

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 2 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	3
2. OBJETIVO.	3
3. TERMOS E DEFINIÇÕES.	3
4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.	3
4.1 NORMAS BRASILEIRAS.	3
4.2 NORMAS INTERNACIONAIS.	3
4.3 NORMAS PETROBRAS.	3
4.4 OUTRAS REFERÊNCIAS.	3
5. METODOLOGIA.	4
5.1 Considerações Gerais.	4
5.2 Desenvolvimento do Estudo.	4
5.3 Método de Cálculo do Perfil de Tensão.	5
5.4 Representação da Estrutura.	7
5.5 Representação das Impedâncias Mútuas.	7
5.6 Representação de Cálculo e Modelamento Computacional.	7
6. CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE ESTUDOS DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO EM DUTOS	8
6.1 Tensão de Passo e de Toque Admissíveis.	8
6.2 Cálculo da máxima tensão de toque nos pontos de afloramento.	9
6.3 Critérios de distâncias seguras em relação a Linhas de Transmissão	10
6.4 Rigidez dielétrica das juntas isolantes	11
7. DADOS E INFORMAÇÕES.	11
7.2 Informações técnicas dos dutos.	12
7.3 Metodologia para cálculos do fluxo de potência e curto-circuito das linhas de transmissão e subestações.	15
7.4 Análise das tensões induzidas na tubulação	16
8. SIMULAÇÕES.	21
9. ANÁLISE DE RESULTADOS DE INTERFERÊNCIAS.	22
10. CONCLUSÕES.	22
11. RECOMENDAÇÕES.	23
12. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E CRITÉRIOS.	27
13. INFORMAÇÕES SOBRE AS LINHAS DE TRANSMISSÃO (SEP).	30
14. FORMALIZAÇÃO DO DOCUMENTO.	33

	RELATÓRIO		Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA: INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV			FOLHA: 3 de 33
	TÍTULO: ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS			---

1. INTRODUÇÃO.

1.1. Ao longo do Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, da Rede de Distribuição de Gás Natural TBG, localizado no município de Siderópolis / SC foi verificado a ocorrência de cruzamento com a Linha de Transmissão LD-69 kV Siderópolis RB - Coopercocal. Neste caso, fez-se necessária à realização de um estudo de interferência eletromagnética, para análise dos possíveis danos aos revestimentos dos dutos envolvidos e dos riscos à segurança das pessoas que, eventualmente, entrem em contato direto com tubulações (potenciais de toque) nos pontos de afloramento, ou seja, submetidas à tensão de passo nos vãos de cruzamento, em caso de curto-circuito monofásico na torre de curto da linha de transmissão em questão. Estas interferências eletromagnéticas são decorrentes dos acoplamentos indutivos e condutivos entre sistema elétrico de potência e tubulações.

2. OBJETIVO.

2.1. O presente relatório visa apresentar e analisar os resultados obtidos nas simulações elétricas computacionais para as tensões resultantes ao longo do Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, no caso da ocorrência de curto-circuito monofásico (fase-terra) e em regime permanente nas linhas de transmissão de propriedade da concessionária COOPERCOCAL, referente ao caso estudado a ser apresentado neste relatório. Adicionalmente, serão sugeridas medidas mitigadoras que se façam necessárias à garantia de integridade dos revestimentos dos dutos e da segurança operacional, as quais devem ser estudadas com maior profundidade para elaboração de um projeto executivo.

3. TERMOS E DEFINIÇÕES.

3.1. **TERRÔMETRO** = medidor de resistência de terra, que pode ser usado tanto para medição de resistência de aterramento como para medição das tensões espúrias geradas pelas correntes parasitas no solo.

3.2. **ATERRAMENTO** = conjunto de hastes e cabos conectados à estrutura metálica afim de proteger pessoas e equipamentos contra transientes elétricos.

3.3. **DESCARGA ATMOSFÉRICA** = descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quilohampêres.

3.4. **LINHA DE TRANSMISSÃO** = sistema usado para transmitir energia eletromagnética. Essa transmissão não é irradiada, e sim guiada de uma fonte geradora para uma carga consumidora, podendo ser uma guia de onda, um cabo coaxial ou fios paralelos ou torcidos.

3.5. **EQUIPOTENCIALIZAÇÃO** = procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão, a própria rede de elementos interligados resultante.

4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.

4.1 NORMAS BRASILEIRAS.

- **ABNT NBR 7117:2012** – Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo.
- **ABNT NBR 5410:2004** - Instalações Elétricas em Baixa Tensão.
- **ABNT NBR 5422:1985** - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.

4.2 NORMAS INTERNACIONAIS.

- **NACE SP0177-2007** - Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.

4.3 NORMAS PETROBRAS.

- **N-464** – Construção, Montagem e Condicionamento de Duto Terrestre.

4.4 OUTRAS REFERÊNCIAS.

- **LD-2021-30** – Planta de Interferência com a TBG.
- **NR-10** - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- **LD-2021-1** – Memorial Descritivo da LD 69kV Siderópolis RB - Coopercocal.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 4 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

5. METODOLOGIA.

5.1 Considerações Gerais.

5.1.1. O estudo de interferências eletromagnéticas produzidas por uma linha de transmissão de energia elétrica sobre uma estrutura metálica visa basicamente determinar o perfil resultante da diferença de potencial elétrico entre a parte metálica da estrutura e a terra local, ao longo da estrutura, quando da ocorrência de defeitos envolvendo a terra na linha de transmissão em questão, ou mesmo em operação normal da linha de transmissão.

5.1.2. Essa diferença de potencial (ou tensão induzida) ocorre basicamente devido aos acoplamentos indutivo e resistivo entre as duas instalações.

5.1.3. O acoplamento indutivo se deve à indução causada pela variação, no tempo, do campo magnético produzido pelas parcelas das correntes que concorrem para o local de defeito através do(s) condutor(es) da linha em falta. Os parâmetros mais influentes neste tipo de acoplamento são: magnitude das parcelas das correntes no(s) condutor(es) fase (alimentação radial ou por ambas as SE's terminais), distância de separação entre as duas instalações indutor (LT) - induzido (duto), comprimento (extensão) de exposição e magnitudes das correntes nos circuitos de blindagem (cabos para-raios das LT's, contrapesos contínuos).

5.1.4. Quanto ao acoplamento resistivo, este se deve às parcelas da corrente de defeito que fluem para o solo, retornando às SE's terminais via neutro aterrado dos transformadores, e, dessa forma, alimentando o defeito. Assim, quando ocorre um defeito envolvendo a terra em um sistema elétrico, parte da corrente total de falta retorna à subestação via cabo(s) para-raios (se houver) sem que se difunda para a terra. Essa parcela de corrente é denominada, na literatura especializada, de corrente auto-neutralizadora e não causa efeitos de acoplamentos resistivos, visto circular unicamente via metálica. Outra parcela é injetada no solo através dos sistemas de aterramento das torres, retornando às SE's terminais via aterramento, tanto das torres como das SE's em causa. Somente as parcelas da corrente que são injetadas no solo provocam a elevação do potencial do mesmo, podendo, por acoplamento resistivo, transferir potenciais para outras instalações que passem próximas a esses pontos de injeção. Os principais parâmetros influentes no acoplamento resistivo são: magnitudes das parcelas de corrente de defeito difundidas para o solo, valor da resistividade elétrica do solo, distâncias de separação entre a instalação e os pontos de injeção.

5.2 Desenvolvimento do Estudo.

5.2.1. O estudo das interferências eletromagnéticas foi desenvolvido através das seguintes etapas: coleta das informações dos dutos, coleta das informações das subestações e linhas de transmissão e simulação computacional. Abaixo seguem os detalhamentos destas etapas:

5.2.1.1. Dados das aproximações entre a LT e a estrutura, particularmente quanto a extensão da exposição, a distância de separação entre as instalações LT – estrutura, ângulo de cruzamento, distâncias das torres mais próximas em relação à estrutura analisada.

5.2.1.2. Dados das instalações elétricas, em termos de características da linha de transmissão, níveis de curto-circuito monofásico nas SE's terminais.

5.2.1.3. Dados característicos da estrutura, tais como diâmetros, espessuras dos revestimentos, tipos dos isolamentos, existência e natureza de juntas isolantes e de válvulas de manobra na área de influência da LT – Estrutura (ponto de cruzamento), uso de proteção catódica e principais afloramentos.

5.2.1.4. Dados de resistividade elétrica do solo ao longo do traçado da instalação.

5.2.1.5. Determinação da corrente total de curto-circuito fase à terra no local da aproximação entre a LT e a estrutura, bem como da sua distribuição pelo circuito de terra composto pelos cabos para-raios / eventuais contrapesos contínuos de aterramento das torres/ circuitos de blindagem de cabos).

5.2.1.6. Determinação do perfil de tensão resultante ao longo da estrutura, considerando simultaneamente os efeitos dos acoplamentos indutivos e resistivos.

5.2.1.7. Avaliação dos riscos envolvidos, através da comparação entre o perfil resultante e os critérios adotados. A partir desta análise, caso necessário, concepção e estudo das medidas de mitigação e recomendação daquelas mais eficazes.

5.3 Método de Cálculo do Perfil de Tensão.

5.3.1. O perfil final de tensão é obtido através da superposição dos perfis devidos aos acoplamentos indutivos e resistivos.

5.3.2. As ilustrações: Figura 5.3.A- Modelamento do SEP, Figura 5.3.B - Modelamento do curto-circuito no SEP, Figura 5.3.C - Modelo de cálculo - circuito desacoplado, apresentam um sumário da metodologia que serviu de base ao estudo bem como o cálculo dos principais parâmetros elétricos utilizados e grandezas de interesse referentes à estrutura e a linha de transmissão quando do fenômeno em causa.

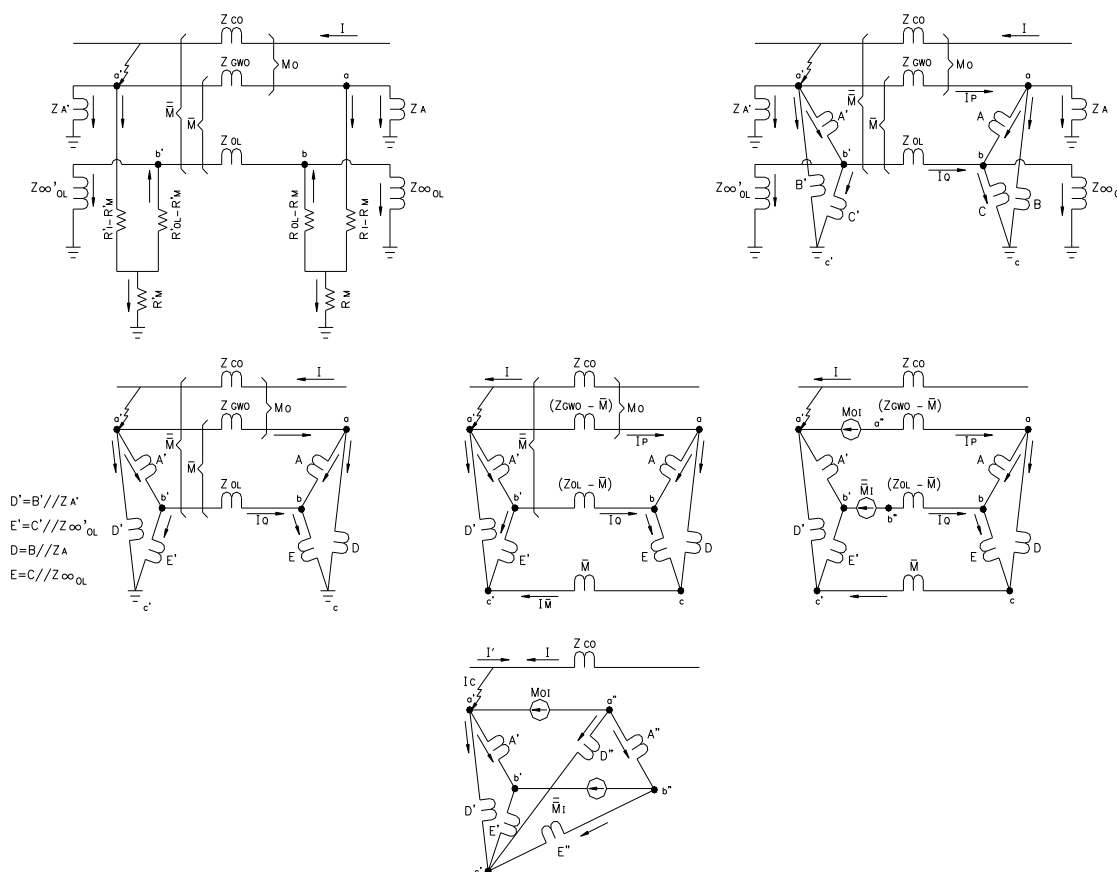


Figura 5.3.A – Modelamento do SEP.

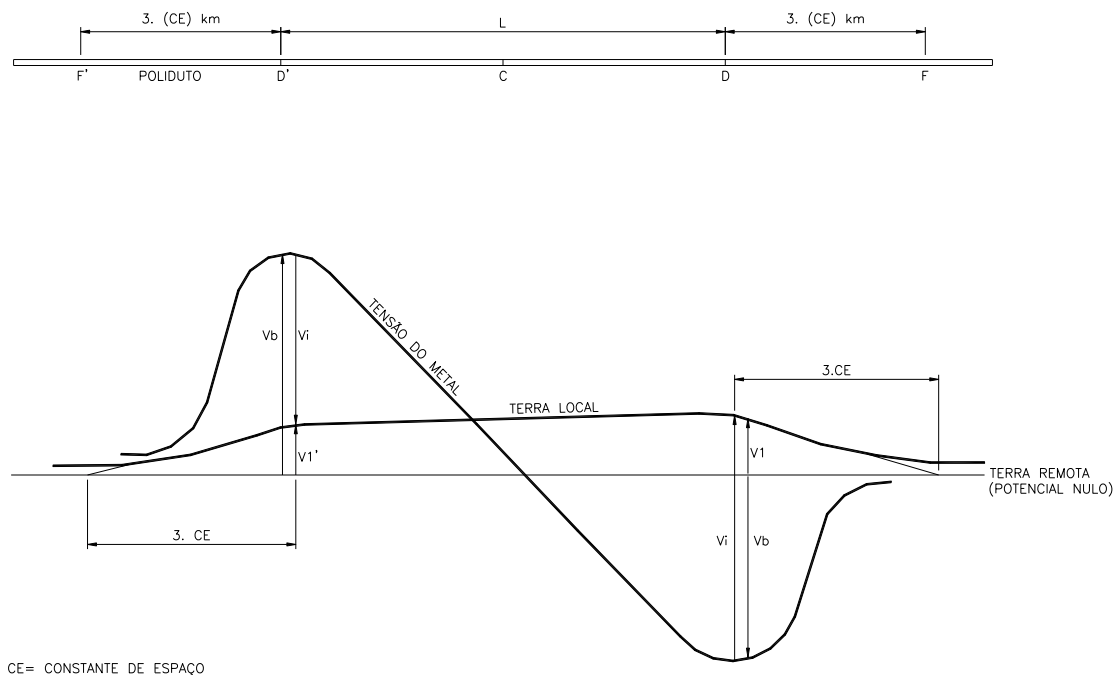


Figura 5.3.B – Modelamento do curto-circuito no SEP.

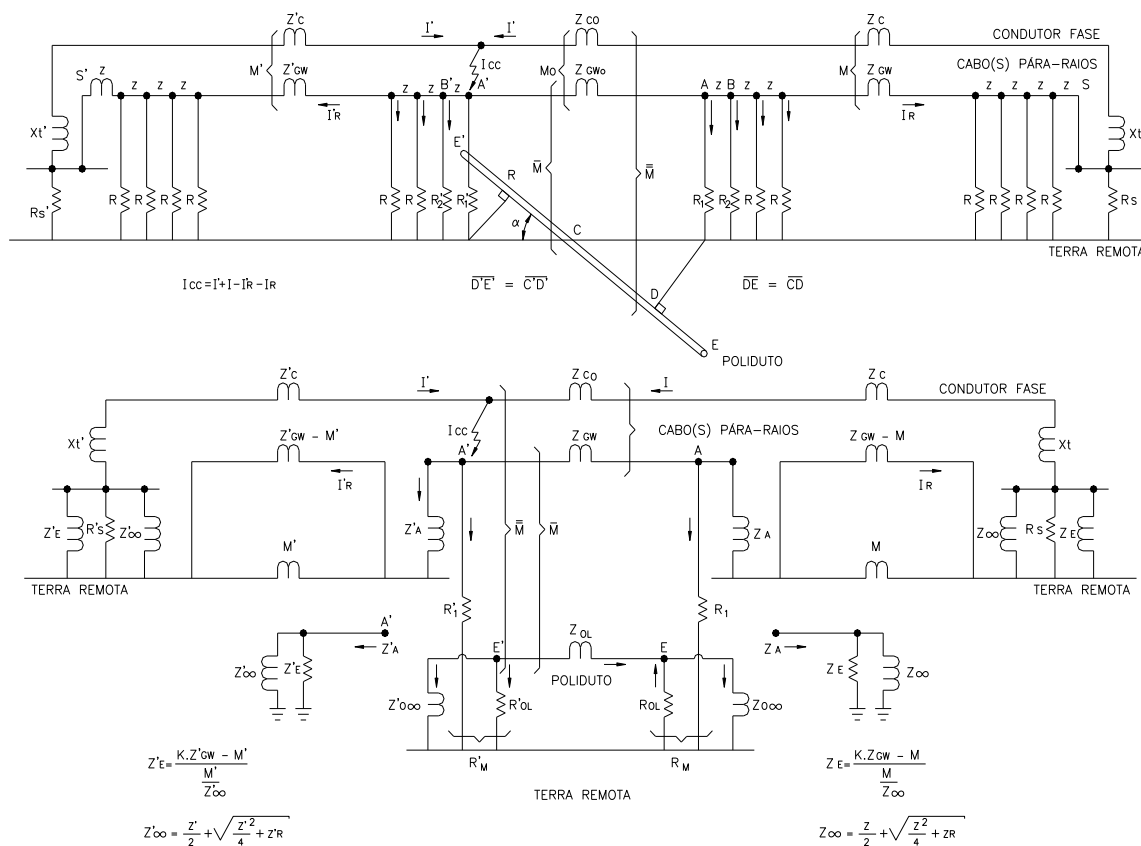


Figura 5.3.C – Modelo de cálculo – circuito desacoplado.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 7 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

5.4 Representação da Estrutura.

5.4.1. Do ponto de vista elétrico, a estrutura pode ser considerada como composto de impedâncias longitudinais e resistências transversais elementares para a terra, formando um circuito “ladder” de parâmetros distribuídos. Entretanto, para efeito do estudo da interação eletromagnética da estrutura com uma linha de transmissão, um trecho da estrutura com extensão variável, função de cada caso, foi representado por um (π) equivalente de sequência zero e os trechos da estrutura exteriores foram representados pelas impedâncias do circuito “ladder” de parâmetros distribuídos $Z'_{\infty OL} = Z_{\infty OL}$.

5.4.2. Observa-se que a tensão ao longo desses trechos da estrutura sofre um decaimento hiperbólico e se torna desprezível após 3 (três) vezes a constante de espaço (CE) do circuito “ladder” correspondente.

5.4.3. Representação do(s) cabo(s) Terra da Linha de Transmissão:

5.4.3.1. Os condutores fase da linha de transmissão em análise foram representados por suas impedâncias de sequência zero. Os cabos-terra da linha de transmissão em análise foram representados por suas impedâncias de sequência zero, levando-se em conta valores típicos para os vãos do circuito e resistências de aterramento das torres.

5.4.3.2. O vão de cabos-terra entre as Torres, para a linha de transmissão em estudo, que forma o vão de cruzamento com a estrutura, foi representado pela sua impedância longitudinal Z_{gw0} .

5.4.3.3. O conjunto de vãos de cabos-terra e respectivo aterramento visto das Torres, para a linha de transmissão em estudo forma um circuito “ladder” de parâmetros concentrados e pode ser representado por suas impedâncias terminais (Z'_{∞}) e (Z_{∞}). (A impedância terminal da Torre A é (Z_T)).

5.4.3.4. Nos trechos afastados da estrutura, é desprezível o acoplamento magnético da linha de transmissão em estudo com o mesmo, existindo apenas o acoplamento magnético entre condutores e cabos-terra, através da impedância mútua constante (M_0).

5.4.3.5. Dessa forma, os cabos-terra são percorridos por correntes “residuais” (I'_R) e (I_R), que não causam nenhuma queda de tensão nos mesmos, tendo em vista que a queda de tensão longitudinal é contrabalançada pela tensão induzida. Por esse motivo, as impedâncias (Z'_E) e (Z_E) são associadas às Torres A' e A com objetivo de deslocarem para a barra de referência as correntes (I'_R) e (I_R), sem modificar as condições de tensão nos Nós A' e A.

5.5 Representação das Impedâncias Mútuas.

5.5.1. O acoplamento magnético entre a estrutura e a linha de transmissão em estudo decai rapidamente com a separação entre eles. Por essa razão, esse acoplamento só foi considerado no trecho entre as Torres.

5.5.2. A impedância mútua constante entre os condutores e cabos-terra no trecho foi representada pela impedância (M_0). O efeito dessa impedância mútua é criar uma tensão longitudinal sobre os cabos-terra de valor ($M_0 \cdot I$) por ocasião de um defeito fase à terra. O acoplamento magnético entre condutor(es) da linha de transmissão em estudo e a estrutura é variável no trecho, visto a distância entre os mesmos ser também variável. Esse acoplamento é representado por uma impedância mútua equivalente. O efeito dessa impedância mútua é criar uma tensão longitudinal sobre a estrutura com valor, por ocasião de um defeito fase à terra.

5.5.3. O acoplamento magnético entre cabo(s)-terra da linha de transmissão em estudo e a estrutura é variável no trecho, pois a distância entre os mesmos também varia. Esse acoplamento é representado por uma impedância equivalente. O efeito dessa impedância mútua é causar tensões longitudinais simultaneamente nos cabos-terra da linha de transmissão em estudo e na estrutura, quando percorridos pelas respectivas parcelas da corrente de defeito.

5.6 Representação de Cálculo e Modelamento Computacional.

5.6.1. Em função dos dados fornecidos pela concessionária COOPERCOCAL, foram obtidas as correntes de curto-circuito das linhas de transmissão, bem como seus fluxos de potência. Estes valores serão os dados de entrada do sistema elétrico de potência.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 8 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

5.6.2. Os cálculos do perfil de tensão ao longo das tubulações, devido aos acoplamentos indutivos e condutivos, são realizados através do software ATP (Alternative Transient Program). O software Tecat Plus 5 que permite calcular os perfis do solo, determinando as impedâncias mútuas entre as linhas de transmissão e os dutos.

5.6.3. Através de linearizações realizadas pelo software MATLAB dos resultados obtidos das simulações, obtém os gráficos do perfil de tensão ao longo dos dutos e as tensões de toque nos respectivos afloramentos.

6. CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE ESTUDOS DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO EM DUTOS

6.1 Conforme já salientado anteriormente, as tensões induzidas no Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, quando da ocorrência de faltas fase-terra nos SISTEMAS DE POTÊNCIA – SEP. A seguir é mostrada a metodologia para cálculo de tensões admissíveis e a sugestão de medidas de mitigação a serem adotadas.

6.1 Tensão de Passo e de Toque Admissíveis.

6.1.1. De acordo com o guia ANSI/IEEE Std 80-2000, as tensões de passo e toque máximas admissíveis pelo ser humano podem ser avaliadas através das seguintes expressões:

$$V_{passo} = (R_B + R_{2Fs}) I_B$$

$$V_{toque} = (R_B + R_{2Fp}) I_B$$

Onde:

RB é a resistência do corpo humano (da ordem de 1000Ω);

R2Fs é a resistência dos dois pés de uma pessoa em série;

R2Fp é a resistência dos dois pés de uma pessoa em paralelo;

IB é a máxima corrente admissível pelo corpo humano.

6.1.2. A corrente IB (I_{chcd}) pode ser avaliada através da seguinte expressão (para pessoas de 50 kg):

$$I_B = \frac{0,116}{\sqrt{t}} A$$

Onde:

t é o tempo de atuação da proteção, que, no presente estudo, foi considerado como sendo de 500 ms, considerado a pior situação das Linhas de Transmissão estudadas.

6.1.3. As resistências R2Fs e R2Fp podem ser avaliadas através das seguintes expressões:

$$R_{2Fs} = 6,0 C_s \rho_s$$

$$R_{2Fp} = 1,5 C_s \rho_s$$

Onde:

ρ_s é a resistividade da camada superficial do solo e C_s é um fator de correção que depende da resistividade da camada superficial do solo (ρ_s), de sua espessura (hs) e da resistividade do solo imediatamente abaixo de ρ_s .

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 9 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

6.1.4. O fator de redução C_s é calculado através da seguinte expressão:

$$C_s = 1 - a \frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}}{2h_s + a}$$

Onde:

h_s é a espessura da camada de recobrimento de brita = 0,15 m;

p1 é a resistividade do solo (Ω.m);

p2 é a resistividade da camada de cobertura (brita) = 3 kΩ.m;

6.2 Cálculo da máxima tensão de toque nos pontos de afloramento.

6.2.1. A tensão de toque associada à corrente máxima ($I_{máx}$) é estabelecida através de um modelo de circuito elétrico que considera a resistência do corpo humano (1 kΩ) e a camada superficial do solo, conforme mostra a ilustração 1. A expressão que relaciona a tensão e a corrente de toque é a seguinte:

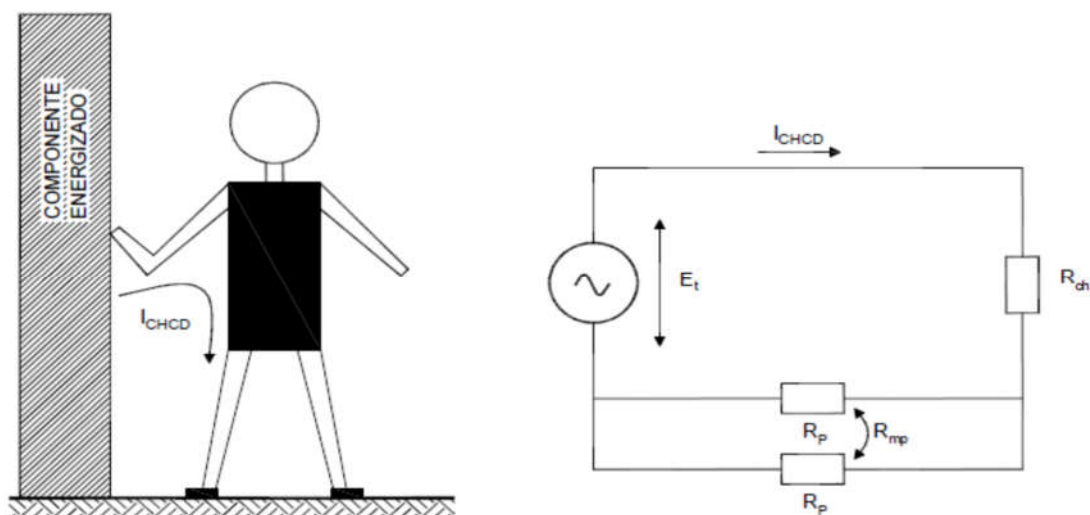


Ilustração 1 – Determinação da máxima tensão de toque.

$$E_t = (R_{ch} + 1,5 \times p_s \times C_s) \times I_{chcd} \text{ (V)}$$

Onde:

R_{ch} - Resistência do corpo humano = 1 kΩ;

p_s - Resistividade do solo no ponto de afloramento (Ω.m);

I_{chcd} - Corrente máxima admissível segundo o item 8.1.1.2 (A);

C_s - Fator de redução segundo o item 8.1.1.4.

6.2.2. Adotou-se como resistividade nos AFLORAMENTOS o valor de 364 Ω.m, conforme a estratificação obtida na sequência abaixo. Sendo assim, conforme a Tabela 6.1, a tensão máxima admissível em solo natural é de 359 V e com inserção de uma camada de 10 cm de brita ou de uma base de concreto é de 1.040 V. Estes valores serão utilizados como base para as análises no capítulo 10.

Observação: A Tabela 6.1 abaixo apresenta a condição de medição do afloramento (mais severa) e apresenta os dados de tensões admissíveis tanto de toque e de passo, que foram calculadas em função das soluções de diferentes coberturas de solos, a fim de subsidiar as análises das simulações realizadas a seguir neste relatório.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 10 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

Resistividade da primeira camada (Ω.m)	Tensão máxima admissível (V)							
	Solo natural		Solo com cobertura de 10 cm de brita		Solo com cobertura de 10 cm pedra		Solo com cobertura de 5 cm de asfalto	
	V _{toque}	V _{passo}	V _{toque}	V _{passo}	V _{toque}	V _{passo}	V _{toque}	V _{passo}
364	359	739	1.040	3.567	1.534	5.643	2.072	7.883

Tabela 6.1 - Tensões admissíveis nos afloramentos

6.2.2.1. Medições de resistividade.

Seguem abaixo a estratificação do PTSC-146 (afloramento com condição mais severa), que servirá de base para análise nos demais afloramentos.

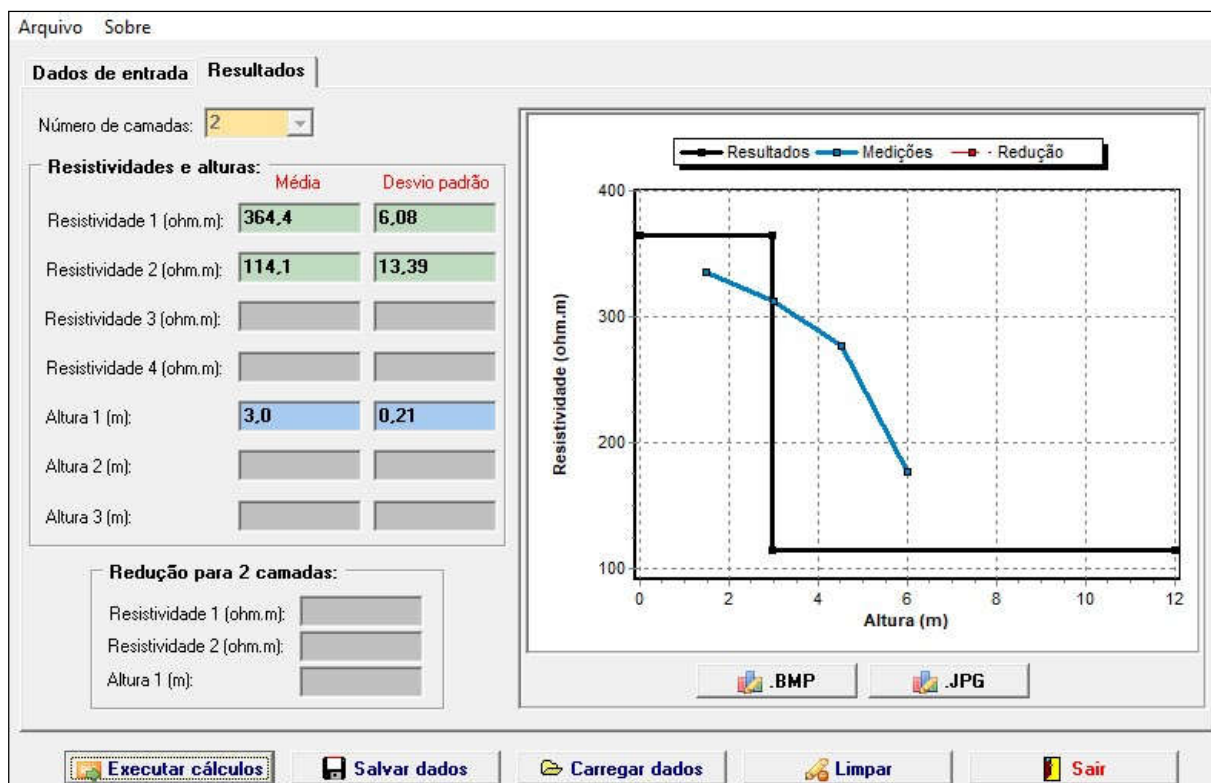


Figura 6.2 – Estratificação do (AFLORAMENTO).

6.3 Critérios de distâncias seguras em relação a Linhas de Transmissão

6.3.1 Conforme prescrito na norma ABNT NBR-5422, quaisquer equipamentos, maquinário, veículos etc. que se fizerem presentes na faixa de servidão das LT's, seja para as obras de construção, bem como futuras atividades de manutenção na tubulação, deverão obedecer a uma distância mínima de segurança em relação aos cabos condutores, expressa, em metros, por:

$$D = a + 0,01 \times \left(\frac{D_U}{\sqrt{3}} - 50 \right)$$

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 11 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

Em que:

D_v = distância em metros, numericamente igual à tensão máxima de operação da LT, expressa em kV;

a = fator em metros, conforme tabela seguinte.

6.3.2 O fator a é dado por:

a =	NATUREZA DA REGIÃO
6,0 m	LOCAIS ACESSÍVEIS APENAS A PEDESTRES
8,0 m	RODOVIAS, RUAS E AVENIDAS
3,0 m	VEÍCULOS RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS
3,0 m	ESTRUTURAS TRANSPORTADORAS

6.3.3 A tabela seguinte sumariza as distâncias mínimas de segurança a serem observadas, em função da classe de tensão da LT-138 kV:

NATUREZA DA REGIÃO	138 kV
DISTÂNCIA CABO-SOLO EM LOCAIS ACESSÍVEIS APENAS A PEDESTRES	6,3 m
DISTÂNCIA CABO-SOLO EM RODOVIAS, RUAS E AVENIDAS	8,3 m
DISTÂNCIA A VEÍCULOS RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS	3,3 m
DISTÂNCIA A ESTRUTURAS TRANSPORTADORAS	3,3 m

6.3.3.1 A distância mínima segura em relação aos cabos condutores da linha de transmissão é de 3,3 metros tanto para veículos de pequeno porte quanto para veículos de grande porte.

6.4 Rigidez dielétrica das juntas isolantes

6.4.1 Segundo informações dos respectivos fabricantes, o limite de rigidez dielétrica para as juntas isolantes é de 5 kV.

6.4.2 Segundo informações do fabricante, a tensão de acionamento máxima dos supressores de surtos é 650 V (condição conservadora, pois a maioria dos supressores utilizados em proteção catódica tem maior suportabilidade que o valor apresentado).

6.4.3 Segundo informações da norma técnica NACE SP-0177-2017 em seu item 4.13.2, o limite de rigidez dielétrica para o revestimento de polietileno (3LPE) é de 5 kV.

7. DADOS E INFORMAÇÕES.

7.1. Foram coletados dados da rede de distribuição de gás natural do projeto Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, bem como dados dos sistemas elétricos de potência de propriedade da concessionária COOPERCOCAL, nos quais se identificaram casos de cruzamentos e paralelismo, no quais serão analisadas as condições transitórias e regime

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 12 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

permanente do SEP (Sistema Elétrico de Potência) com o gasoduto. Assim podem-se identificar os casos a serem simulados e estudados, conforme a figura a seguir:

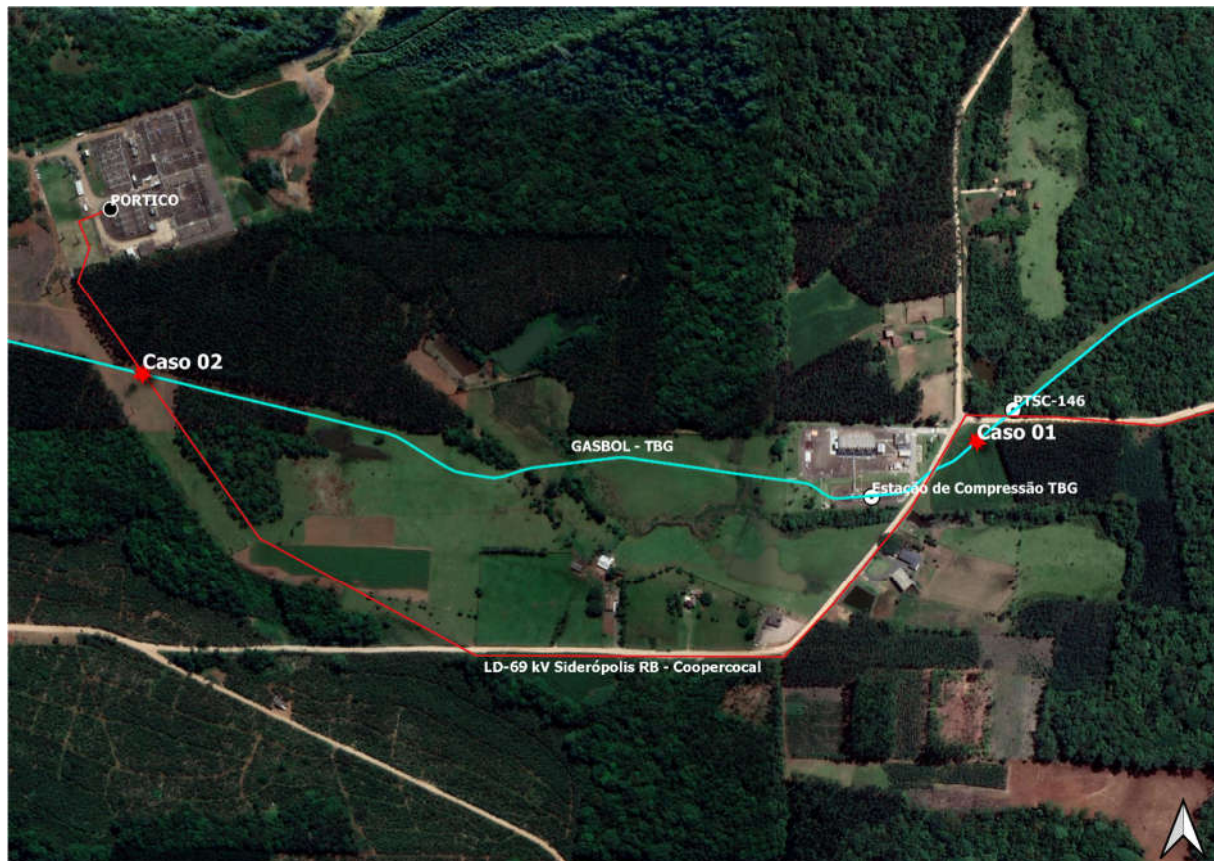


Figura 1 – Cruzamento da rede de distribuição de gás natural do Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia.

7.1.1. Desta forma, acontece cruzamento do duto de 18" com Linhas de Transmissão (COOPERCOCAL), provocando tensões induzidas em função do acoplamento resistivo e indutivo.

7.2 Informações técnicas dos dutos.

7.2.1. Abaixo seguem os parâmetros da tubulação que serão utilizados para as simulações computacionais:

7.2.1.1. Descrição dos dutos

7.2.1.1.1.. O Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, de propriedade da TBG, possui dutos em aço carbono com diâmetro de 18 polegadas, revestido em polietileno extrudado em FBE e COAL-TAR. O trecho do gasoduto que está sujeito as interferências eletromagnéticas das linhas de transmissão LD-69 kV Siderópolis RB - Coopercocal está localizado no município de Siderópolis e possui as características abaixo.

7.2.1.1.2. O trecho do gasoduto Gasbol que cruza com a linha de transmissão está relacionado abaixo:

- Km 937+090 Km 937+000 e Km 938+000 da faixa de servidão do Gasbol.

7.2.1.1.2.1 Características do duto:

- Material: Aço Carbono API 5L-X65;
- Material Transportado: Gás Natural;
- Revestimento Externo: FBE e COAL-TAR;
- Diâmetro Nominal do Duto: 18 polegadas;
- Espessura do Duto: 0,250".

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 13 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

7.2.1.1.4. A tabela 1 abaixo mostra os parâmetros elétricos da tubulação:

RESISTIVIDADE DO AÇO	1,72E-7 Ω .m / 10 p.u.
PERMEABILIDADE MAGNÉTICA AÇO	3,77E-4 H/m / 300 p.u.
REVESTIMENTO	POLIETILENO EXTRUDADO EM TRIPLA CAMADA
ESPESSURA MÉDIA REVESTIMENTO	2,00 mm ~4,0 mm
RESISTIVIDADE CAMADA ISOLANTE	1E+8 Ω .m
IMPEDÂNCIA TERMINAL ESQ.	15,00+j0,000
IMPEDÂNCIA TERMINAL DIR.	15,00+j0,000

Tabela 1 – Parâmetros elétricos da tubulação.

7.2.1.1.5. A tabela 2 abaixo mostra a relação dos afloramentos que serão contemplados na simulação:

ITEM	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	TAG	SIRGAS 2000 UTM 22S (m)	
				N	E
1	PTSC-146	58,60 metros do Caso 01	PTSC-146	6.834.759	656.409
2	Estação de Compressão TBG	145,50 metros do Caso 01	EC - TBG	6.834.653	656.236

Tabela 2 – Afloramentos da RDGN TBG.

7.2.1.1.7. Medições de resistividade do solo no cruzamento:

7.2.1.1.7.1. As medições de resistividade do solo foram realizadas nos pontos identificados na Tabela 3, no qual cada cruzamento representa os casos a serem estudados. As figuras 2/3/4 apresentam os resultados das estratificações do solo em função das medições, que serão utilizadas nos Casos 1/2, no qual serão realizadas as simulações computacionais neste relatório.

Resistividade elétrica do solo (ohm x cm)									
Profund.	1,5m		3,0m		4,5m		6,0m		Local / Km
Medição	R (Ω)	ρ (Ω .cm)	R (Ω)	ρ (Ω .cm)	R (Ω)	ρ (Ω .cm)	R (Ω)	ρ (Ω .cm)	
Medição 1	35,50	33.458	16,56	31.215	9,81	27.737	4,67	17.605	Caso 01
Medição 2	16,82	15.852	9,02	17.002	5,15	14.561	2,90	10.933	Caso 01
Medição 3	19,79	18.652	10,95	20.640	8,10	22.902	5,36	20.207	Caso 02

Tabela 3 – Medição de resistividade dos cruzamentos da RDGN com as Linhas de Transmissão.

Arquivo Sobre

Dados de entrada Resultados

Número de camadas: 2

Resistividades e alturas:

Média

Desvio padrão

Resistividade 1 (ohm.m): 364.4 6.08

Resistividade 2 (ohm.m): 114.1 13.39

Resistividade 3 (ohm.m):

Resistividade 4 (ohm.m):

Altura 1 (m): 3.0 0.21

Altura 2 (m):

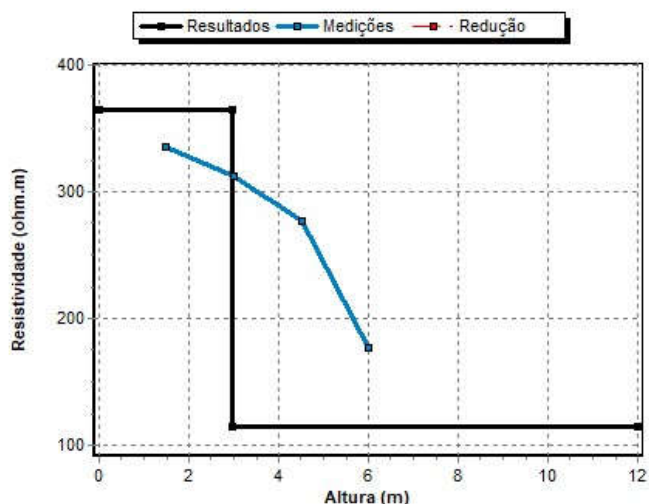
Altura 3 (m):

Redução para 2 camadas:

Resistividade 1 (ohm.m):

Resistividade 2 (ohm.m):

Altura 1 (m):



.BMP

.JPG

Executar cálculos

Salvar dados

Carregar dados

Limpar

Sair

Figura 2 – Estratificação do solo no ponto do cruzamento 1 – CASO 1.

Arquivo Sobre

Dados de entrada Resultados

Número de camadas: 2

Resistividades e alturas:

Média

Desvio padrão

Resistividade 1 (ohm.m): 171.8 1.42

Resistividade 2 (ohm.m): 37.0 16.66

Resistividade 3 (ohm.m):

Resistividade 4 (ohm.m):

Altura 1 (m): 4.6 0.59

Altura 2 (m):

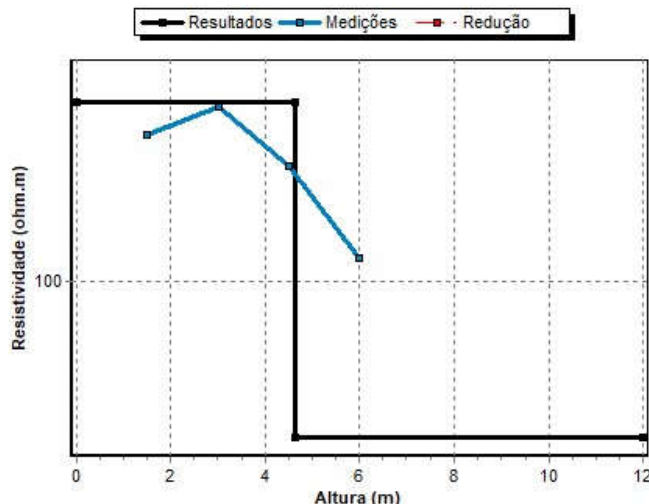
Altura 3 (m):

Redução para 2 camadas:

Resistividade 1 (ohm.m):

Resistividade 2 (ohm.m):

Altura 1 (m):



.BMP

.JPG

Executar cálculos

Salvar dados

Carregar dados

Limpar

Sair

Figura 3 – Estratificação do solo no ponto do cruzamento 2 – CASO 1.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 15 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

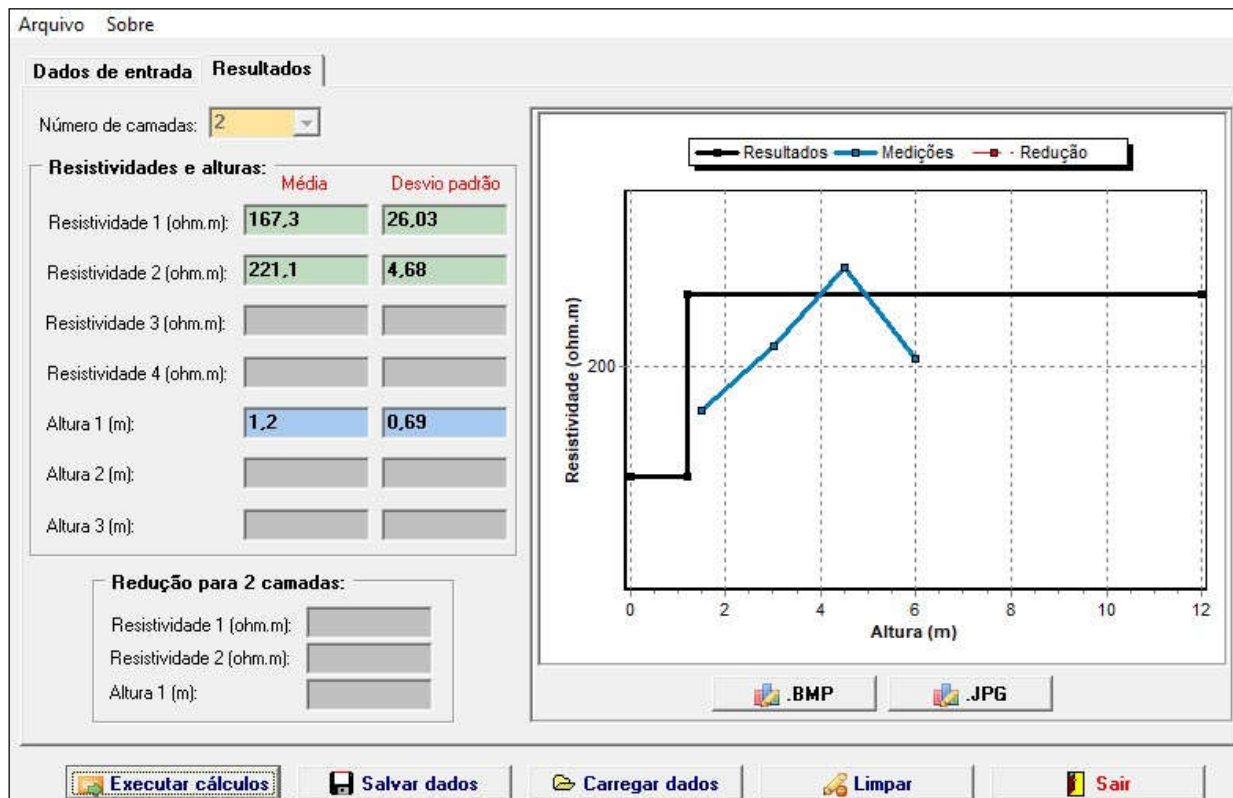


Figura 4 – Estratificação do solo no ponto do cruzamento 3 – CASO 2.

7.3 Metodologia para cálculos do fluxo de potência e curto-circuito das linhas de transmissão e subestações.

7.3.1. Para a simulação computacional conforme proposto no item 5 deste relatório, torna-se necessário os parâmetros de corrente de curto-circuito e dos sistemas elétricos envolvidos. Conforme o item 13 deste relatório, foram coletadas junto a concessionária COOPERCOCAL os dados de potência, bem como os parâmetros: silhueta das torres de transmissão, característica de cabos de LT, medição de resistência de aterramento.

7.3.2. Com estes dados foram obtidos os parâmetros que serão nas simulações, conforme abaixo:

7.3.2.1. Parâmetros da Linha de Transmissão (Cabos) da LD 69 kV - LINHA DE TRANSMISSÃO SIDERÓPOLIS RB - COOPERCOCAL

IDENTIFICAÇÃO	LD 69 kV - LINHA DE TRANSMISSÃO SIDERÓPOLIS RB - COOPERCOCAL
TENSÃO DE OPERAÇÃO	69 kV
COMPRIMENTO	10.850 m
N.º DE ESTRUTURAS	92
SILHUETA TÍPICA	ADCE
ALTURA MÍN. RELAÇÃO AO SOLO	20 m
FAIXA DE SERVIDÃO	30,0 m
CABO FASE	01 x CAA 636 MCM ORCHID
CABO PARA-RAIOS	02 x OPGW – 36 FO

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 16 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

RESISTÊNCIA ATERRAMENTO	5,00 Ω (TORRE ADJACENTE)
TIPO DE CIRCUITO	CIRCUITO SIMPLES
VÃO MÉDIO	118 m
ATERRAMENTO TÍPICO	CONTRAPESOS 4 x 25,00 m (POR PÉ DE TORRE)
CORRENTE NOMINAL	745 A
CORRENTE MÁXIMA	987 A
TEMPO ATUAÇÃO PROTEÇÃO	500 ms (PIOR SITUAÇÃO)

Tabela 4 – Parâmetros dos condutores da linha de transmissão.

7.3.2.2. Parâmetros de curto-circuito das subestações:

SUBESTAÇÃO	MONOFÁSICO		R =
	MÓD.	$\angle$	
SE – CPC	2,4 kA	-92,35°	0,1 Ω
SE – SRP	5,3 kA	-103,89°	0,1 Ω

Tabela 5 – Parâmetros de curto-circuito Ramal.

7.3.3. Com estes dados serão calculados os curtos-circuitos e os acoplamentos resistivos e indutivos, referentes aos cruzamentos das Linhas de Transmissão (COOPERCOCAL) com a rede de distribuição de gás natural do Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, conforme mostrará os CASOS 01/02 no item 7.4 deste relatório, simulando assim **03 cruzamentos**. Com a obtenção destes dados foram possíveis a simulação computacional através do programa ATP e a linearização dos gráficos de tensão através do MATLAB. Sendo assim foram obtidas as tensões induzidas no duto e seus respectivos afloramentos, conforme mostram os casos a seguir.

7.4 Análise das tensões induzidas na tubulação

7.4.1. Caso 1 – Cruzamento com a linha de transmissão.

7.4.1.1. Dados da aproximação:

DESIGNAÇÃO	CASO 1
Resistividade do solo na travessia / cruzamento	364 Ω .m
Resistência de aterramento Torres	10 Ω
Comprimento do cabo contrapeso	50 m
Resistência do aterramento típico – CURTO-CIRCUITO	5 Ω
Resistência do aterramento (torres adjacentes ao cruzamento)	5 Ω
Croquis da aproximação	Figura 7.4.1 A e B
Corrente de curto-circuito da torre	Figura 7.4.1 C
Tensão máxima da tubulação (revestimento)	361 V

Tabela 7.4 – Dados da aproximação com Linha de Transmissão

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 17 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

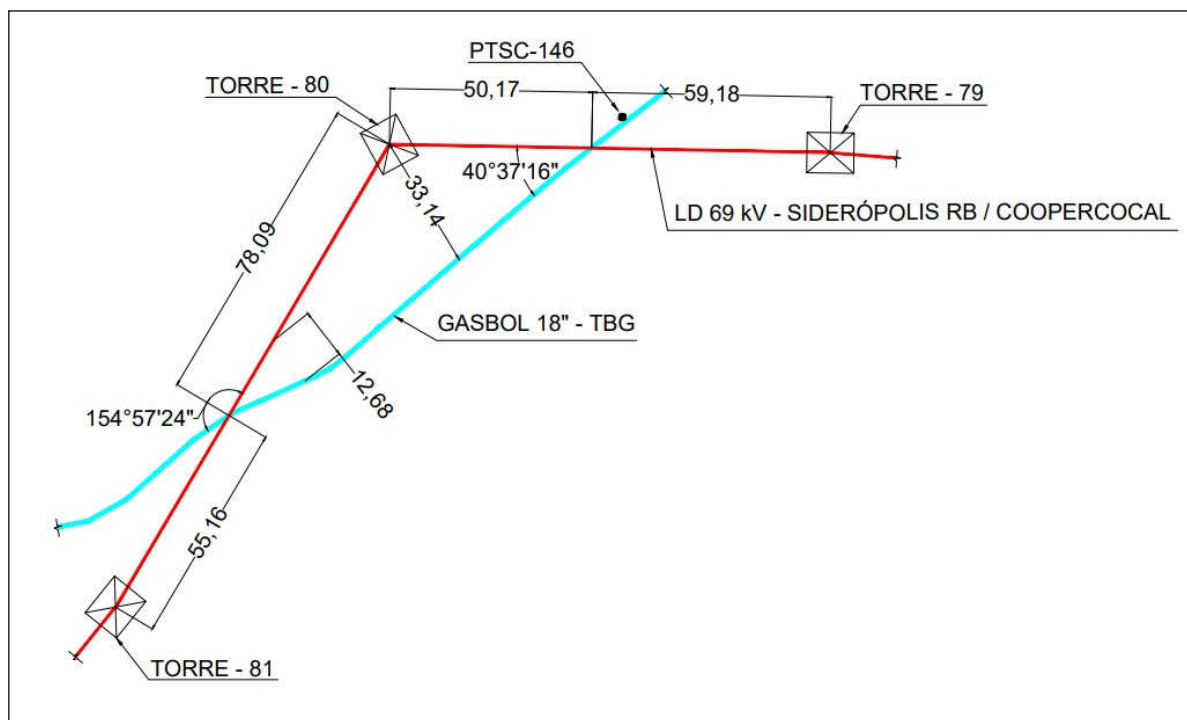
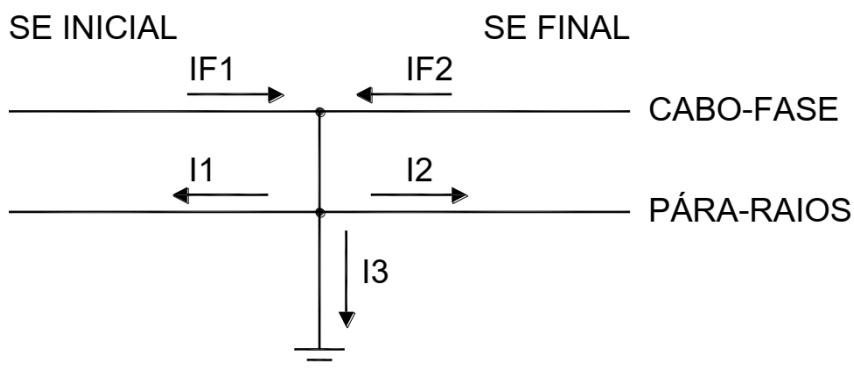


Figura 7.4.1 A – Croqui de aproximação.



Figura 7.4.1 B – Croqui de aproximação.



Torre em falta	IF ₁ (kA)	IF ₁ (kA)	Cabo PR		I ₃ (kA)	R torre (Ω)
			I ₁ (kA)	I ₂ (kA)		
79/80/81	2,4	5,3	2,1	4,9	0,70	5

Figura 7.4.1 C – Corrente de curto-circuito da torre

TENSÃO NO REVESTIMENTO DUTO - CRUZAMENTOS - TORRES 79/80/81

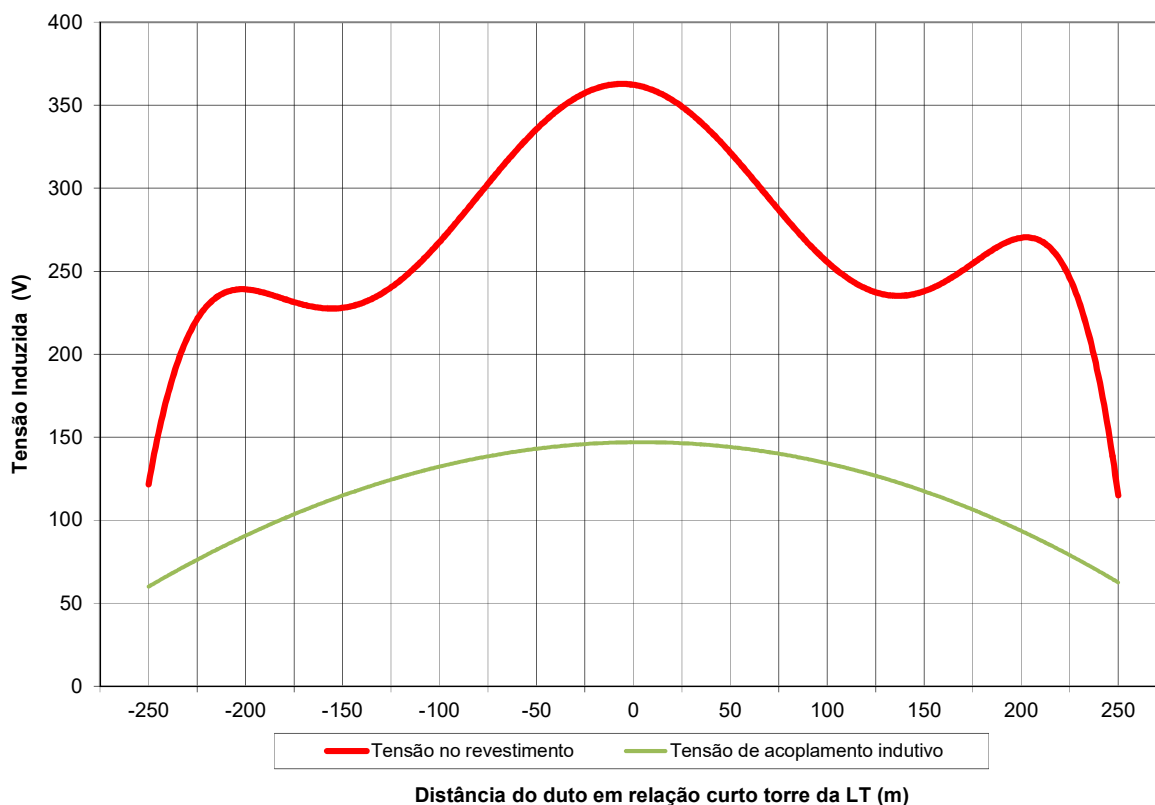


Figura 7.4.1 D – Perfil de tensão no revestimento – REGIME TRANSITÓRIO.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 19 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

7.4.2. Caso 2 – Cruzamento com a linha de transmissão.

7.4.2.1. Dados da aproximação:

DESIGNAÇÃO	CASO 2
Resistividade do solo na travessia / cruzamento	167 Ω .m
Resistência de aterramento Torres	10 Ω
Comprimento do cabo contrapeso	50 m
Resistência do aterramento típico – CURTO-CIRCUITO	5 Ω
Resistência do aterramento (torres adjacentes ao cruzamento)	5 Ω
Croquis da aproximação	Figura 7.4.2 A e B
Corrente de curto-circuito da torre	Figura 7.4.2 C
Tensão máxima da tubulação (revestimento)	412 V

Tabela 7.4 – Dados da aproximação com Linha de Transmissão

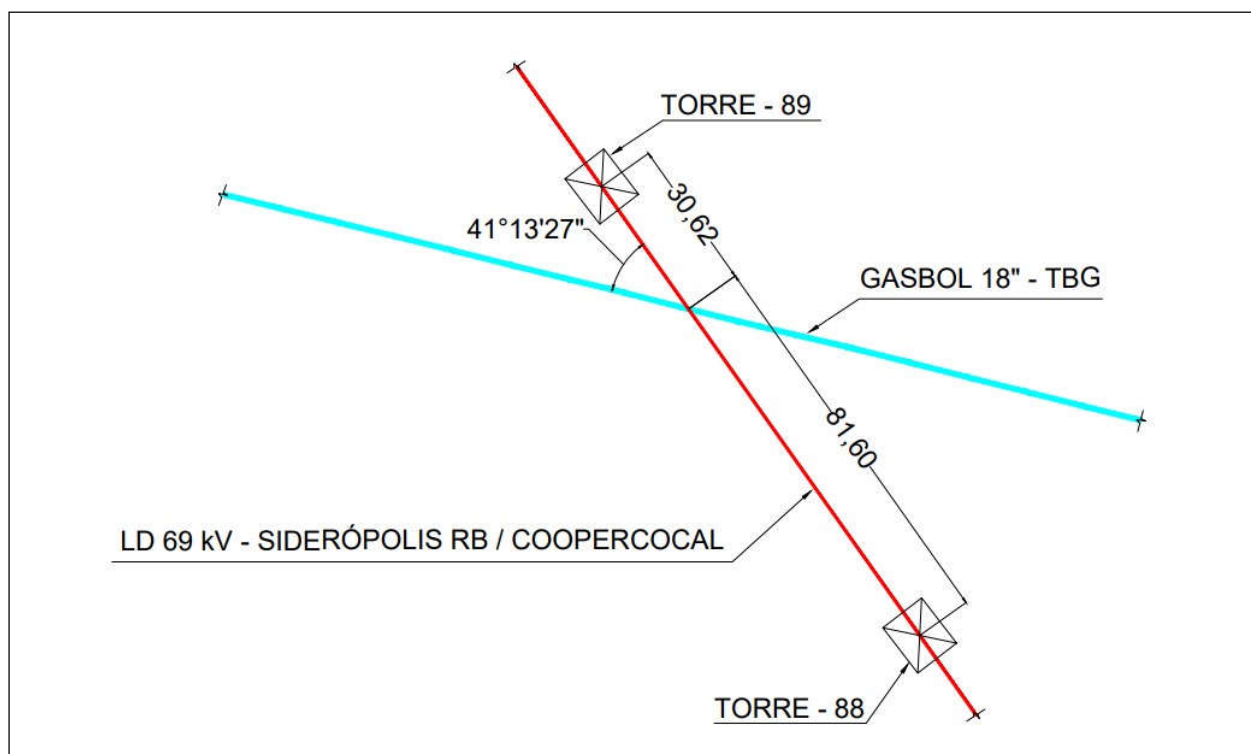
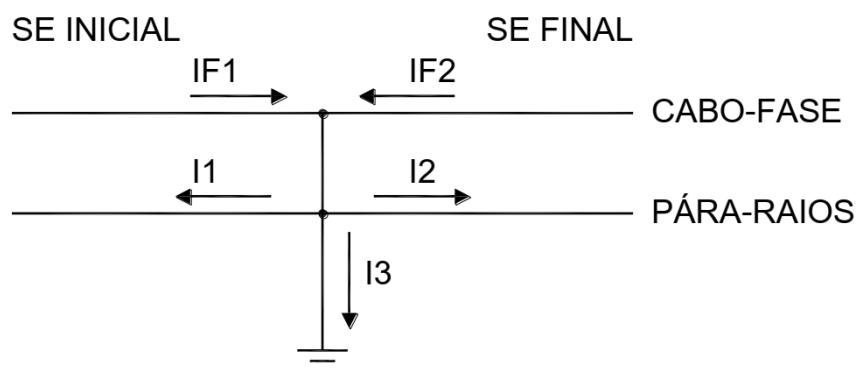


Figura 7.4.2 A – Croqui de aproximação.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 20 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---



Figura 7.4.2 B – Croqui de aproximação.



Torre em falta	IF ₁ (kA)	IF ₂ (kA)	Cabo PR		I ₃ (kA)	R torre (Ω)
			I ₁ (kA)	I ₂ (kA)		
88/89	2,4	5,3	2,1	4,9	0,70	5

Figura 7.4.2 C – Corrente de curto-circuito da torre

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 21 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

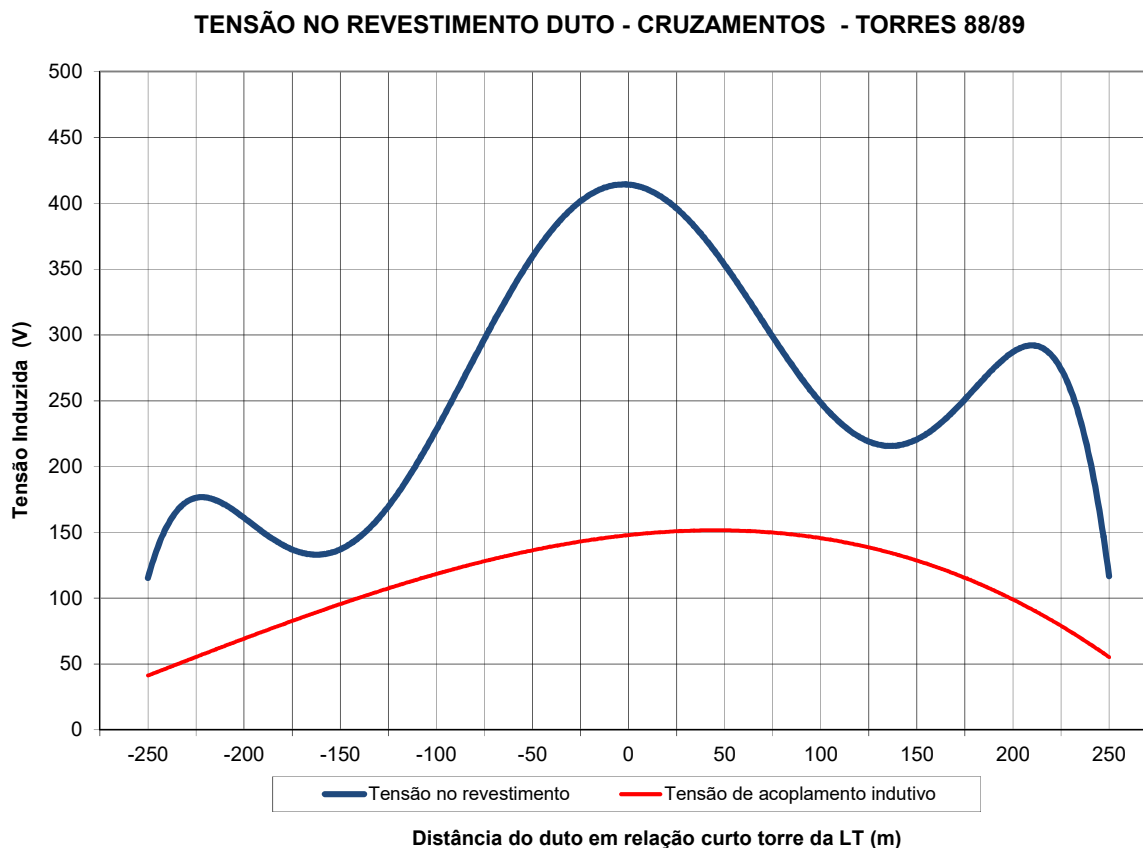


Figura 7.4.2 D – Perfil de tensão no revestimento – REGIME TRANSITÓRIO.

OBSERVAÇÕES SOBRE OS GRÁFICOS:

- ✓ No eixo das abscissas está representado as distâncias em “metros” do duto, sendo que o Ponto ZERO, coincide com o cruzamento do duto com a Linha de Transmissão.
- ✓ As simulações apresentadas retratam os casos mais severos a tubulação, tanto em questão do revestimento, quanto as tensões nos afloramentos. Neste sentido, foram colocados os gráficos com maiores valores de tensão para fins objetivos do relatório.

8. SIMULAÇÕES.

8.1. Conforme as simulações computacionais do caso 7.4 obtiveram-se valores de tensões induzidas no Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, quando da ocorrência de faltas fase-terra nos SISTEMAS DE POTÊNCIA – SEP regime transitório, bem como no funcionamento normal do SEP (carga nominal) descrito neste relatório como regime permanente.

8.1.1. Tensões nos afloramentos em regime transitório.

8.1.1.1. Abaixo a tabela 7 informa os valores de tensão induzida nos Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia quando o SEP está operando seu fluxo de potência máximo transitório, impondo aos afloramentos tensões induzidas, que estão especificadas na Tabela 7, como condições máximas obtidas nos afloramentos.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 22 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

ITEM	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	TAG	TENSÃO INDUZIDA NOS AFLORAMENTOS (V)
1	PTSC-146	58,60 metros do Caso 01	PTSC-146	215
2	Estação de Compressão TBG	145,50 metros do Caso 01	EC - TBG	109

Tabela 6 – Tensão de toque nos afloramentos em regime transitório do SEP.

8.1.2. Tensões em regime permanente.

8.1.2.1. Quanto ao regime permanente, ou seja, em operação normal do SEP os valores de tensão induzida nos Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia e em seus afloramentos atingiram valores máximos de 9 V na tubulação e seus respectivos afloramentos, valores menores que os recomendados pela NACE.

8.1.2.2. Neste sentido, os fluxos de potência destes sistemas desinterligados entre si provocam indução em função da variação do campo magnético, provocando tensões no duto do terceiro harmônico. Nas simulações realizadas nos afloramentos a tensão em regime permanente também por consequência não ultrapassou os 50 V limite estabelecido pela NBR 5410.

8.1.3. Tensões de passo.

8.1.3.1. Quanto as Tensões de Passo, as mesmas foram encontradas valores inferiores a 12 V, principalmente quando comparados ao limiar suportado por uma pessoa de 50 Kg. Em nenhum dos casos simulados encontrou-se tensões acima do limiar suportado por uma pessoa de 50 Kg.

9. ANÁLISE DE RESULTADOS DE INTERFERÊNCIAS.

9.1 Em função dos resultados obtidos nos itens 8.1.1, 8.1.2 e 8.1.3, fica evidenciado que o Gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia, bem como seus respectivos afloramentos não estão submetidos a tensões de passo e toque acima do limite estabelecido pelas normativas e conforme explicado no item 6 deste relatório, o qual estabelece os limites admissíveis calculados, que para a condição de solo natural é de 359 V, para tensão de toque. O valor máximo da tensão de toque obtido nos afloramentos foi de 215 V.

9.2 Nas simulações também ficou comprovado que o revestimento do duto nos transitórios elétricos não fica exposto a tensões superiores a 412 V não oferecendo risco de dano ao revestimento do gasoduto. O valor obtido é inferior ao valor admissível de 5 kV.

9.3 Em relação as tensões induzidas produzidas pelo funcionamento em regime permanente do SEP, elas variaram de 3V a 9V. Sendo assim em alguns pontos do duto e seus respectivos afloramentos as tensões ficaram abaixo dos 15 V recomendados pela NACE.

10. CONCLUSÕES.

10.1. Diferença de Potencial nos Afloramentos:

10.1.1. Os casos estudados apresentaram níveis de tensão induzida através da camada isolante inferiores a 5 kV, não havendo problemas quanto a integridade do isolamento do duto e consequentemente problemas de avarias no duto em função de surtos de tensão.

10.1.2. Conforme mostram os itens 8.1.1, 8.1.2 e 8.1.3, a tensões de toque em máxima, obtida nos afloramentos foi de 215 V. Sendo assim, tanto em regime permanente quanto em regime transitório apresentaram tensões abaixo das admissíveis, considerando a cobertura com solo natural. Nestes casos não existe a necessidade de medidas mitigadoras especiais para o duto e seus respectivos afloramentos.

10.1.3. As tensões em regime permanente chegaram a valores máximos de 9 V em alguns trechos do duto na simulação realizada. Neste sentido não existe a necessidade de nenhuma medida mitigadora adicional nos afloramentos e no duto.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 23 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

11. RECOMENDAÇÕES.

11.1. Em função dos resultados apontados no capítulo 7 deste relatório e como conclusão do capítulo 9, as tensões induzidas estão abaixo das admissíveis, não sendo necessária a implantação de medidas mitigadoras para os afloramentos do gasoduto em função das simulações do regime transitório.

11.1.1. Medidas Protetoras para a camada isolante da Tubulação.

11.1.1.1. Não há recomendações específicas para promover o controle dos potenciais através da camada isolante da tubulação, considerando os casos estudados. Contudo, é recomendado que se realize a inspeção de revestimento no gasoduto, de forma a verificar que não existam falhas médias e grandes neste trecho.

11.1.2. Medidas Protetoras para os Pontos de Afloramento.

11.1.2.1. De acordo com a NR10, devem ser estabelecidos raios de delimitação (raio de 1,20 metros para a zona de risco e raio de 3,20 metros para a zona de delimitação), correspondentes às zonas de risco e controlada, em função da tensão da instalação elétrica energizada. Outras medidas como uso de EPI's (luva, capacete, botas de segurança, protetores auriculares e óculos de segurança) e EPC's (cone de sinalização, fita de isolamento de área, extintores de incêndio) devem ser apontadas e monitoradas pelo SMS (Saúde, Meio ambiente e Segurança) da empresa, mediante a execução de uma APR (Análise Preliminar de Risco).

11.1.2.2. Em função das tensões induzidas no duto e do estudo transitório da LT 69 kV, aliado ao fato de que as tensões ficaram abaixo de 215 V, não existe a necessidade de medidas mitigadoras nos afloramentos, uma vez que a tensão não excede a tensão admissível de 359 V, considerando o solo natural.

11.1.2.3. Em relação às tensões induzidas analisadas no caso de indução em regime permanente da LT 138 kV em relação ao gasoduto foram obtidas tensões induzidas em regime permanente menores que 15V não havendo necessidade de medidas mitigadoras.

11.1.3. Execução de obras.

11.1.3.1. Aterramento.

11.1.3.1.1. Os aterramentos de tubos, equipamentos ou veículos e as interligações entre estruturas (skids, vigas, bases metálicas, etc.) devem atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Cabos elétricos usados para ligações temporárias de aterramentos ou interligações entre estruturas devem ter boa resistência mecânica e alta condutividade.
- ✓ O cabo deve ser de condutor singelo, trançado, têmpera meio dura e seção mínima de 35 mm².
- ✓ As ligações de cabos para sistemas de aterramento devem ser feitas por um método que assegure bom contato elétrico com o metal da estrutura e aplique pressão firme. O método de ligação deve ser tal que a conexão tenha uma capacidade de suportar correntes de, no mínimo, 200 A.
- ✓ As ligações devem, também, ser feitas nas partes metálicas e pelo processo de solda (para tubulações, usar a do tipo de ligas de baixo ponto de fusão, como chumbo-estanho, por exemplo), por conectores de pressão ou por ímãs de atracação de 24 kg, no mínimo.
- ✓ Aterramentos devem ser realizados por meio de uma haste metálica (com alma de aço e superfície cobreada com mínimo de 250 microns de espessura), com diâmetro mínimo de 3/4" e cravada no solo a 2,5m ou mais de profundidade.

11.1.3.2. Estocagem de Dutos.

11.1.3.2.1. A estocagem de dutos deve atender aos seguintes requisitos:

- ✓ A estocagem dos dutos, quando da implantação de uma tubulação nas proximidades de uma linha de transmissão existente deve ser realizada fora da faixa da Linha de Transmissão.
- ✓ Na fase de construção do duto, os tubos devem ser empilhados em 10 unidades (ou menos). Cada pilha de tubos deve ser devidamente aterrada, devendo o aterramento ser mantido até que eles sejam removidos da pilha.
- ✓ A tubulação deve ser aterrada em pelo menos um ponto, como indicado na figura 8 a seguir:

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 24 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

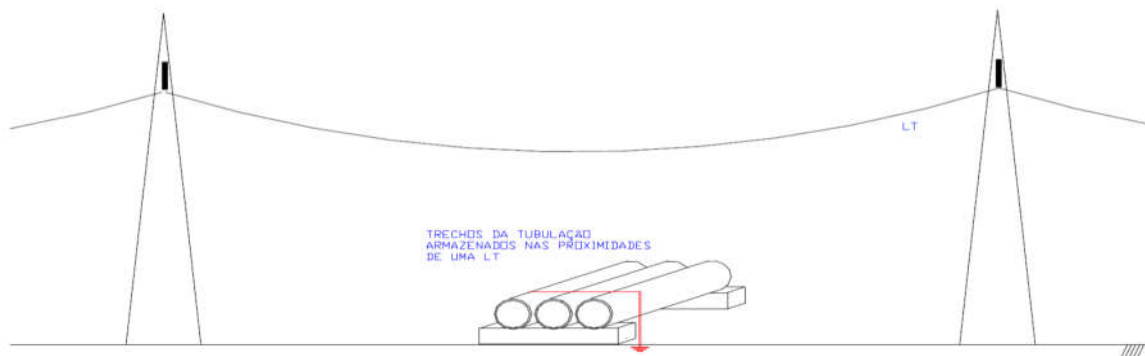


Figura 8 – Aterramento na estocagem de dutos.

11.1.3.3. Interligação com outros equipamentos.

11.1.3.3.1. Ao utilizar equipamentos para manusear, instalar ou remover dutos, devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- ✓ Cada equipamento utilizado para manipular tubos, em quaisquer circunstâncias, tais como para descarregar, apanhar, transportar, curvar ou posicionar, deve ser equipado com um conjunto de cabos/acessórios capaz de interligar eletricamente o equipamento à parte metálica daquela peça.
- ✓ Antes de qualquer tubo ser manipulado, a interligação entre ele e o equipamento, deve ter sido completamente efetuada.
- ✓ Máquinas de posicionamento de tubos devem ser equipadas com tais conjuntos e a interligação deve ser mantida até que, pelo menos, a soldagem neste tubo com o restante do duto seja completada.
- ✓ Tubos devem ser descarregados dos caminhões por meio de um “sideboom”. Uma interligação entre o tubo a ser descarregado e o equipamento deve ser realizada antes de qualquer operação de descarregamento.
- ✓ O desfile dos tubos é permitido tão logo cada um seja conectado a um aterramento similar ao acima descrito, sendo que, vários deles podem ser conectados entre si e, em seguida, aterrados a uma única haste.
- ✓ Quando da abertura de valas próximos aos pés das torres de transmissão deve-se tomar o máximo cuidado, a fim de não danificar os seus contrapesos (cabos de aterramento das torres). Caso isto ocorra, a concessionária responsável pela torre deverá ser comunicada imediatamente para que o dispositivo seja reparado ou realocado.
- ✓ Verificar se os cabos de contrapeso (pode ser uma chapa galvanizada) atravessam a região de instalação do oleoduto e consultar a concessionária para remover ou realocar esses cabos.
- ✓ Quando aterrando tubos individuais ou grupos de tubos, a haste deve ser inicialmente cravada no solo e depois feita a conexão entre ela e o cabo de aterramento. Em seguida, deve ser realizada a conexão entre o tubo e tal cabo. Para essa atividade tem a necessidade da utilização de luvas isolantes para Alta Tensão Classe 3 – 30 kV.
- ✓ A remoção do aterramento deve ser feita na ordem inversa, isto é, o cabo deve ser desconectado do tubo em primeiro lugar.
- ✓ Aterramento de colunas de tubos em construção.
- ✓ As extremidades livres de colunas de tubos soldados devem ser aterradas de forma apropriada, até que as colunas sejam ligadas às porções da tubulação que tenham sido permanentemente aterradas.
- ✓ O uso de anodos de zinco ou magnésio, ambos com enchimento de mistura de gesso, bentonita e/ou sulfato de sódio, devem ser considerados para este aterramento. Não devem ser utilizadas hastes de cobre para aterramento de dutos enterrados, sob pena de corrosão severa na tubulação. Os cabos elétricos utilizados deverão possuir revestimento isolante.
- ✓ O aterramento deve ser previsto a cada 600 m de coluna pelo menos e em apenas um lado das colunas

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 25 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

(não se pode conectar pontos de aterramento nas duas terminações de uma coluna de dutos, a fim de evitar um fechamento de circuito e, conseqüentemente, a circulação de uma corrente indesejável na coluna de dutos).

11.1.3.4. Medição de tensão.

11.1.3.4.1. Ao realizar a medição de tensão devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- ✓ A única forma segura de se trabalhar em uma tubulação antes que qualquer ser humano possa ter contato com suas partes metálicas é por meio da verificação da tensão (AC) para a terra que poderá aparecer no duto.
- ✓ A tensão deve ser medida periodicamente, usando-se um voltímetro calibrado e tomada entre a tubulação e um pino de aço (limpo e sem ferrugem) cravado no solo a, no mínimo, 25 cm e distante 1,0 m dos limites da tubulação.
- ✓ Caso a tensão seja superior a 15 VAC, hastes de aterramentos suplementares devem ser utilizadas para reduzi-la.
- ✓ Caso a tensão exceda a 30 VAC, o supervisor de segurança deve emitir avisos de alerta apropriados e todo trabalho na coluna de tubulação deve ser suspenso até que a tensão seja reduzida à, pelo menos, 15 VAC.
- ✓ O uso de cabos nus de aterramento lançados enterrados a cerca de 50 cm de profundidade, a 1,0m dos limites do duto e ao longo da tubulação deve ser considerado. Tal cabo deve ser retirado após o enterramento do duto.
- ✓ É aceitável a utilização de tubos-camisa não revestidos para aterramento adicional durante a construção. Isto pode ser feito pela ligação de um cabo entre as superfícies metálicas do duto e deste encamisamento. Quaisquer ligações feitas com este propósito devem ser removidas antes da operação de enterramento da tubulação.
- ✓ Durante a ocorrência de tempestades com raios, o trabalho deve ser suspenso em todas as áreas de lançamento de dutos, especialmente em colunas de dutos com grandes comprimentos. Uma pessoa na faixa do duto ou da linha de transmissão corre perigo mesmo que não esteja tocando tais estruturas.
- ✓ Para evitar acidentes durante a fase de construção é recomendável que o pessoal empregado nesta etapa se mantenha afastado dos pés das torres, ou que seja recoberto o piso ao seu redor com uma camada de brita, isenta de material de baixa condutividade elétrica e uso de EPI's adequados a este tipo de trabalho, como luvas/botas isolantes com nível de isolamento certificado de 5.000 V, entre outros.

11.1.3.5. Interligação elétrica.

11.1.3.5.1. Ao realizar interligações elétricas devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- ✓ Não deverá, em hipótese alguma, ser efetuada uma interligação elétrica entre a tubulação e os pés das torres das linhas de transmissão, com o objetivo de aterramento elétrico da primeira.
- ✓ Durante todo o tempo de construção, deve-se tomar cuidado para assegurar que máquinas, lanças de guindastes ou cabos nunca fiquem mais perto do que a mínima distância segura dos cabos condutores aéreos das linhas de transmissão, mesmo que as mesmas estejam aterradas. Tal distância deve ser levantada junto à concessionária local (pois a mesma sabe com exatidão os dados técnicos da linha, dados estes que determinam estas distâncias normalizadas na ABNT).
- ✓ Deve ser considerada, também, a possibilidade dos cabos elétricos aéreos se romperem e chicotarem junto às linhas de transmissão.
- ✓ Veículos ou equipamentos com pneus de borracha estacionados por longos períodos na faixa de domínio de uma linha de transmissão podem acumular consideráveis cargas elétricas estáticas, devendo-se atentar para:
- ✓ Procurar estacionar os veículos ou equipamentos a mais do que 30 m da base das torres das linhas de transmissão.

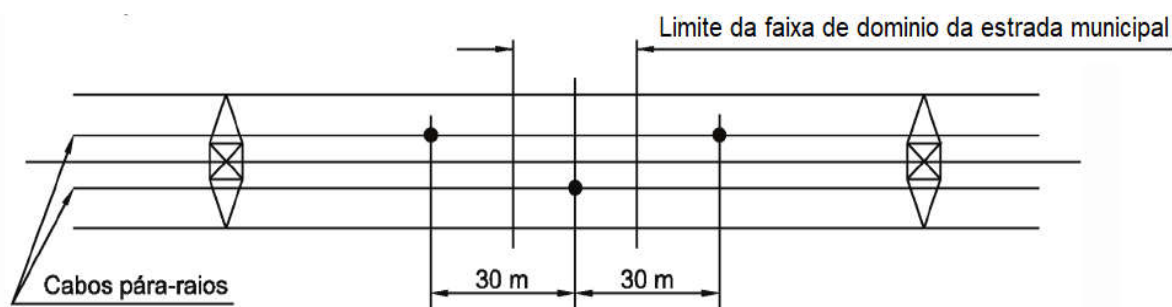
	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 26 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

✓ Tais veículos ou equipamentos, enquanto estacionados devem estar fora das faixas de domínio das linhas de transmissão. ✓ Devem ser afixados avisos: "Somente Veículos Autorizados". ✓ Se um veículo ou equipamento com pneus de borracha tiver de se movimentar ao longo da faixa da linha de transmissão, deve ser provido de uma corrente metálica que será arrastada por ele como forma de aterramento. A corrente deve ser para trabalho pesado, com elos de 1½". ✓ Cabe à CONTRATADA prover os veículos com conjunto de cabos/acessórios para aterramento. ✓ Qualquer pessoa que não esteja sobre máquinas de construção móveis não deverá tocá-las se elas estiverem sob os condutores da linha de transmissão, mantendo-se tão distantes quanto possível das mesmas. ✓ É absolutamente essencial que os operadores do maquinário de construção e o restante do pessoal sejam repetidamente instruídos por seus supervisores quanto ao procedimento a ser seguido em caso de contato acidental da máquina com os condutores da linha de transmissão, que são: ✓ Sob nenhuma circunstância deve-se tocar objetos metálicos que estejam em contato com partes energizadas da linha de transmissão ou objetos que tenham se tornado energizados por contato com esta. 11.1.3.6. Medidas de caráter geral. ✓ Recomenda-se que não se execute a construção do gasoduto sob condições atmosféricas adversas. ✓ Sempre que houver a necessidade de contato prolongado com um trecho de tubulação (durante a execução de soldas, por exemplo, em um local a menos de 500 m das torres de uma LT, recomenda-se ainda que o trabalhador execute o serviço pisando sobre uma tela metálica, própria para este fim, interconectada ao oleoduto (ou aos dois trechos de oleoduto, se ele for manipular os dois trechos, como, por exemplo, durante uma soldagem; estes dois trechos deverão ser temporariamente interconectados via um cabo de cobre nu de 50 mm²). Observa-se que uma vez estando o operário sobre a malha, e ela estando interligada metalicamente à parte metálica do oleoduto, o trabalhador poderá executar o serviço (uma solda, por exemplo) sem a necessidade de uso de luva isolante. ✓ Recomenda-se que não se trabalhe no limite da distância de segurança, pois movimentos bruscos dos equipamentos podem reduzir a distância a um valor bem inferior ao limite aceitável. ✓ Em hipótese alguma deverá ser efetuada uma interligação elétrica entre a tubulação e os pés das torres das linhas de transmissão, bem como com os cabos contrapesos (cabos enterrados que são conectados às estruturas das LTs) destas linhas, com o objetivo de aterramento elétrica da primeira. ✓ Todos os veículos e outros equipamentos devem ser aterrados eletricamente quando estiverem operando nas proximidades dos pés das torres das linhas de transmissão. ✓ Todas as máquinas ou equipamentos utilizados para manipular tubos, em qualquer circunstância, tais como para descarregar, apanhar, transportar, posicionar, deverão possuir conjuntos de cabos capazes de efetuar uma interligação elétrica entre o equipamento e o tubo a manusear. Esta interligação elétrica entre o tubo e o equipamento deverá sempre ser efetuada antes do transporte. 11.1.3.7. Recomendações importantes. ✓ Sempre que possível, evitar o descarregamento de tubos nas imediações das linhas de transmissão. ✓ Em caso de desfile de tubos ao longo de uma linha de transmissão efetuar o aterramento elétrico das extremidades deste desfile e a cada 25 metros lineares de tubos. O descarregamento só poderá ser realizado fora da faixa de passagem da linha. ✓ Para se efetuar o aterramento elétrico de tubos a haste deverá ser cravada ao solo primeiramente, para então em seguida ser conectada ao tubo. Para a desconexão deste aterramento elétrico deverá ser seguido um processo inverso. ✓ Durante a execução desta operação recomenda-se que o trabalhador use luva isolante de Classe 0.			

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 27 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

11.2. Sinalização de advertência em travessia sobre duto

De acordo com a NBR 7276, deverá ser colocada no mínimo uma esfera de sinalização no ponto de interseção da linha de transmissão com o eixo da tubulação, bem como uma esfera em cada lado deste ponto, ambas dispostas a uma distância de 30m do ponto de interseção, conforme indicado na figura abaixo. É imprescindível que a referida norma seja consultada para mais detalhes a respeito da sinalização de advertência em linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.



12. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E CRITÉRIOS.

12.1. Introdução.

12.1.1. O presente item tem por objetivo documentar a metodologia utilizada nos estudos, bem como os critérios e premissas adotadas para a análise das interferências.

12.2. Considerações Gerais.

12.2.1. Um estudo de interferências eletromagnéticas produzidas por linhas de transmissão de energia elétrica sobre tubulações enterradas visa basicamente determinar o perfil resultante da diferença do potencial elétrico entre a parte metálica da tubulação e a terra local, ao longo da tubulação, devido à ocorrência de defeitos envolvendo a terra nas linhas de transmissão.

12.2.2. O surgimento desta diferença de potencial ocorre basicamente devido aos acoplamentos indutivo, capacitivo e resistivo entre as duas instalações.

12.2.3. Os acoplamentos indutivos e capacitivos compreendem a formação de forças eletromotrizes induzidas, causadas pela variação, no tempo, do enlace de fluxo produzido pelas correntes de defeito que circulam nos condutores da linha em falta. Os principais parâmetros neste tipo de acoplamento são: correntes nos condutores, separação entre as instalações, comprimento de exposição e correntes nos circuitos de blindagem (para-raios das LT's, contrapesos contínuos etc.).

12.2.4. O acoplamento resistivo é devido às parcelas da corrente de defeito que fluem para o solo.

12.2.5. Ocorrendo um defeito envolvendo a terra em um sistema elétrico, parte da corrente total de falta retorna à subestação via cabos para-raios (se houver) e outra parte é injetada no solo através dos sistemas de aterramento (aterramento das torres e subestações). As parcelas da corrente que são injetadas no solo provocam a elevação do potencial do mesmo nas proximidades do ponto de injeção. Parte desta elevação de potencial pode ser transferida para outras instalações metálicas que passem próximas ao ponto de injeção. Os principais parâmetros no acoplamento resistivo são: níveis da corrente elétrica para o solo, resistividade do solo, separação entre o duto e pontos de injeção de corrente no solo.

12.3. Etapas para a execução do Estudo das interferências em tubulações enterradas.

- ✓ Levantamento de Dados - nesta etapa procurou-se obter os seguintes blocos de dados e informações:
- ✓ Dados das aproximações entre linhas e tubulação, particularmente quanto ao comprimento da exposição, separação entre instalações, ângulos de cruzamento, distâncias das torres mais próximas em relação a tubulação etc. Dados das instalações elétricas em termos de características das linhas, potência de curto-circuito etc.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 28 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

- ✓ Dados da tubulação, tais como, diâmetros, revestimentos, juntas isolantes, proteção catódica etc.
- ✓ Dados de resistividade do solo ao longo do traçado das instalações.
- ✓ Determinação das correntes totais de curto-circuito fase à terra nos locais das aproximações entre linhas e dutos, bem como da sua distribuição pelo circuito de terra (para-raios, circuitos de blindagem e aterramentos).
- ✓ Representação do percurso da linha e da tubulação: a tubulação foi representada com a extensão e a configuração física necessária para receber todas as influências eletromagnéticas causadas pela linha de transmissão em falta, tanto em termos do acoplamento indutivo, quanto em termos do acoplamento resistivo com as torres que injetam corrente no solo. Foi, ainda, representada a parte metálica e o revestimento isolante da tubulação e, quando necessário, seus pontos de afloramento, junções e terminações.
- ✓ Determinação do perfil de tensão resultante ao longo do isolamento da tubulação, considerando simultaneamente os efeitos dos acoplamentos indutivo e resistivo.
- ✓ Avaliação dos riscos envolvidos, através da comparação do perfil resultante com os critérios adotados. A partir desta análise, caso necessário, são concebidas e estudadas medidas de mitigação e recomendadas aquelas mais eficazes.

12.4. Riscos avaliados.

12.4.1. A seguir estão relacionados os riscos avaliados e os critérios adotados para a análise das interferências.

12.4.1.1. Choques Elétricos em Pessoas que Toquem a Tubulação:

12.4.1.1.1. Este risco foi avaliado para os pontos de afloramento da tubulação, onde há possibilidade de pessoas tocarem a mesma, estando com os pés em contato com o piso do ponto de afloramento.

12.4.1.1.1.1. Ao abrir valas para a realização de manutenções, o duto que ficar exposto passa a ser denominado como afloramento, nesse caso como as tensões de toque calculadas apresentaram valores máximos de 13 V, tanto em regime transitório quanto em regime permanente, e essa tensão esta inferior ao valor admissível de 5 kV, permitindo portanto os trabalhos de manutenção com abertura de vala.

12.4.1.1.2. De acordo com a norma NBR-5410 – “Instalações elétricas de baixa tensão” o limite da tensão de toque para seres humanos é de 50 V em regime permanente, ou seja, na situação em que um ser humano poderia estar recebendo permanentemente um choque elétrico.

12.4.1.1.3. O presente estudo calcula as tensões nos pontos de afloramento do duto na condição da linha de transmissão sob curto-circuito, ou seja, em regime transitório, situação em que o ser humano pode estar recebendo um choque elétrico somente durante o tempo em que o sistema de proteção da linha opera desligando-a. O critério dos 50 V foi adotado neste estudo, mesmo considerando que se trata de regime transitório, fazendo com a avaliação de riscos nos pontos de afloramento seja conservativa.

12.4.1.1.4. Assim sendo, nos pontos de afloramento cuja tensão de toque, em todos os casos estudados, resulta inferior ao limite de 50 V, nenhuma medida protetora é recomendada. Quando, nos pontos de afloramento, os cálculos realizados pelo estudo resultam em valores de tensão de toque superiores a 50 V, é feita uma avaliação dos riscos para os seres humanos, através do cálculo da máxima tensão de toque suportável por uma pessoa que esteja tocando a tubulação (com os pés em contato com o piso do ponto de afloramento) durante a duração do curto-circuito, visando indicar as medidas corretivas necessárias.

12.4.1.1.5. Para o cálculo dessa máxima tensão de suportabilidade é verificado, inicialmente, através da expressão de Dalziel, o valor da corrente máxima suportável por seres humanos, em função do tempo de exposição ao curto, como indicado abaixo:

$$I_{\max} = \frac{116}{\sqrt{t}} \quad (mA)$$

Onde:

t é a duração do defeito em segundos.

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 29 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

12.4.1.1.6. Considerando como duração máxima do curto o tempo de atuação da proteção de retaguarda, ou seja, 0,50 segundos para LT de tensão maior ou igual a 230 KV e 1,00 segundo para LT de tensão menor ou igual a 138 KV. A necessidade de adoção de medidas adicionais de proteção quanto à tensão de toque nos pontos de afloramento é avaliada caso a caso para cada aproximação entre linha de transmissão de energia elétrica e duto estudado.

12.4.1.1.6.1. Quando o valor calculado da tensão de toque resultar superior ao valor limite de tensão de toque sem EPI, acima indicado, medidas mitigadoras são recomendadas como adicionais e não como soluções definitivas. De maneira geral tais medidas poderão ser menos ou mais severas, conforme indicado abaixo, em função do valor da tensão de toque calculada.

12.4.1.1.6.1.1. Nos casos menos severos:

- ✓ Restringir o acesso ao público.
- ✓ Implantação de uma camada superficial de brita nº2, com no mínimo 15 cm de espessura, nestes locais.
- ✓ A operação e manutenção das tubulações deverão ser realizadas por pessoal equipado com luvas e botas isolantes (EPI).

12.4.1.1.6.1.2. Nos casos mais severos:

- ✓ Restringir o acesso ao público.
- ✓ A operação e manutenção das tubulações deverão ser realizadas por pessoal equipado com luvas e botas isolantes (EPI).
- ✓ Válvulas aparentes: deverá ser instalada uma plataforma de pré-formado de aço galvanizado, sobre material isolante de tal forma que, quando o operador for manipular a válvula, não haja qualquer contato com o solo, inclusive vegetação.
- ✓ Válvulas subterrâneas: deverá ser instalada uma malha de aterramento com pré-formado de aço galvanizado no piso e paredes, teto e ao redor do ponto de acesso, os pré-formados e a escada de acesso devem ser interligados entre si. Para não comprometer a eficiência do sistema de proteção catódica, a conexão entre o duto e a malha de aterramento só deve ser efetuada durante a execução do serviço.
- ✓ Serviços na tubulação: o uso de aterramento temporário poderá ser adotado, através da conexão da tubulação a uma malha de aterramento móvel (composta por pré-formado de aço galvanizado fabricado em chapa expandida de aço galvanizado modelo GRADEX F25-1402, soldadas a jusantes (berço), ou similar), de maneira a garantir uma superfície equipotencial.
- ✓ Retificador do sistema de proteção catódica: o acesso ao retificador, quando instalado em poste, deve se dar via escada isolante. (utilizar isolador cerâmico com capacidade de isolamento mínima de 5 kV CA, Modelo Cerâmica Santana PS-2609521/TR202, ou similar).
- ✓ No caso da existência de pontos de teste devem ser projetadas coberturas adicionais no solo.

12.4.1.2. Danos na tubulação metálica e no seu revestimento:

12.4.1.2.1. Este risco é avaliado para os trechos enterrados da tubulação. As solicitações elétricas temporárias que possam vir a ser aplicadas ao revestimento isolante das mesmas, durante curtos-circuitos nas linhas de transmissão deverão ser inferiores a 5 KV.

12.4.1.3. Danos nos dispositivos conectados a tubulação:

12.4.1.3.1. Em princípio devem ser verificados os possíveis riscos de danos às juntas isolantes e aos supressores de surto instalados na tubulação, bem como ao sistema de proteção catódica aplicada na tubulação. As solicitações elétricas que possam vir a ser aplicadas a estes dispositivos, por ocasião de curtos-circuitos nas LTs, devem ser inferiores às suas suportabilidade dielétricas.

12.5. Referências.

- ✓ [1] Brasil, D.O.C.; Sanz, R. et alli - "Indute effects caused by overhead transmission lines on metallic structures". Cigré, 1990 Session, Paper 36-202.

	RELATÓRIO		Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA: INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV			FOLHA: 30 de 33
	TÍTULO: ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS			---

- ✓ [2] Brasil, D.O.C.; Daconti, J.R., Correia, D.M. - "Effects on other installations of the injection of short-circuit currents int the ground". Liège, 1990, IV International Symposium on Short-Circuit Current in Power System.
- ✓ [3] Brasil, D.O.C.; Correia, D.M.; Castinheiras Jr., W.G. - "Medidas para controlar as interferências de linhas e subestações sobre o sistema de distribuição de gás de Fortaleza". XI SNPTEE, Rio de Janeiro, 1991.
- ✓ [4] Correia, D.M. - "Interferência de linhas de transmissão sobre tubulações por acoplamentos indutivo e condutivo". Dissertação de Mestrado, UFPE/1993.
- ✓ [5] Brasil, D. O. C. - "Compatibilidade eletromagnética entre sistemas elétricos de potência e tubulações metálicas". VI ERLAC, Foz do Iguaçu, 1995.
- ✓ [6] Dabkowski, J; Taflove, A. - "Mitigation of buried pipeline voltages due to 60 Hz ac inductive coupling; Part I and II". IEEE Transactions on PAS, Vol. PAS-98, No. 5, Sept/Oct 1979.
- ✓ [7] Feist, F.H. - "Zone of influence of earth potential rise". Electra No. 60, Out. 1978.
- ✓ [8] IEEE Guide for Safety in Substation Grouding - 1986.
- ✓ [9] "Guide Concerning Influence of High Voltage AC Power Systems on Metallic Pipelines", 36.93(WG02)15, Cigré WG 36.02, setembro/93.
- ✓ [10] NBR-5410- "Instalações elétricas de baixa tensão".

13. INFORMAÇÕES SOBRE AS LINHAS DE TRANSMISSÃO (SEP).

13.1. Introdução.

13.1.1. O presente anexo tem por objetivo documentar os dados utilizados nos estudos, abrangendo:

- ✓ Dados das aproximações.
- ✓ Dados da tubulação.
- ✓ Dados das instalações elétricas.
- ✓ Dados gerais.

13.2. Dados das instalações elétricas.

13.2.1. As informações para o Estudo de Interferência Eletromagnética foram obtidas, conforme abaixo:

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 31 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Código	ORCHID
Tipo	CA
Bitola	636,0
Formação	37 fios
Peso	888,30kg/km
Diâmetro	23,3mm
Seção	322,26mm ²
Carga de Ruptura	5.161kgf
Módulo de Elasticidade	7.030kg/mm ²
Coeficiente de Dilatação Linear	23,0x10 ⁻⁶ °C ⁻¹

CARACTERÍSTICAS DO CABO COBERTURA

Tipo	OPGW – 36 FO
Peso	0,698kg/m (máximo)
Diâmetro	14,4mm (máximo)
Seção	119,76mm ²
Formação	
Carga de Ruptura	9.399kg (máximo)
Módulo de Elasticidade	13.650
Coeficiente de Dilatação Linear	14,03x10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Resistência C.C. a 20°C	0,486 ohm/km (máximo)

Figura 9 – Parâmetros das Linhas de Transmissão

ESTRUTURAS

Trata-se de uma linha de transmissão composta por 92 estruturas, sendo 90 novas estruturas e 2 já existentes.

Abaixo estão descritas a disposição dos cabos condutores e os números dos desenhos que apresentam as especificações das estruturas.

Estrutura	Tipo	Disposição cabos condutores	Nº desenho	Quantidade
AC6MP	Monotubular	vertical	LD-2021-17	1
ADCE	Monotubular	vertical	LD-2021-16	2
ASCE	Monotubular	vertical	LD-2021-19	38
AVC3	Monotubular	vertical	LD-2021-20	1
AVC6F	Monotubular	vertical	LD-2021-18	23
SSCE	Monotubular	vertical	LD-2021-22	5
SVC6	Monotubular	vertical	LD-2021-21	20

Figura 10 – Parâmetros das estruturas das LT's

	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 32 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

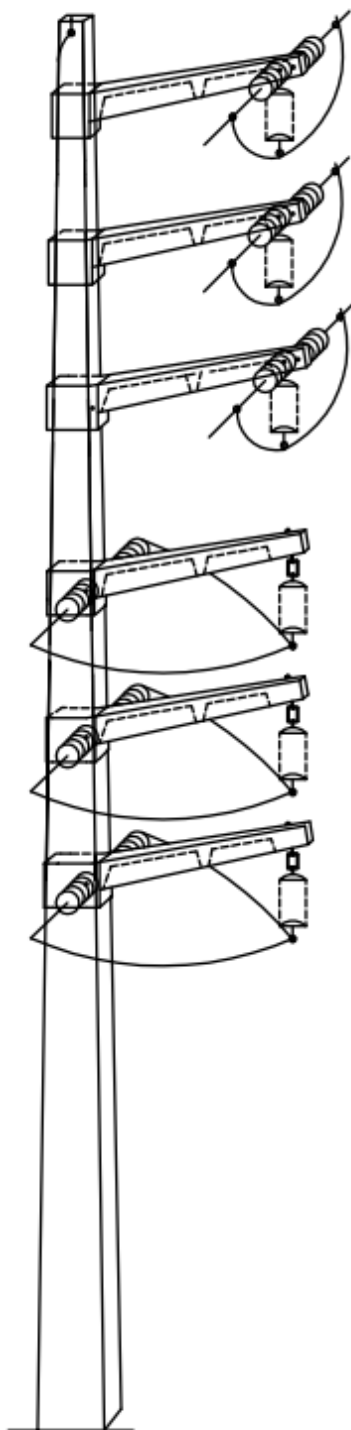


Figura 10 - Estrutura da LT 69 kV

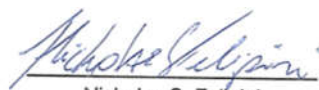
	RELATÓRIO	Nº: RL-API-750-CPC-002	REV. 0
	PROGRAMA:	INTERFERÊNCIA ENTRE GASODUTO TBG E LD-69 KV	FOLHA: 33 de 33
	TÍTULO:	ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS	---

14. FORMALIZAÇÃO DO DOCUMENTO.

Joinville, 19 de Abril de 2022.


 João F. Ramos
 Gerente Técnico
 API Serviços Especializados Ltda.

Verificação


 Nicholas S. Felipini
 Engenheiro Eletricista e Sist. Prot. Catódica
 Crea-SP: 5061961474

Execução:


 Marcelo Ramos
 Diretor Administrativo
 API SERVIÇOS
 ESPECIALIZADOS LTDA ME

Aprovação: