

PROVENDO SOLUÇÕES DE COMUNICAÇÃO EM AMBIENTES INDUSTRIAIS INÓSPITOS VIA PLC: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA EMPILHADEIRA DE BAUXITA DA REFINARIA ALUNORTE¹

Normando Pantoja Queiroz²

Resumo

Este trabalho tem como principal objetivo fazer um estudo sobre um sistema de comunicação de dados, utilizando-se a rede elétrica existente entre equipamentos, como meio físico em um ambiente industrial inóspito. Nesse caso, foi implementado um piloto em uma refinaria de alumina, Alunorte (Alumina do Norte do Brasil S. A.), localizada em Barcarena no estado do Pará, em uma máquina móvel de empilhamento de bauxita que possuía um sistema de comunicação de dados via rádio, no qual ocorriam muitas falhas de comunicação devido às interferências eletromagnéticas, RFI, etc. prejudicando o processo de produção da refinaria. Como alternativa, apresentar-se-á uma tecnologia menos susceptível a problema da interferência que permite melhorar o desempenho do sistema de comunicação entre equipamentos. Trata-se da tecnologia PLC – *Power Line Communication*- que é *full-duplex* e utiliza modulação OFDM, o que reduz o efeito indesejável de interferências.

Palavras chave: PLC; BPL; Internet pela fiação elétrica.

PROVIDING COMMUNICATION SOLUTIONS ENVIRONMENTS INDUSTRIAL INHOSPITABLE VIA PLC: A CASE STUDY APPLIED TO A STACKER'S BAUXITE REFINERY ALUNORTE

Abstract

This work has as main objective to make a study about a system of data communication, using the power network between equipment as the physical media in a harsh industrial environment. In this case, it was implemented a pilot project in an alumina refinery, located in Barcarena in Para state, in a bauxite stacking movable machine, which had a system of data communication via radio, where many communication failures occurred due to electromagnetic interference, RFI, etc., prejudicing the process of production of the refinery. As an alternative, it will be presented the use of a technology more immune to interference which can improve the performance of the system for communication between equipment. This is the technology PLC - *Power Line Communication*, which is *full-duplex* and uses OFDM modulation, which reduces the undesirable effect of interference.

Key words: PLC; BPL; For internet wiring.

¹ Contribuição técnica ao 15º Seminário de Automação e TI Industrial, 20 a 22 de setembro de 2011, São Paulo, SP.

² Me Automação e Controle, Engenheiro de Automação e Controle, Engenheiro de Automação Sistema Sênior, Alunorte S.A, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se o quanto é importante o valor da informação e da comunicação em nosso dia-a-dia, principalmente quando envolve riscos. No caso do estudo mostrado nesse trabalho, os riscos se devem pelas perdas de comunicação do sistema de controle das máquinas rotativas do pátio de bauxita da Alunorte, que é realizado através de um sistema de transmissão de dados via rádio. Essas falhas acarretam prejuízos operacionais e financeiros para a empresa.

O ponto principal aqui desenvolvido foi o estudo e análise do efeito da comunicação de dados, envolvendo equipamentos móveis utilizados em um complexo sistema de controle de descarga de navios, transporte e armazenamento de bauxita. O funcionamento do sistema de controle sem perda de comunicação entre as máquinas do pátio de bauxita, devido às interferências, garante a alta confiabilidade dos dados, pois o mau funcionamento do sistema de comunicação causa paradas indevidas que acarretam em multa contratual quando os navios ficam atracados no porto sem poder descarregar seus porões.

Portanto, falhas no sistema de controle geram custos financeiros indevidos para a refinaria. Atualmente o sistema que é constituído por descarregadores de navios e equipamentos móveis (máquinas de pátio que transportam a matéria prima para a primeira etapa do processo de produção) que utilizam comunicação via rádio. Esse tipo de comunicação funciona perfeitamente quando não se tem interferências físicas ou eletromagnéticas. No caso da refinaria onde foi realizado o estudo, as interferências aumentaram devido à empresa ter triplicado sua capacidade de produção nos últimos 4 anos a partir de grandes expansões em suas instalações físicas. Além do problema de multa contratual, outra consequência grave que o sistema atual está trazendo é a perda de produção da refinaria quando as máquinas de pátio deixam de operar por falha de comunicação e não transportam a matéria prima para o processo produtivo.

Mostrar-se-á ao logo do trabalho, um estudo e análise do efeito da comunicação de dados a partir da utilização de uma tecnologia menos susceptível ao problema de interferência, que permite melhorar o desempenho do sistema de comunicação entre os equipamentos e consequentemente a garantia da produtividade da refinaria. A tecnologia analisada utiliza a rede elétrica de distribuição como meio físico para o transporte de sinais de dados, vídeo e voz, aproveitando a estrutura já previamente instalada.⁽¹⁾ Esse tipo de transmissão de dados já é utilizado em concessionárias de energia elétrica para transmissão de voz e dados, tais como, Eletropaulo (São Paulo, SP), CELG (Goiânia, GO), CEMIG (Belo Horizonte, MG), COPEL (Curitiba, PR) e LIGHT (Rio de Janeiro, RJ) todas com sucesso⁽²⁾ e é conhecida como tecnologia PLC (*PowerLine Communications*) onde a comunicação é de forma *full-duplex* com multiplexação em frequências elevadas e baixo nível de potência transmitida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O PLC foi implementado em uma máquina móvel rotativa, denominada Empilhadeira de Bauxita, da refinaria de alumina Alunorte para substituir o sistema de comunicação de dados via radiofrequência instalado nessa máquina. A Alunorte é a maior refinaria de Alumina do mundo que está localizada no distrito industrial do município de Barcarena, distante 40 quilômetros em linha reta de Belém, capital do Pará (Figura 1). A matéria-prima da alumina é a bauxita, minério retirado de Porto Trombetas no município de Oriximiná, e transportada por navios até o Porto de Vila do Conde, em Barcarena. A Alunorte também recebe bauxita através de mineroduto da Vale em Paragominas.⁽³⁾



Figura 1. Localização da Alunorte.

A Empilhadeira de bauxita (Figura 2) é o equipamento responsável pelo empilhamento da bauxita no pátio de estocagem, possui capacidade de projeto de 2.400 t/h, funciona 24 h/dia e 360 dias/ano. A mesma é composta por um sistema de translação, elevação e giro, correia transportadora da lança, correia alimentadora, cabine de operação, enrolador de cabos e subestação. O processo de empilhamento de bauxita é contínuo e começa no porto de Vila do Conde, através dos Descarregadores de Navios, passa por correias transportadoras e termina no pátio de estocagem de bauxita.⁽³⁾



Figura 2. Empilhadeira de bauxita.

A Empilhadeira de Bauxita é uma máquina totalmente automatizada, e pode ser operada no local, através da cabine de operação ou remotamente da sala de controle 12A, a uma distância de aproximadamente 1 km. Para controle remoto, sendo a máquina móvel rotativa, ou seja, tem movimento de translação e rotação, utilizou-se a tecnologia de comunicação baseada em radiofrequência. Este sistema de automação é composto por um CLP (Controlador Lógico Programável), SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) e um Sistema de Comunicação via Radiofrequência localizado na Empilhadeira e na Sala de Controle (Figura 3).

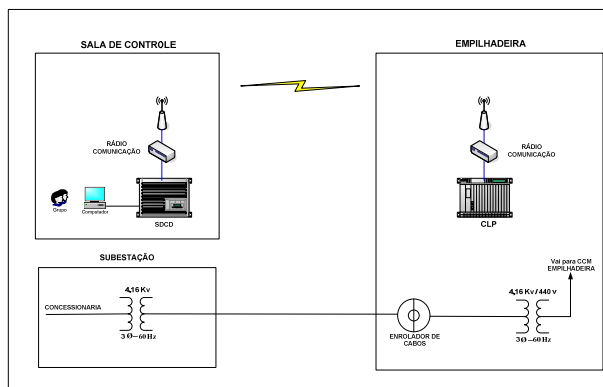


Figura 3. Empilhadeira de bauxita.

A comunicação via radiofrequência empregada na Empilhadeira é uma tecnologia vulnerável a interferências (*mutipath*, alta incidência de chuvas, umidade, calor etc.) que ocasionam problemas na comunicação e conseqüentemente, indisponibilizam o processo de empilhamento de bauxita. Esse problema além de gerar desconforto operacional, provoca a parada da descarga do navio no porto impedindo a entrada de matéria prima na refinaria, gerando um custo financeiro para a Alunorte, uma vez que o atraso na descarga de navio resulta em pagamento de *demurrege* (multa) aos despachantes. A Figura 4 mostra o número de falhas de comunicação via rádio entre 2006 e 2007.⁽³⁾

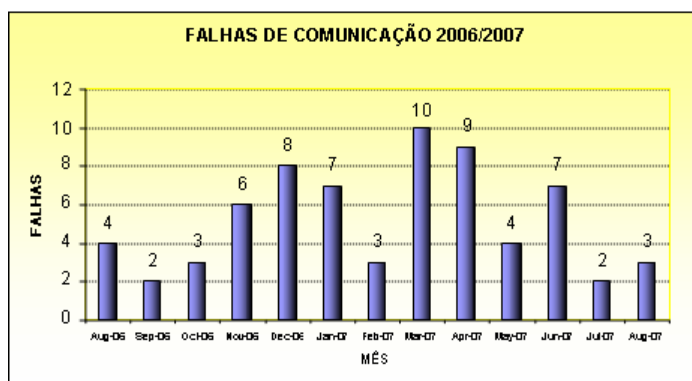


Figura 4. Falhas de comunicação entre 2006 e 2007.

Para solucionar este problema, buscou-se no mercado tecnologias que pudessem ser implementadas em máquinas móveis rotativas, sem utilização de comunicação via radiofrequência. As tecnologias encontradas foram: cabo de energia com fibra ótica acoplado e PLC – *Power Line Communication*.

A primeira é muito eficiente para equipamentos fixos. No caso da Empilhadeira não é viável, pois realiza movimento de translação e rotação constantemente. Isso poderia provocar o rompimento da fibra ótica e para solucionar o problema teríamos que substituir o cabo.

Já a tecnologia PLC usa a rede elétrica existente para transmissão de sinais dados, vídeo e voz em banda larga.⁽⁴⁾ O PLC possui alta disponibilidade, escalabilidade e protocolo não vulnerável que proporcionou sua escolha. A opção pela tecnologia PLC foi devido à utilização da estrutura existente, pois permite uma implantação rápida, usa técnica de modulação OFDM de grande resistência à interferência e possui tecnologia de acesso a banda larga que permite acréscimo de informações com vídeo e voz.

2.1 Implantação da Tecnologia PLC

Para implementação do PLC foi contratada uma empresa que já realizou a instalação desta tecnologia em várias indústrias no Brasil. O processo de implementação do PLC deve seguir várias etapas para garantir a alta performance e confiabilidade da tecnologia.⁽⁵⁾ Essas etapas são:

- *site survey*;
- implantação do link PLC; e
- comissionamento.

2.1.1 Site survey

O *site survey* foi realizado com o pessoal da empresa contratada, Engenharia do Porto e Automação da Alunorte e teve como objetivo definir a topologia a ser empregada, os equipamentos a serem utilizados, as interfaces com os equipamentos elétricos e o melhor modo de trabalho da tecnologia.

O primeiro passo do *site survey* foi medir a distância entre a subestação da área 12A e a subestação da empilhadeira. Para realizar a medição utilizou-se um GPE com a marcação dos pontos nas caixas de passagens subterrâneas, onde passa o cabo de energia de alimentação da empilhadeira. A distância total medida foi de aproximadamente 950 m (Figura 5).



Figura 5. Site Survey.

Após a medição da distância física foram realizadas medições de nível de sinal do PLC. Para isso, acopladores capacitivos, SW PLC, espectrógrafo para medir o nível de sinal e *software* SNR-Viewer DS2 para avaliação de performance e estado do link PLC foram utilizados.

A primeira medição foi entre a subestação 12A e a subestação da empilhadeira, onde acopladores capacitivos e SW PLC foram instalados no cubículo do disjuntor da empilhadeira na subestação 12A e na entrada do transformador de alimentação da mesma. A medida do nível de sinal encontrada foi menor que -50 dbm, um valor que inviabiliza o link PLC.⁽⁶⁾ A Figura 6 mostra a instalação dos acopladores capacitivos na subestação 12A (A), subestação da empilhadeira (B) e o SW PLC (C), típico para as duas aplicações.

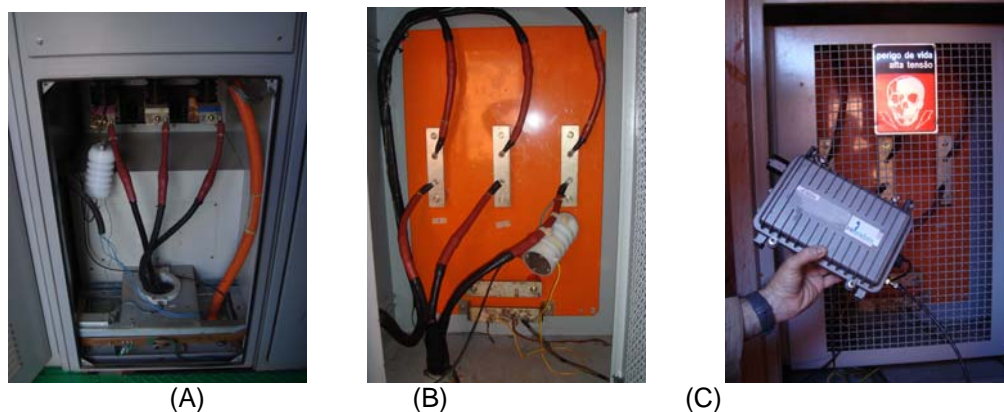


Figura 6. (A) Acopladores capacitivo na subestação 12A; (B) subestação empilhadeira; e (C) o SW PLC.

A segunda medição foi entre a subestação 12A e a caixa de conexão do cabo de alimentação da empilhadeira, localizada na berma (caixa subterrânea). A medida do nível de sinal encontrada foi menor que -40 dbm, um valor ainda baixo para estabelecer um link PLC.⁽⁶⁾ A Figura 7 mostra a instalação dos acopladores capacitivos na caixa de conexão da berma (A) e a localização da referida caixa de conexão.

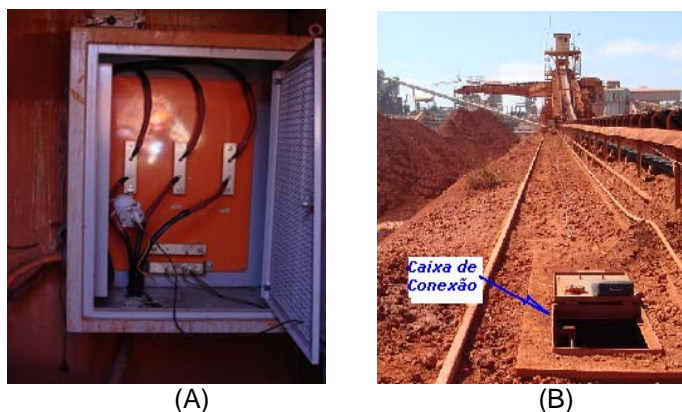


Figura 7. (A) Acopladores capacitivos na caixa de conexão da berma; e (B) localização da referida caixa de conexão.

A terceira medição foi entre a caixa de conexão da berma e a subestação da empilhadeira. A medida do nível de sinal encontrada foi de -10 dbm, um valor que viabiliza o link PLC consistente.⁽⁶⁾ Com este nível de sinal foi possível avaliar a performance do link PLC, experimentando vários modos dos 13 modos de injeção de frequência na faixa de 1 MHz a 34 MHz utilizados na tecnologia PLC. A Figura 8 mostra a performance do link através do *software* SNR-Viewer DS2.



Figura 8. Tela de performance do link PLC - software SNR-Viewer DS2.

Com essas medições ficou evidente que seria necessário uma configuração de instalação de um *master* e três repetidores para implementar o sistema PLC na empilhadeira. Para realizar esta configuração seria preciso sectionar o cabo de energia de alimentação da empilhadeira na caixa de passagem 76E, montar um painel para instalar o acoplador capacitivo e um repetidor PLC e montar um painel na caixa de conexão do cabo de alimentação da empilhadeira na berma para instalar o repetidor PLC. Essa configuração não foi aceita pela engenharia do Porto, pois devido à instalação do cabo de energia de alimentação da empilhadeira ser instalado por envelopamento, ou seja, subterrâneo, poderia comprometer o isolamento do cabo. Para contornar esse problema e estabelecer o link PLC entre a sala de controle e empilhadeira, pois como já foi mencionado que o nível de sinal é de -50 dbm, isso devido à presença de efeitos capacitivos gerado pela infra-estrutura (instalação subterrânea) nas instalações elétricas do cabo de alimentação, a tecnologia foi implementada somente na parte móvel da máquina, ou seja, o *master* foi instalado na empilhadeira e o CPE (*slave*) na caixa de conexão da berma. Na parte fixa, que compreende o trecho entre a sala de controle e o caixa de conexão da berma, utilizou-se cabo de fibra ótica. Deste modo a topologia híbrida aumenta a disponibilidade e a confiabilidade do sistema de comunicação.

3 RESULTADOS

Após a implantação dos parâmetros SNR, a taxa de transmissão e disponibilidade foram monitoradas para avaliação do enlace PLC e certificação da consistência da tecnologia. Também foi analisado o número de falhas de comunicação de dados do sistema de empilhamento de bauxita e custo financeiro.

O resultado obtido de SNR foi de 28,36, em média, o mesmo do *site survey*, resultado favorável para a confiabilidade do sistema de comunicação da empilhadeira de bauxita, pois, o valor de SNR considerado como crítico para transmissão dos dados usando a tecnologia PLC é abaixo de 12.⁽⁵⁾ A Figura 9 apresenta o valor de SNR do enlace PLC implementado na empilhadeira de bauxita.

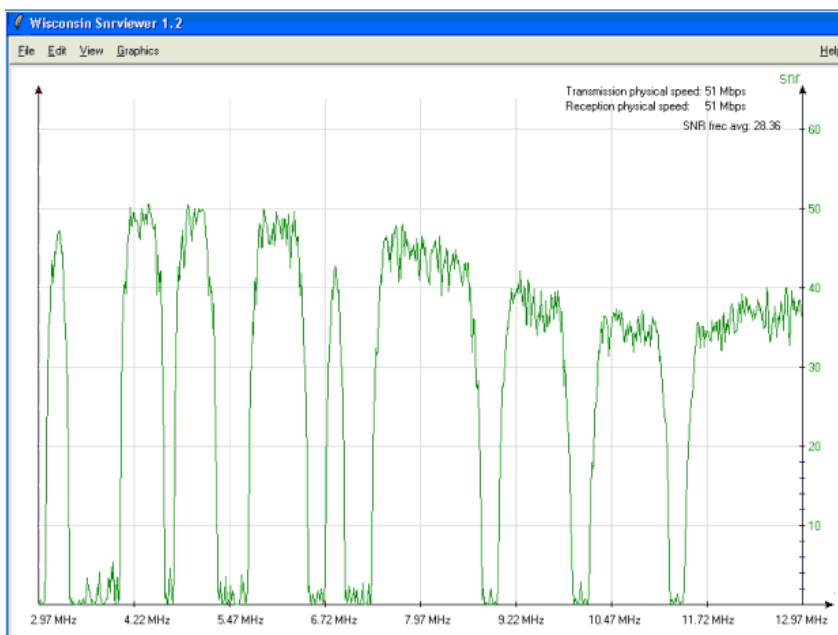


Figura 9. SNR do enlace PLC implementado na empilhadeira de bauxita.

A tecnologia PLC alcança uma taxa de transmissão de até 200 Mbps.⁽⁷⁾ Na implantação realizada na empilhadeira, obteve-se uma taxa média de 51 Mbps. Essa taxa está muito acima da necessária para o sistema de comunicação da empilhadeira, que é em torno de 2 Kbps observada através do *software ManageEngine OpManager* (Figura 10), que apresenta a taxa de transmissão da comunicação de dados entre a empilhadeira de bauxita e a sala de controle 12A no período de uma semana.

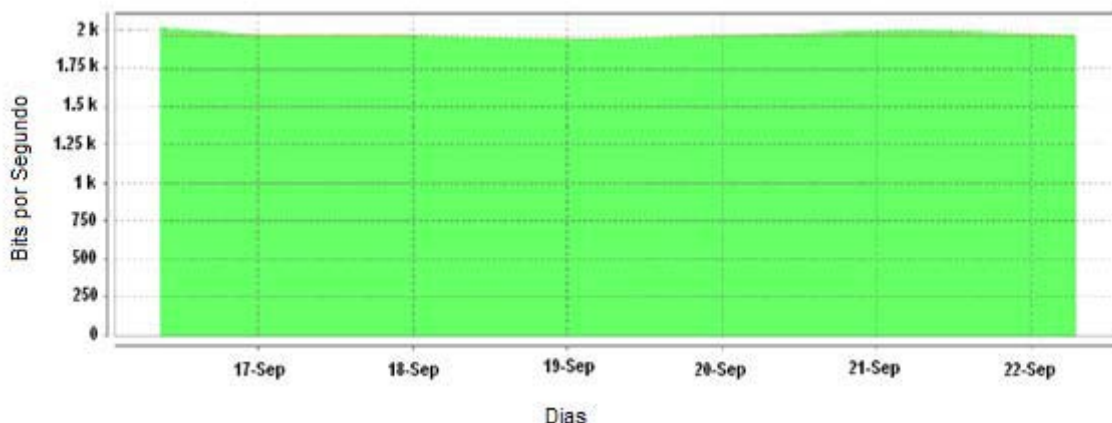


Figura 10. Taxa transmissão do enlace PLC.

A disponibilidade do enlace PLC foi observada em um período maior que 30 dias com a empilhadeira de bauxita executando todas as manobras operacionais (translação, rotação e empilhamento) em plena carga, obtendo índice de 100%, dado que comprova a confiabilidade da tecnologia PLC. A Figura 11 apresenta a disponibilidade do enlace PLC em 30 dias com o auxílio do mesmo *software*.

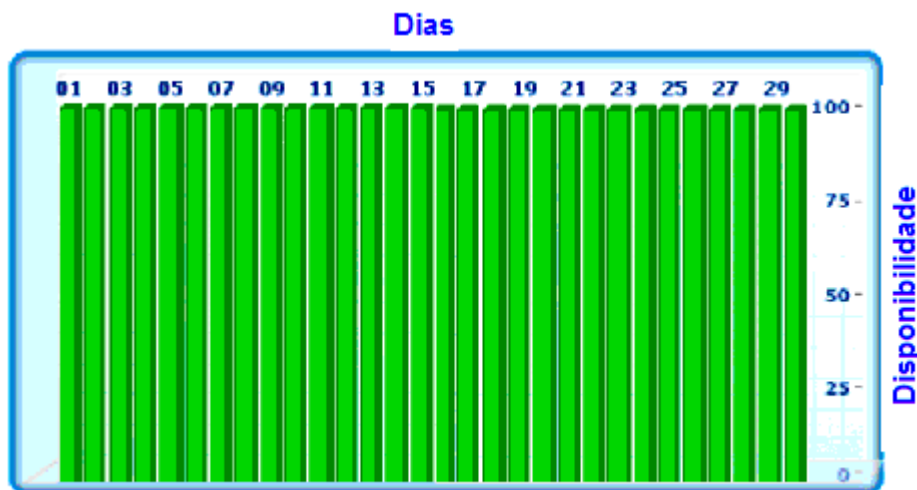


Figura 11. Disponibilidade do enlace PLC.

Na Figura 12 observa-se as falhas no sistema de comunicação de dados da empilhadeira de bauxita de janeiro de 2007 a julho de 2008 com destaque para o início da implantação do enlace PLC onde as falhas caíram para o nível zero, mesmo no período de chuva.

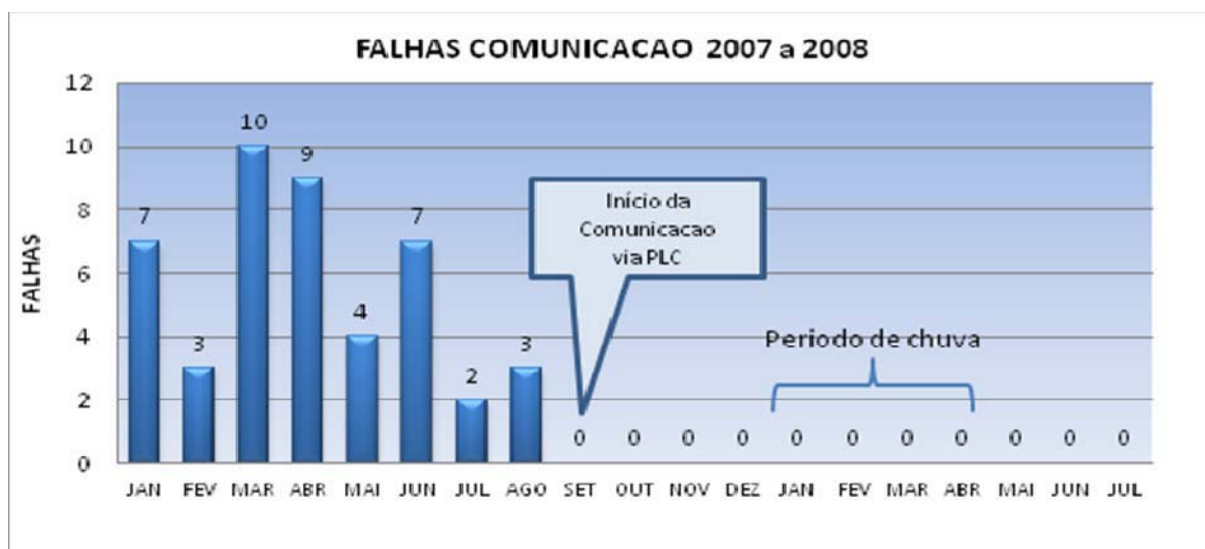


Figura 12. Falha de comunicação da empilhadeira de bauxita 2 entre jan/2007 a jul/2008.

Os valores dos parâmetros (SNR, Taxa de transmissão e Disponibilidade) garantiram o bom desempenho do enlace, pois suportou com plena estabilidade todas as manobras típicas do equipamento (translação, rotação, empilhamento, etc.) confirmando a robustez da tecnologia PLC, garantindo a disponibilidade e confiabilidade do sistema de empilhamento de bauxita.

4 DISCUSSÃO

O tipo de aplicação realizada na Alunorte com o uso da tecnologia PLC, até o momento, tem caráter único, por isso é inviável se fazer as devidas comparações.

5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos nessa aplicação, pode-se afirmar que a tecnologia PLC em relação à radiofrequência, para este tipo de equipamento, é bastante confiável. Isso se traduz através do resultado obtido na eliminação de parada da empilhadeira, taxa de comunicação subutilizada e SNR acima do limite mínimo. Além disso, é importante ressaltar os ganhos tangíveis que a Alunorte obteve com a implantação da tecnologia PLC, pois, esta apresentou custo benefício positivo com retorno do investimento em um ano.

Agradecimentos

Agradeço aos Engenheiros Rui Matos, Daniella Costa e Elionilce Maia da Alunorte, Prof. Dr. Mauro Margalho Coutinho da UFPA e Sávio Leal da empresa Integradores pelo apoio que me foi prestado na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, Fabrício de Carvalho, Tecnologia PLC: Comunicação Através da Rede Elétrica, Artigo Técnico, Redes & Cia, Lavras, Minas Gerais, 2006.
- 2 VIDAL, A. M. "Power line Communication: Comunicação em banda larga via rede elétrica". Disponível em: <http://www.eel.ufsc.br/gpqcom/vidal/PLC/relat.html.2002> Acesso em 20 de setembro de 2006.
- 3 ALUNORTE – Alumina do Norte do Brasil, Operação de Estocagem e Recuperação de Bauxita, Apostila de Treinamento, Abril 2004.
- 4 APTEL - Associação de Empresas Proprietárias de Infra-Estrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações. Seminários e eventos sobre a tecnologia PLC. <<http://www.aptel.com.br>>. Acesso em jul. 2007.
- 5 INTEGRADORES - Soluções em Tecnologia, Relatório Técnico de Implantação do PLC, Agosto 2007.
- 6 LEAL, D.S. Relatório Técnico Consolidado de Implantação de PLC, Integradores – Soluções em Tecnologia, São Paulo, Janeiro 2008.
- 7 CORREA, J.R. – Power Line Communications, Trabalho de Conclusão de Curso, UNIMINAS – União Educacional de Minas Gerais, Uberlândia, Junho de 2004.