34.38	35.49	35.03
700.	A	37.69	41.35	37.03	38.15	37.69
725.	A	40.44	44.14	39.78	40.90	40.44
750.	A	43.29	47.03	42.63	43.75	43.29
775.	A	46.24	50.02	45.57	46.70	46.24
800.	A	49.28	53.10	48.62	49.75	49.28

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

	LT 500KV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
			40/47	0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

6. ESTUDOS ELÉTRICOS

Os estudos elétricos encontram-se no documento anexo 311-004-ME-4-B – *Memorial do Projeto Básico Elétrico*.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 41/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

7. FAIXA DE PASSAGEM

A faixa de passagem é determinada para atender as seguintes condições:

- Manter distância mínima para evitar descarga à tensão máxima operativa entre os condutores das fases externas e o limite da faixa, sob condição de flecha e balanço máximos, conforme indicado no item 12 da NBR-5422/1985.
- Atender aos critérios de Rádio Interferência (RI), Ruído Audível (RA) e de Campos Elétricos (CE) e Magnéticos (CM), no limite da faixa.

7.1 Largura da faixa para o critério de “balanço dos condutores”

De acordo com a NBR 5422/1985 tem-se:

$$L = 2 (b + d + D)$$

b = distância horizontal do condutor externo da fase lateral ao eixo = 9,0m

d = projeção do condutor mais cadeia com ângulo devido ao máximo vento

- comprimento da cadeia = cadeia 5,5 m
- flecha máxima = 22,48 m (para vão de 500m e vento de 99,3kgf/m²)

Ângulo de balanço:

$$\beta = \tan^{-1} \left(k \cdot \frac{q_0 d}{p \left(\frac{V}{H} \right)} \right)$$

Os dados adotados para o cálculo do balanço foram:

p = peso do condutor = 1,600 kg/m

d = diâmetro = 0,02959 m

(V/H) = 1,0 (para o cabo)

k = fator k Figura 7 NBR 5422/1985 = 0,37

q₀ = 99,3 kgf/m² (Vento 50 anos, 30 segundos)

O cálculo acima resulta num balanço de 28,8°. Conservativamente consideraremos o valor de 30° como balanço máximo do cabo.

- (22,48 + 5,5) x sen (30°) = 13,99m

D = 550 / 150 = 3,7 m

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 42/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

Resultando, portanto, em uma largura de faixa $L = 53,38\text{m}$.

7.2 Largura de faixa conforme critérios elétricos

a) Rádio Interferência - Conforme resultado apresentado no documento 311-004-ME-4-B – Memorial do Projeto Básico Elétrico, o critério de rádio interferência não é decisivo na determinação da faixa.

b) Ruído Audível - Conforme resultado apresentado no documento 311-004-ME-4-B – Memorial do Projeto Básico Elétrico, o nível de ruído audível não é decisivo na determinação da faixa.

c) Campo Elétrico - Conforme resultado apresentado no documento 311-004-ME-4-B – Memorial do Projeto Básico Elétrico, o critério de campo elétrico não é decisivo na determinação da faixa.

d) Campo Magnético - Conforme resultado apresentado no documento 311-004-ME-4-B – Memorial do Projeto Básico Elétrico o campo magnético não é decisivo na determinação da faixa.

7.3 Conclusão

O critério crítico para definição da largura de faixa foi o de balanço de cabos com o valor mínimo de 53,38m. Adotaremos o valor de 60,0m com uma segurança adicional.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 43/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

8. ESTUDO BÁSICO DA ESTRUTURA

8.1 PROJETO BÁSICO DOS SUPORTES

O projeto básico das estruturas, incluindo cálculo de cargas atuantes, hipóteses de carregamento e dimensionamento estrutural, encontra-se no documento anexo 311-005-ES-4-B – “Memorial do Projeto Básico Estrutural”.

8.2 PROJETO BÁSICO DAS FUNDAÇÕES

As metodologias de cálculo e características principais das fundações encontram-se no documento 311-006-MF-4-B – “Memorial do Projeto Básico de Fundações”.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 44/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

9. CADEIAS DE ISOLADORES E ACESSÓRIOS

O projeto básico das ferragens e acessórios, incluindo sistema anti-vibração encontra-se no documento 311-007-FA-4-B, complementado pelos seguintes desenhos de conjunto:

- **311-011-DE-3-B** – *Cadeia de Suspensão do Condutor*
- **311-012-DE-3-B** – *Cadeia de Jumper do Condutor*
- **311-013-DE-3-B** – *Cadeia de Ancoragem do Condutor*
- **311-014-DE-3-B** – *Conjunto de Ancoragem do Para-raios Dotterel e Aço 3/8”*
- **311-015-DE-3-B** – *Conjunto de Suspensão do Para-raios Dotterel e Aço 3/8”*
- **311-016-DE-3-B** – *Conjunto de Suspensão do Para-raios OPGW*
- **311-017-DE-3-B** – *Conjunto de Ancoragem do Para-raios OPGW*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 45/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		

10. ATERRAMENTO

10.1 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O sistema de aterramento adotado para as estruturas da linha de transmissão será composto de dois tipos básicos:

- a) *contrapeso radial com 4 ramos conectados aos pés da estrutura.*
- b) *contrapesos curtos combinados com hastes de aterramento e eventualmente poços de baixa resistividade.*

O dimensionamento do comprimento de cada ramo e do número de hastes será feito em função da resistividade do solo ao longo do traçado da linha e do valor de resistência de pé de torre que seja necessário para o bom desempenho quanto às descargas atmosféricas. Em princípio o sistema será dimensionado para atingir uma resistência média de aterramento ao longo de toda a linha de 15 Ω , com um máximo individual de 30 Ω .

10.2 MATERIAIS UTILIZADOS

O contrapeso será de aço galvanizado bitola 3/8" SM. A conexão do fio contrapeso à torre será feita por meio de presilhas fixadas por parafusos aos montantes da estrutura, no caso dos pés das torres autoportantes e dos mastros das torres estaiadas. Nestas últimas, o contrapeso será também conectado aos estais através de conectores cunha. A ampliação do aterramento, quando necessária, será feita por meio de emendas com luvas a compressão sem tração.

10.3 CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

Tendo em vista a característica estatística da resistividade do solo e sua variação ao longo do tempo, estamos adotando o conceito de um projeto básico com diversas fases de instalação, conforme procedimento abaixo.

- *É feita uma medição preliminar da resistividade do solo ao longo de todo o traçado para identificação das características típicas do solo da região e levantamento do perfil típico de resistividade.*
- *É definido um projeto básico com 4 ramos de contrapeso com 50 m de comprimento cada um ou 4 ramos curtos combinados com hastes, a chamada Fase 1 da instalação.*
- *Após a instalação da Fase 1 é feita a medição da resistência de aterramento. Caso não tenha sido atingido o valor desejado, será então instalada a ampliação denominada Fase 2.*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 46/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B			

O processo é repetido e, caso necessário, instala-se então a ampliação denominada Fase 3, e assim por diante.

O aterramento comum será composto de até 6 fases com comprimento máximo por contrapeso de 75m. Para casos de resistividade do solo muito altas serão estudados aterramentos especiais de forma a garantir a eficiência e confiabilidade da linha.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 47/47	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO		311-002-MD-4-B		