INTERCORR 2008
28° Congresso Brasileiro de Corrosão
2nd International Corrosion Meeting
Mar Hotel, Recife / PE • 12 a 16 de maio de 2008

Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Medição Remota de Potencial Tubo-solo de Proteção Catódica na Amazônia

João P. K. Gervásio[1], Leandro B. S. Marques [2], Wilson G. Castinheiras Junior[3], José Álvaro C. Albertini[4], Eduardo W. Laurino[5], Airton D. Moreno[6]

Abstract

The Urucu-Manaus pipeline's right-of-way is located inside the Amazon Rain Forest. Once the pipeline construction is finished, the vegetation rapidly recovers the ROW making the passage almost impossible. Therefore, it's extremely difficult to access the test points and make the periodic measurements of the pipeline tube-soil ON-OFF potentials. There are also other problems in this region such as vandalism, periodic floods, and termite's attack. In order to make the periodic measurements, a special system that measures the potential in each test point and sends it to a receptor located in a helicopter, is being developed. The system is basically made by a fixed unit used to collect, save and transmit local pipeline tube-soil ON-OFF potentials data installed in each test point. It's fed by batteries with 10 years lifetime attached to a permanent $Cu/CuSO_4$ reference half-cell. One mobile unit, transported by helicopter, that interrogates and receives the data from the fixed units, completes the system. This paper presents the results of the system's preliminary tests made in São Paulo.

Key-words: Cathodic Protection, tube-soil potential, remote measurement.

Resumo

A faixa dos dutos Urucu-Manaus é localizada na Floresta Amazônica. Uma vez finalizada a construção dos dutos, a mata volta rapidamente a recobrir a faixa aberta, impossibilitando percorrer boa parte dela por terra. Portanto, há muita dificuldade em acessar os pontos de teste para se realizar as medições periódicas dos potenciais tubo-solo *ON-OFF* dos dutos. Existem ainda na região, problemas de vandalismo, alagamentos periódicos e ataque de cupins. Visando essas medições periódicas, um sistema especial que efetua as medições dos potenciais junto a cada ponto de teste e os envia a um receptor transportado por helicóptero está em fase de desenvolvimento. O sistema é composto, basicamente, por uma unidade fixa

[1] Engenheiro Eletricista – PETROBRAS S.A.
[2] Técnico Mecânico – PETROBRAS S.A.
[3] Engenheiro Eletricista – PETROBRAS S.A.
[4] Engenheiro Eletricista – TRANSPETRO S.A.
[5] Técnico Eletrotécnico – TRANSPETRO S.A.
[6] Engenheiro Eletricista – Vector Technologia e Sistemas Eletrônicos Ltda.

para a coleta, armazenamento e transmissão de dados locais do potencial tubo-solo *ON-OFF* instalada junto a cada ponto de teste. A unidade é alimentada por um conjunto de baterias para uma vida útil de 10 anos e é acoplada a uma semicélula permanente de $Cu/CuSO_4$. Uma unidade móvel, transportada por helicóptero, que interroga e recebe os dados provenientes das unidades fixas, completa o sistema. Este trabalho apresenta os resultados dos testes preliminares com este sistema realizados em São Paulo.

Palavras-chave: Proteção Catódica, Potencial Tubo-solo, Medição Remota.

Introdução

Os obstáculos ao acesso à faixa de dutos Urucu-Manaus são vários. As principais dificuldades encontradas pelos técnicos para acessar a faixa e realizar as medições periódicas dos potenciais tubo-solo *ON-OFF* dos dutos são:

- Recobrimento da mata na faixa;
- Variação do nível da água;
- Animais selvagens;
- Vandalismo.

Quando o projeto básico de Proteção Catódica dos novos dutos foi desenvolvido, estes obstáculos foram levados em consideração e começou a se buscar alternativas à caminhada do técnico pela faixa para a realização das medições de potencial tubo-solo junto aos pontos de teste.

Chegou-se a conclusão que a monitoração remota dos pontos de teste seria a melhor alternativa para acompanhar os potenciais de proteção catódica nos dutos. A questão a ser definida seria: qual a melhor alternativa de coleta e transmissão destas informações?

Seria necessário então um dispositivo eletrônico para a captação dos potenciais acoplado a um transmissor. As alternativas de transmissão são:

Tabela 01: Alternativas de transmissão de dados

ALTERNATIVA	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Satélite	• Alcance em toda a extensão da faixa.	• Alto custo de operação; • Alto consumo de bateria para transmissão.
Fibra Ótica	• Alcance em toda a extensão da faixa; • Disponibilidade do meio transmissor.	• Baixa confiabilidade; • Alto custo de implantação; • Alto consumo de bateria para transmissão.
GPRS ou Celular	• Melhor alternativa custo/benefício.	• Impossível de ser adotada na região.
Rádio	• Alcance em toda a extensão da faixa; • Consumo de bateria relativamente baixo.	• Alto custo de operação utilizando helicóptero; • Requer uma logística precisa.

Desenvolvimento do Projeto

Em 2004, na época da elaboração do projeto básico, foi apresentada a Petrobras uma proposta de um sistema de coleta e transmissão de dados por uma empresa americana. A idéia era utilizar um equipamento acoplado a cada ponto de teste, que capta as informações de potencial nos pontos de teste e as transmitem via rádio para um equipamento receptor. Este receptor é acoplado a um GPS para facilitar a localização dos coletores e poderia estar dentro de um carro ou um helicóptero. No caso da faixa em questão, o helicóptero seria utilizado devido às dificuldades de acesso anteriormente citadas.

O equipamento de monitoração e controle foi apresentado com características próximas das necessidades do projeto. Algumas unidades coletoras e transmissoras de potencial e uma unidade interrogadora foram então adquiridas para testes.

Foram realizadas avaliações no Rio de Janeiro, em Salvador e em Urucu, onde foram instaladas unidades coletoras e transmissoras em pontos predefinidos. As primeiras transmissões de dados foram realizadas com sucesso.

O problema ocorreu um ano após os testes iniciais, na época de uma nova bateria de testes, quando a unidade interrogadora apresentou um defeito. A peça foi levada ao fabricante, que informou a descontinuidade na fabricação do sistema. Esta informação foi bastante frustrante, uma vez que os custos e as horas aplicadas nestes testes foram em vão. E mais: com o andamento da obra, o prazo para se buscar e desenvolver uma alternativa viável estava se esgotando.

A alternativa surgiu através do contato com a regional de São Paulo da Transpetro, que estava desenvolvendo um equipamento semelhante com uma empresa nacional, a Vector.

Projeto desenvolvido na Regional São Paulo e Centro Oeste da TRANSPETRO

Em meados de 2005, a Regional São Paulo e Centro Oeste da TRANSPETRO, através da Coordenadoria de Inspeção, especificou um sistema automático de medição de potencial tubo-solo, dando início ao desenvolvimento desta nova tecnologia. O sistema consiste em realizar tais medições automaticamente ao longo do duto, visando manter a eficiência do Sistema de Proteção Catódica e o controle da corrosão externa dos dutos, de forma a aumentar o seu tempo de vida útil, permitindo sua operação com segurança, evitando ações de vandalismo e preservando o meio ambiente.

As principais motivações para o desenvolvimento deste sistema foram:

- A segurança dos inspetores em locais de altas taxas de criminalidade;
- A possibilidade de monitoração de diversas variáveis de controle. A região onde grande parte dos dutos de São Paulo está localizada é sujeita a altas taxas de correntes de interferências.

As correntes de interferência normalmente ocorrem por fontes não conectadas eletricamente ao duto, que as drenam para o solo, causando efeitos prejudiciais nos locais por onde são descarregadas. As interferências elétricas podem ser em corrente contínua e em corrente alternada.

Deste modo, as medições a serem realizadas pelo sistema são: potencial ON, potencial OFF através de cupom, potencial de corrente alternada e temperatura do duto.

As variáveis medidas e armazenadas, assim como as configurações dos parâmetros ajustáveis, devem ser acessadas por um coletor/configurador de dados portátil, via rádio freqüência num raio de até 200 metros.

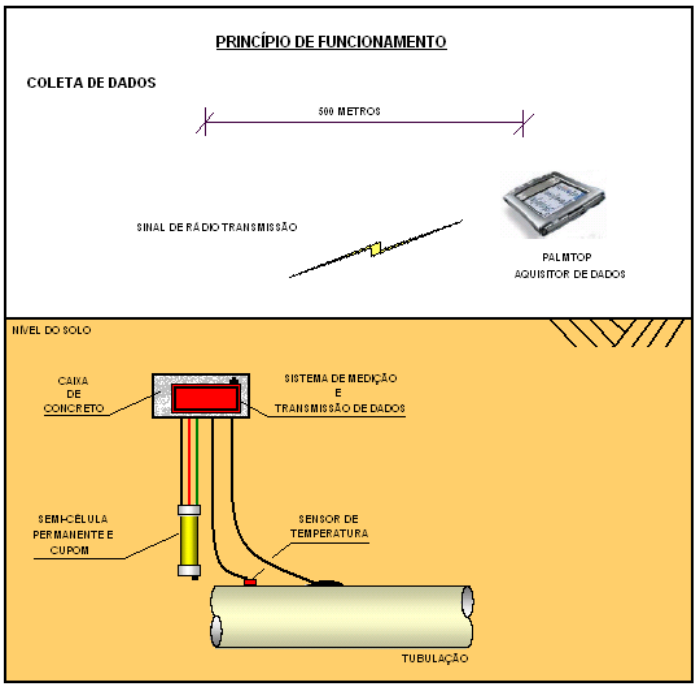

Figura 01: Princípio de funcionamento do equipamento utilizado em SP

Especificação técnica para o equipamento

Visando a adaptação do modelo de São Paulo para as necessidades dos dutos na região Amazônica, foi emitida uma especificação técnica para este projeto, conforme descrita abaixo.

Descrição do sistema:

O sistema de medição remota de potenciais deve constar de:

- Uma unidade fixa para a coleta, armazenamento e transmissão de dados locais do potencial tubo-solo, alimentado por uma bateria com autonomia de, pelo menos, 10 anos, montados (unidade e bateria) dentro de invólucro protetor em cada ponto de teste;
- Uma antena para a transmissão dos dados com ganho mínimo de 0 dB e uma semicélula permanente de $Cu/CuSO_4$ (sem cupom de proteção catódica), acoplados a cada unidade fixa acima citada;
- Uma unidade móvel interrogadora e receptora de dados a ser transportada em helicóptero.

Cada unidade fixa de coleta, armazenamento e transmissão de dados deve:

- Ser programada para, semestralmente (em datas a serem definidas oportunamente), realizar um registro de potencial tubo-solo (em relação a semicélula permanente de $Cu/CuSO_4$) durante um minuto, com amostragens a cada 0,5 segundo, pelo menos, armazenando tais dados;

- Possibilitar a transmissão dos dados armazenados para a unidade móvel interrogadora e receptora durante um mês ao ano (entre as 08 e 17 horas de 2ª a 6ª feira), na época da vazante da região;
- Permitir a sua reprogramação remota, via unidade móvel interrogadora e receptora de dados a ser transportada em helicóptero, das datas de coleta e transmissão dos dados.

A unidade móvel interrogadora e receptora de dados deve:

- Ser capaz de captar os dados de dentro do helicóptero, que voará a uma velocidade máxima de 130 km/h e a uma altitude máxima de 65 m;
- Permitir a reprogramação das unidades fixas;
- Permitir a navegação por GPS em coordenadas UTM, para rastreamento das unidades fixas em solo.

O sistema de medição remota de potenciais deve possuir um protocolo de comunicação que evite a colisão de dados durante a transmissão e identificação de cada unidade fixa de coleta, armazenamento e transmissão de dados.

Para efeito das medições "ON/OFF", a TRANSPETRO instalará uma vez ao ano, antes da época da coleta de um dos registros semestrais de potencial, chaves de sincronismo em todos os retificadores da respectiva faixa. A partir da curva gerada pelo registro de um minuto, o inspetor da TRASPETRO identificará os valores "ON" e "OFF".

Características Construtivas:

O invólucro protetor deve ser enterrado a uma profundidade mínima de 0,60 m e ancorado em uma caixa de concreto, de forma a evitar qualquer tipo de movimentação. O invólucro deve possuir grau de proteção IP 68W, de acordo com a NBR IEC 60529, e resistir às seguintes condições ambientais:

- Coluna de água de 20 m de profundidade;
- Ataque de cupins, comuns na região.

A antena para a transmissão dos dados deve ser instalada dentro do moirão de concreto do ponto de teste, em uma altura mínima de um metro em relação ao nível do solo.

A semicélula permanente de $Cu/CuSO_4$ deve ser instalada na mesma profundidade do duto e a 0,50 m de sua lateral.

Realização de Testes

Materiais para a realização de testes na faixa dos dutos:

- Quatro caixas no mesmo material do invólucro, em tamanho real ou reduzido, para teste de resistência ao ataque de cupins;
- Para teste de verificação do funcionamento do sistema: três unidades fixas de coleta, armazenamento e transmissão de dados, com as respectivas antenas e semicélulas e uma unidade móvel interrogadora e receptora, com a respectiva antena GPS. Os testes devem ser acompanhados pelo fabricante.

Apresentação de Resultados

Fornecimento de *software* para a apresentação de relatório contendo, pelo menos, as seguintes informações:

- A identificação dos dutos;

- Identificação e quilometragem dos pontos de teste;
- Data e hora da coleta dos dados em cada ponto de teste;
- Planilha compatível com MS Excel com os dados coletados;
- Possibilidade de criação de gráficos do registro de potencial por um minuto de cada ponto de teste;
- Possibilidade de criação de um gráfico do perfil de potencial "ON" e "OFF" de toda a extensão da faixa, a partir dos valores obtidos nos gráficos acima.

O Sistema Vector

O equipamento desenvolvido pela Vector é denominado RTU VX350. Ele possui características que podem variar de acordo com as especificações necessárias.

As suas principais características eletromecânicas são:

- Dimensões de 300 x 200 x 150 mm (CxLxA);
- Vida útil das baterias de 5 a 10 anos;
- Peso: 4,5 kg;
- Grau de Proteção: IP 68;
- Temperatura de Operação: - 20 a 70 ºC;

O equipamento possui resolução de leitura de 12 bits, alta impedância (com consumo menor que 5 μA), entradas isoladas galvanicamente, proteção contra surtos, saída digital e comunicação via rádio com alcance que pode chegar a 300 m quando utilizada antena externa.

Pode vir equipado para medir:

- Tensão contínua entre -20 e + 5 Vcc;
- Tensão AC True RMS até 100 V;
- Corrente, por meio de resistor tipo *shunt* incorporado;
- Temperatura: - 10 a 100 ºC com a utilização de PT100;

O equipamento pode realizar a leitura de potencial ON-OFF, ser configurado remotamente, supervisiona a vida útil das baterias e sincroniza o relógio com o coletor. Possui memória para até 86400 dados, configuráveis para uma taxa de amostragem de 0,1 s a 1 h e até 360 registros configuráveis para intervalos que variam de 1 min a 30 dias.

Os dados são obtidos por meio de um sistema coletor que possui uma interface amigável.

Figura 02: O equipamento da Vector

Testes

Os testes com o equipamento foram realizados no oleoduto OSBRA, da PETROBRAS, em área de válvula localizada em Paulínia, São Paulo. Foi feita a avaliação do equipamento em três situações distintas:

- Potencial tubo-solo obtido em comparação a outros registradores disponíveis no mercado;
- Comparação de potenciais tubo-solo registrados em taxas de amostragem diferentes;
- Aquisição remota de dados, via terrestre e via helicóptero.

Comparação entre Registradores

O objetivo deste teste foi analisar a qualidade da medição do equipamento, comparado a registradores já bastante conhecidos no mercado.

Para a realização do teste, foi instalada uma chave de sincronismo no retificador mais próximo ao local. Deste modo, o potencial do duto ficou oscilando, de forma a simular um levantamento de potencial ON-OFF.

A taxa de amostragem do VX350 utilizada na medição do potencial tubo-solo foi de 0.5 segundos. O resultado obtido foi satisfatório. O gráfico montado com as leituras de potenciais adquiridos pelo sistema da Vector foi claro e o nível de potencial obtido com a semicélula permanente foi preciso, como se observa na comparação entre gráficos abaixo.

Figura 03: Equipamentos utilizados no teste

Vector

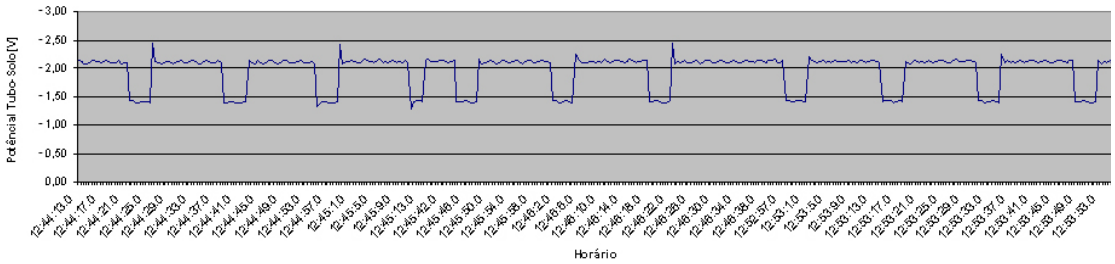

Figura 04: Potencial tubo-solo obtido pelo equipamento Vector

Mini-Log

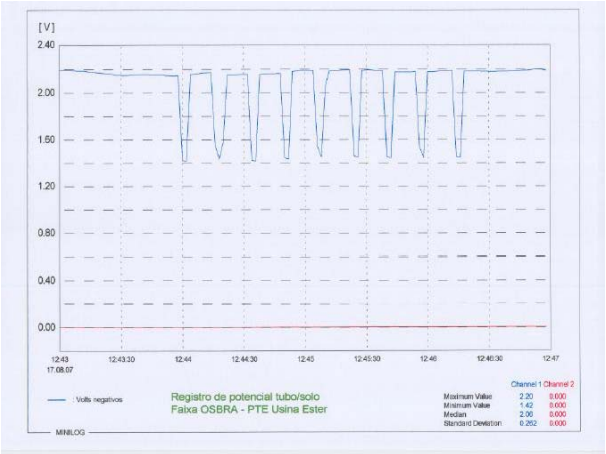

Figura 05: Potencial tubo-solo obtido pelo equipamento Mini-Log

Sempro

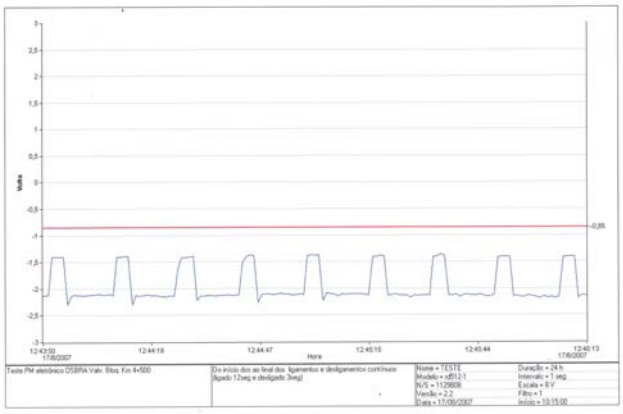

Figura 06: Potencial tubo-solo obtido pelo equipamento Sempro

Comparação entre Taxas de Amostragem

Este teste compara duas taxas de amostragem do VX350 para a obtenção do potencial tubo-solo: 0.1 e 0.5 segundos. Foi, então, realizadas medições de potencial tubo-solo com o retificador nas proximidades do duto em algumas situações pré-definidas: ligado, desligado e ligado por meio da chave de sincronismo.

Quanto menor a taxa de amostragem, maior e mais rica é a informação obtida. Em contrapartida, a quantidade de memória usada também é maior e conseqüentemente, também é maior a quantidade de dados a serem transmitidos.

Buscou-se assim, obter a melhor relação custo/benefício, de forma a não prejudicar a informação coletada e a transmissão dos dados.

A taxa de amostragem de 0.5 segundos mostrou ser bastante eficiente neste aspecto.

Medição ON

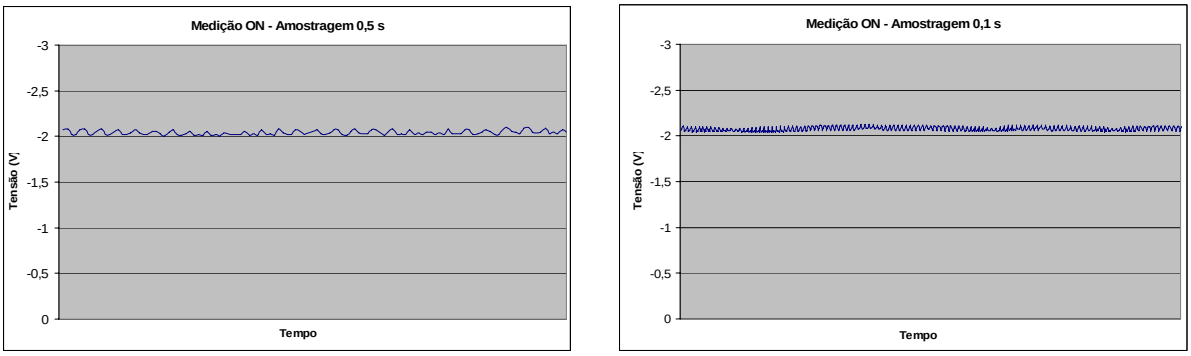

Figura 07: Comparação entre taxas de amostragem para a medição de potencial tubo-solo ON

Medição OFF

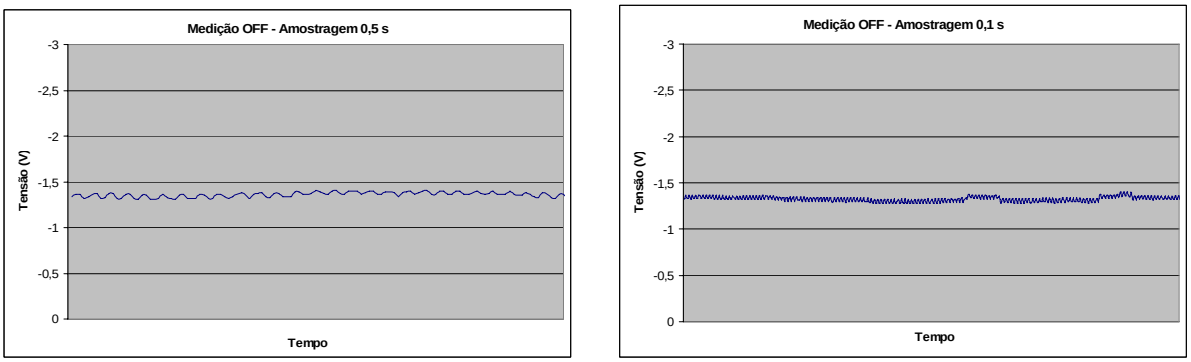

Figura 08: Comparação entre taxas de amostragem para a medição de potencial tubo-solo OFF

Medição ON-OFF

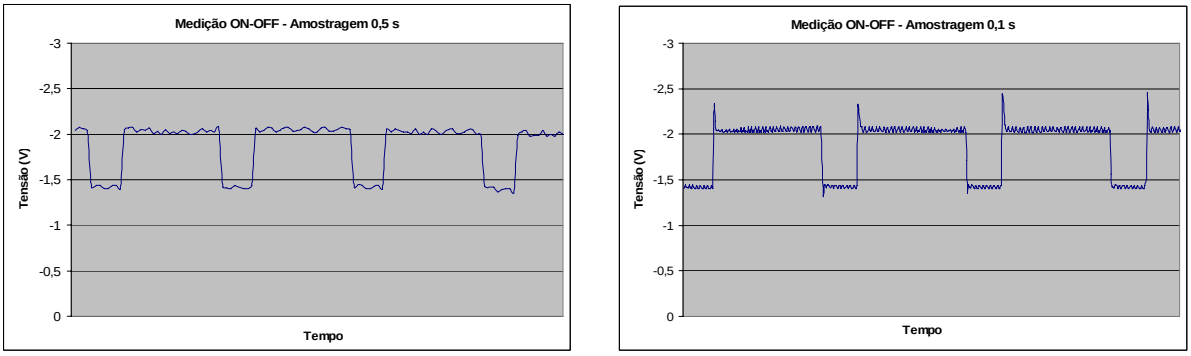

Figura 09: Comparação entre taxas de amostragem para a medição de potencial tubo-solo ON-OFF

Aquisição Remota de Dados

Foram realizadas experiências para determinar o alcance da antena de transmissão e recepção de dados em terra e verificar a comunicação do sistema com um helicóptero.

Em um teste, foi feita uma transmissão de dados com a antena transmissora da unidade fixa não enterrada e a unidade móvel dentro de um helicóptero voando a uma altitude de 65m e uma velocidade de 130 km/h.

Em outro teste, com a antena enterrada, conseguiu-se a comunicação entre a unidade fixa e a móvel a uma distância de 60 m.

Figura 09: Aquisição remota de dados

Conclusões

A automação de variáveis de processo de um duto já é realidade há bastante tempo. Em relação aos sinais provenientes da proteção catódica, já ocorre o acompanhamento remoto de retificadores. Agora, o foco é o monitoramento de potenciais tubo-solo junto a pontos de teste onde há falta de segurança nos acessos, o que pode gerar riscos ao inspetor ou há dificuldade de acesso, como na Amazônia. Em São Paulo, esta implementação justifica-se, também, pela necessidade de monitorar interferências elétricas nos dutos.

A solução Vector apresentada mostrou-se eficiente nos testes realizados até o momento e poderá possibilitar um acompanhamento da situação do sistema de proteção catódica dos dutos, garantindo, assim a integridade dos mesmos quanto à corrosão eletroquímica.