

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

REVESTIMENTO DE POLIETILENO (3LPE), SUBMETIDO À ALTOS GRADIENTES DE TENSÃO AC (30,2 kV).

a) João Paulo Klausung; b) João F. Ramos

Abstract

This paper presents the results of dielectric tests, performed in a laboratory with a segment of pipeline steel, gauge 28 inches, 2.5 m long, coated with polyethylene triple layer. For the tests, we used high-voltage generating equipment and precision instruments. The field conditions were simulated, even with the experiments in the laboratory. The tests were performed by a specialized team of electrical engineers of the Institute for Technological Research - IPT in isolated area in the Pipe Shop GASTAU Consortium. The main objective of the tests was to determine the level of supportability dielectric coating (3LPE) of the pipe, when subjected to an applied electric potential level variable from 0V to 30.2kV.

The test results showed that the indications of national and international standards were improperly specified, extremely conservative and do not reflect the real supportability dielectric capacity of the triple layer polyethylene coating, during the occurrence of high voltage gradients on the coating

The tests also showed a non-compliance in implementing the procedures in the field during the inspection of the coating with Holiday Detector

Keywords: Coating, Electric Test.

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados dos ensaios de rigidez dielétrica, realizados em laboratório, com um segmento de duto de aço, bitola 28 polegadas, 2,5m de comprimento, revestido com polietileno de tripla camada.

Para a execução dos testes, foram utilizados equipamentos geradores de Alta Tensão e instrumentos de precisão. As condições de campo foram simuladas, mesmo com os ensaios efetuados em laboratório. Os testes foram realizados por uma equipe especializada de engenheiros eletricitas do Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT, em area isolada no Pipe Shop do Consorcio GASTAU.

O objetivo principal dos ensaios, foi determinar o nivel de suportabilidade dielétrica do revestimento da tubulação, quando submetido a um nivel de potencial elétrico aplicado, variável de 0V à 30,2 kV.

Os resultados dos ensaios mostraram que as indicações de normas nacionais e estrangeiras estavam inapropriadamente especificadas e extremamente conservadoras, não refletindo a real capacidade de suportabilidade do revestimento de polietileno tripla camada, durante a ocorrência de elevados gradientes de Alta Tensão sobre o revestimento.

Os testes mostraram tambem, uma não conformidade na execução dos procedimentos em campo durante a inspeção do revestimento com Holiday Detector.

Data da realização dos ensaios: 09/10/2009.

Palavras-chave: Revestimento, Ensaios Elétricos.

^a Engenheiro de Petróleo – PETROBRAS/IETEG/ETEG/EDUT

^b Técnico Eletrico / Eletronico – Gerente Técnico da API Dutos Ltda.

Introdução

Empreendimento: Gasoduto Caraguatatuba/Taubaté - SP GASTAU, Bitola 28” Revestimento de Polietileno Estrudado, Tripla Camada, com média de espessura de 3,1mm (construído no período 2008 / 2010).

O gasoduto GASTAU recebe gás da reserva de Mexilhões através da UTGCA de Caraguatatuba e transporta o produto até a malha de gasodutos Sudeste/Nordeste, via ETC e ECOMP de Taubaté.

Durante a construção da obra, houve a necessidade de se efetuar o cruzamento do gasoduto com Linhas de Alta Tensão em varios pontos da faixa do duto.

Em um ponto particular (no km 51), ocorreu uma situação critica, onde o duto por contingencia do traçado, cruzou com uma linha de 500 kV (Linha de Transmissão de energia elétrica Tijuco Preto/Cachoeira Paulista) da companhia FURNAS.

Neste cruzamento, o eixo do duto, ficou com uma aproximação de 12,57 metros de distancia do pé da torre (Nº 169).



No estudo de interferência com LAT, realizado nesse cruzamento, os resultados apresentaram a possibilidade da geração de um gradiente máximo de tensão de 7.590V sobre o revestimento (Duto/Solo), quando de eventuais ocorrências de falta de fase ou falha de fase para terra.

No Memorial Descritivo do projeto, estava estabelecido um nivel do máximo aceitavel de gradiente de tensão Tubo/Solo de 5kV.

Como a própria Petrobras no MD e a norma técnica NACE SP-0177-2007 (item 4.13.2), assumiam que a rigidez dielétrica do revestimento 3LPE do duto deveria ser de no máximo 5.000V, então a concessionária de energia elétrica FURNAS, não concordou com o

cruzamento do duto neste ponto da sua faixa de domínio, devido ao risco de uma eventual perfuração do duto por este gradiente de tensão eventualmente produzido no solo.

Diante do impedimento da continuidade da obra e da impossibilidade da execução de uma variante ou qualquer alteração no traçado do duto, a Petrobras solicitou medidas mitigadoras para o caso.

Como não havia disponível um estudo ou ensaio (em nível nacional) sobre a real suportabilidade dielétrica do revestimento de polietileno (3LPE), o consorcio GASTAU resolveu contratar o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, para a execução destes ensaios e tentar conscientizar a Petrobras e a empresa FURNAS, da ausência do risco (desde que houvesse a garantia da integridade do revestimento nesse cruzamento).

Metodologia

O procedimentos executivo para a realização dos ensaios, foram elaborados pelo Centro de Integridade de Estruturas e Equipamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT revisado e aprovado pelo Responsável Técnico, Eng. Eletricista Dr. Mario Leite Pereira Filho

Os ensaios foram realizados em um segmento de duto de 2,5 metros e 28 polegadas (**Foto 1**), em area isolada do Pipe Shop do Consorcio Gastau.



Foto 1. Segmento do Duto – 28” e 2,5m de comprimento

Foram utilizados um Transformador/Variador de voltagem de Alta Tensão (Hipot/VCA), Colunas Isoladoras e instrumentos de medição calibrados e certificados (Foto 2, 3 e 4).



Foto 2 – HIPOT (VCA)



Foto 3 – Col. Isoladoras



Foto 4 - Multimetro

Para simular a função do solo como um dos eletrodos, foram utilizadas películas de alumínio envolvendo o revestimento de polietileno do duto. Neste eletrodo (alumínio sobre o revestimento do duto simulando o solo) foi conectado o polo de fase da Alta Tensão (saida das colunas isoladoras – Foto 5).

O polo de referencia (Terra) foi conectado ao aço do duto em sua superfície interna (Foto 6). Foram realizados 3 ensaios de Alta Tensão, aplicado no revestimento do duto e 1 ensaio de Alta Tensão, aplicado no revestimento da junta.



Foto 5 – Conexão da fase

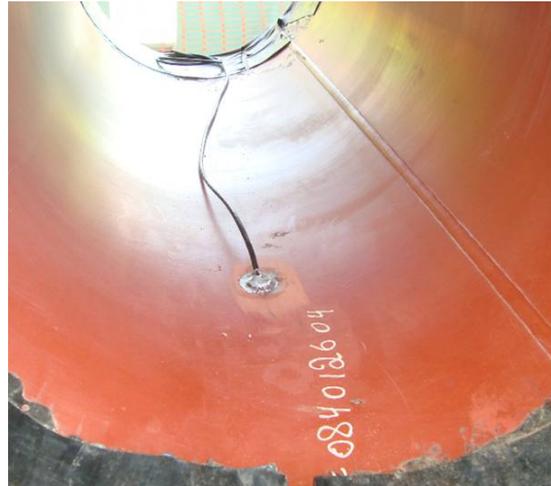


Foto 6 – Conexão do terra

Para o ensaio do revestimento da junta, foi deixado em torno de 20 cm de aço nú numa das extremidades do segmento do duto e adotado o mesmo procedimento que normalmente é executado para revestir as juntas em campo, executado por Revestidor qualificado, de modo validar este ensaio (Foto 7),



Foto 7. Extremidade do duto revestida com manta.

Procedimento dos ensaios

O procedimento elaborado pelo IPT, para aplicação da Alta Tensão (CA) no revestimento (do duto e da junta), estabeleceu a variação desse potencial a partir de zero Volts, com uma taxa de elevação da DDP de 500V/a cada 15segundos (podendo cada elevação chegar a 30 segundos), até ser alcançado o nível da Alta Tensão de rompimento do revestimento (suportabilidade dielétrica), nível este que provocaria a disjunção automática do sistema de Alta Tensão aplicada.

Durante toda a execução dos ensaios, a temperatura e particularmente a umidade relativa do ar foi monitorada, de modo que não fosse ultrapassado o limite de 70 %, evitando o comprometimento dos ensaios.

A temperatura registrada durante os ensaios foi de: 26,7° C no ambiente interno e de 27,0° C no ambiente externo.



Foto 8 - Umidade Relativa do ar = 46 % - Temperatura interna = 26,7° C

Resultados e discussão

Ensaio de Tensão aplicada no revestimento do Duto.

Durante a execução dos testes de Alta Tensão aplicada no revestimento do duto, foi observado e os resultados finais dos ensaios comprovaram, que o revestimento de polietileno de tripla camada (3LPE) do duto, suporta um valor de tensão pelo menos **5 vezes superior aos** valores estabelecido no item 4.13.2 da norma NACE SP-0177-2007 e do requisito demandado no MD da Petrobras.

Abaixo na tabela 1, estão apresentados os valores em que foram alcançados os níveis de Alta Tensão de rompimento do revestimento do duto.

| TENSÕES DE PERFURAÇÃO NO REVESTIMENTO DO DUTO | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| Ensaio | Método | Tensão de perfuração (kV) |
| 01 | Conforme 2 d do MD / IPT | 30,2 |
| 02 | Conforme 2 d do MD / IPT | 25,1 |
| 03 | Conforme 2 e do MD / IPT | 29,8 |

Tabela 1

Grafico típico dos ensaios

O grafico obtido (Grafico 1), corresponde a variação da tensão a partir de zero Volts, com uma taxa de elevação da DDP de 500V/a cada 15segundos (podendo chegar a 30 segundos), até ser alcançado o nível da Alta Tensão de rompimento do revestimento.

Neste ensaio (primeiro ensaio), após 15,5 minutos de alta tensão aplicada, ao ser alcançado o nível de 30.200 Volts, iniciou-se uma forte e ruidosa ionização (semelhante uma fritura), diante disso, estacionou-se o variador neste nível de tensão e após mais 2,5 minutos o revestimento foi eletricamente rompido com perfuração.



Gráfico 1

Ensaio de Tensão aplicada no revestimento da junta.

Para a execução do ensaio no revestimento da junta, foram seguidos os mesmos critérios e cuidados adotados nos ensaios do revestimento do duto (conforme o método 2 d do MD/IPT).



Foto 9 – Junta revestida com manta e sendo ensaiada

Como já era esperado, não obstante o fato do revestimento com manta (e esta de boa qualidade) ter sido feito até com maiores cuidados do que o feito em campo e também da umidade relativa do ar no dia (46 %)

Estar totalmente favorável para este trabalho, constatou-se no resultado final, que a manta de revestimento da junta, apresenta sempre uma rigidez dielétrica inferior à rigidez dielétrica do revestimento de polietileno (3LPE) do duto.

Os resultados do ensaio estão apresentados na Tabela 2 e Gráfico 2 e o ponto do rompimento da manta de revestimento da junta na Foto 10.

| TENSÕES DE PERFURAÇÃO NO REVESTIMENTO DA JUNTA | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Ensaio | Método | Tensão de perfuração (kV) |
| 01 | Conforme 2 e do MD / IPT | 20,1 |

Tabela 2 – Valor de tensão de rompimento da manta de revestimento da junta

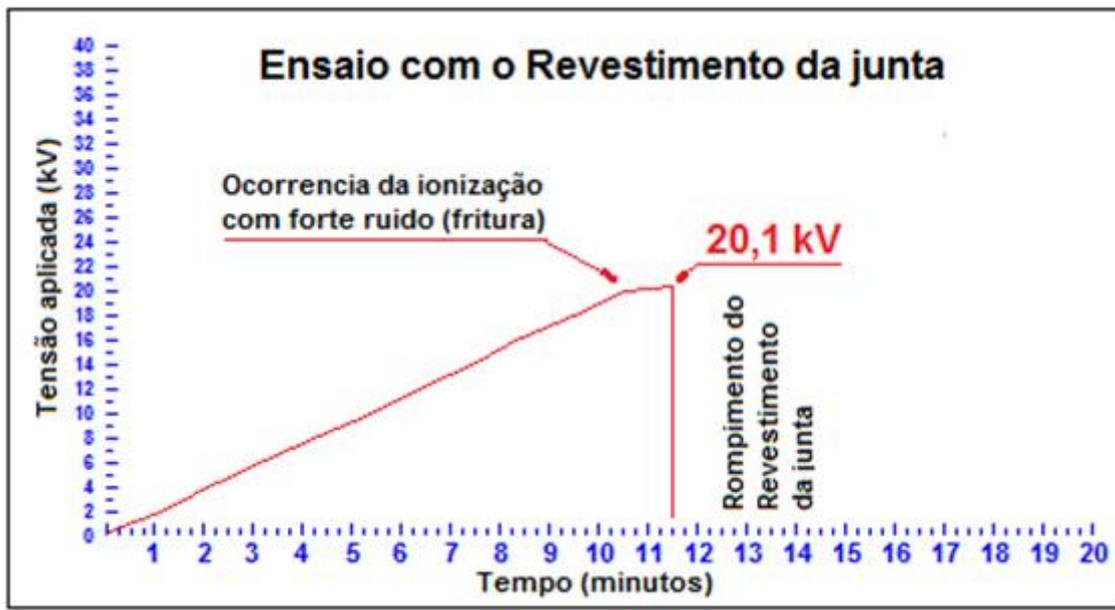


Gráfico 2 – Curva da aplicação de Alta Tensão CA e rompimento do revestimento.



Foto 10 - Rompimento do revestimento, após 11,5 min, com Tensão de 20,1 kV.

CONCLUSÃO

Após estes ensaios no revestimento do duto e junta, a empresa FURNAS e a fiscalização da Petrobras, se conscientizaram que o critério estabelecido no item 4.13.2 da norma NACE SP-0177-2007 estava demasiadamente conservador e que o nível de tensão apresentado no estudo de interferência seguramente não iriam trazer prejuízo ao gasoduto (desde que a integridade do revestimento do duto e das juntas próximos à torre (169) fossem garantidas. **Formalizamos a garantia que a integridade do revestimento das juntas e do duto seriam mantidos em 100% e a faixa da linha de transmissão foi liberada por FURNAS para o cruzamento do duto e conseqüentemente a continuidade da obra.**

A parte disso, tomamos medidas adicionais para garantir a integridade do revestimento das colunas abaixadas nesse cruzamento e nas proximidades dele.

Nessa area, foi recomendado que os revestimentos de mantas das juntas, fossem feitos com dupla camadas. Também durante a inspeção final do revestimento do duto com PCM, as inspeções nessa area foram repetidas.

Como não conformidade, ficou claro que a recomendação emanada na norma da ABNT NBR15221-1/2007 (item 10.3.3.1 ao 10.3.3.5), relacionada à inspeção do revestimento do duto (**inspeção do revestimento numa velocidade de 18metros/por minuto, com tensão aplicada de 12,5kV/mm de espessura, até um nível de 25 kV**), durante o abaixamento, com o equipamento Holiday Detector, torna-se inapropriada.

Entendemos que este critério deve ser revisto, pois não há segmento de duto com mais de 12metros e com isso, o mesmo valor de tensão aplicada (25 kV) ao revestimento do duto será aplicada também (como ensaio destrutivo) ao revestimento da junta.

Vale lembrar também (tanto para estes ensaios como para estudo de interferências), que os valores de tensão aplicada, normalmente são medidas em Vrms. Como o revestimento do duto propicia efeitos capacitivos, certamente entre os eletrodos teremos armazenamento da tensão Vpp.



Equipe de campo do IPT e equipe da Fiscalização da Petrobras

Referências bibliográficas

Documentos de referencia:

NR – 10 / MTE.

NBR-5405 / 1983 – ABNT.

ASTM D 149/1997a (2004).

Procedimento Executivo do IPT.