

SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓPTICO DE DADOS DE ISOLADORES PRESENTES EM LINHAS DE ALTA TENSÃO

Brenda Lorrany Cordeiro da Silva Aragão (Graduanda, UFCG) E-mail: brenda.silva@ee.ufcg.edu.br

Lucas Luna de Lima (Graduando, UFCG) E-mail: lucas.lima@ee.ufcg.edu.br

Lucas Oliveira de Figueiredo (Graduando, UFCG) E-mail: lucas.figueiredo@ee.ufcg.edu.br

Hélder Alves Pereira (Professor, UFCG) E-mail: helder.pereira@dee.ufcg.edu.br

Resumo: De forma a aumentar a confiabilidade e a eficiência no fornecimento de energia, é necessário que os dispositivos que compõem o sistema elétrico estejam em bom estado de funcionamento. Para evitar que danos aconteçam ao sistema, manutenções precisam ser realizadas com certa periodicidade. Todavia, com o intuito de minimizar os custos, as empresas recorrem à estratégia de monitoramento, em tempo real, dos equipamentos presentes nas linhas de transmissão. Isto possibilita que o ciclo de manutenção seja planejado, uma vez que são disponibilizadas informações coletadas continuamente. Desse modo, este artigo apresenta as etapas de desenvolvimento de um sistema óptico que promove o transporte dos dados obtidos de isoladores, presentes em linhas de transmissão, por meio de sensores localizados em campo. O sistema é composto por uma placa microcontrolada, fibra óptica e dois conversores de mídia, além de utilizar a norma IEC 61850, em particular, seu mecanismo de comunicação de valores amostrados, para encapsular os dados a serem transmitidos. Com o objetivo de verificar a eficiência do sistema de transmissão óptico, testes foram realizados em laboratório e os resultados se mostraram bastante promissores em termos de taxa de transmissão de *bit* e perda de pacotes.

Palavras-chave: IEC 61850, Isoladores, Linhas de Transmissão, Monitoramento, Sensores, Valores Amostrados.

OPTICAL SYSTEM FOR DATA TRANSMISSION OF INSULATORS LOCATED IN HIGH VOLTAGE LINES

Abstract: In order to increase reliability and efficiency in the power supply, it is necessary that the devices that make up the electrical system are in good working order. To prevent damage from occurring to the system, maintenance must be carried out at regular intervals. However, in order to minimize costs, companies use the strategy of real-time monitoring of the equipment on the transmission lines. This enables the maintenance cycle to be planned, since the information collected continuously is made available. This article presents the stages of development of an optical system that promotes the transport of the data obtained from insulators through sensors located in transmission lines. The system consists of a microcontroller board, optical fiber and two media converters, in addition to using the IEC 61850 standard, in particular its mechanism of communication of sampled values, to encapsulate the data to be transmitted. In order to verify the efficiency of the optical transmission system, tests were performed in the laboratory and the results were very promising in terms of bit transmission rate and packet loss.

Keywords: IEC 61850, Insulators, Monitoring, Sampled Values, Sensors, Transmission Lines.

1. INTRODUÇÃO

Para propor estratégias que otimizem as atividades de manutenção em seus equipamentos, as companhias fornecedoras de energia investem cada vez mais em ações que visam reduzir as manutenções corretiva e preventiva, intensificando a prática de manutenção preditiva (ROCHA et al., 2011). As falhas em isoladores, presentes em linhas de transmissão, por exemplo, podem evoluir para situações extremas, de modo a ocorrer perda da capacidade dielétrica, e também mecânica, levando ao colapso na linha de transmissão (CAPELINI, 2015). Portanto, o monitoramento desses dispositivos tem como objetivo a operação eficiente do sistema de transmissão de energia de modo a atender às crescentes demandas por recursos energéticos (PRASHER et al., 2005).

O processo de desenvolvimento do sistema de transmissão óptico, proposto neste trabalho, depende da integração com o sistema de sensoriamento, responsável pela medição dos parâmetros dos isoladores em tempo real.

Diante da necessidade de interação entre os dois sistemas, a utilização de um padrão de comunicação, para aquisição e transporte de dados, permite que se estabeleça uma conexão entre diferentes dispositivos, resultando em uma interoperabilidade entre diversos fabricantes. A escolha de um canal de comunicação apropriado também é relevante para o processamento dos dados coletados e, atualmente, uma das estratégias utilizadas é a de cabos de aterramento ópticos (OPGW – *Optical Ground Wire*) em linhas de transmissão (SOUSA, 2012).

Dessa forma, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de transmissão óptico, para monitoramento de isoladores presentes em linhas de alta tensão, organizado da seguinte forma: na Seção 2, descreve-se o sistema de sensoriamento responsável pela captação dos dados dos isoladores em campo. Na Seção 3, o sistema de transmissão óptico proposto é apresentado, bem como cada um dos seus componentes. Na Seção 4, apresenta-se o protocolo de comunicação utilizado, bem como suas principais características. Na Seção 5, os resultados são apresentados e discutidos e, por fim, na Seção 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

2. SISTEMA DE SENSORIAMENTO

O monitoramento em tempo real das linhas de transmissão consiste em supervisionar parâmetros, tais como (NASCIMENTO et al, 2017; ROSSI et al, 2017.): corrente elétrica, tensão, temperatura e tração, por exemplo. Neste trabalho, a aquisição dos dados em campo integra uma parte do sistema de monitoramento. Essa parte consiste no sistema de sensoriamento que, além de realizar a aquisição dos dados em tempo real, é capaz de realizar o processamento da informação para, posteriormente, encaminhá-la ao sistema de transmissão óptico, capaz de transmiti-la via fibra óptica para a central de monitoramento.

A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos da integração entre os sistemas de sensoriamento e de transmissão, formando o sistema de monitoramento. O sistema de sensoriamento, como observado, inicia-se com o processo de obtenção das informações, relacionadas aos parâmetros do isolador, por meio de sensores ópticos (bloco sensores ilustrado na Figura 1). Posteriormente, o sinal elétrico é processado e amostrado por meio de conversores analógico - digitais (CAD) na unidade microcontrolada, que ao fazer a amostragem do sinal, gera um sinal modulado por largura de pulso (PWM – *Pulse Width Modulation*). Esse sinal modulado indica que um novo ciclo para preenchimento da área de armazenamento (*buffer*) está pronto, incrementando uma nova amostra do conteúdo a ser enviado. Este último processo, caracterizado pelo bloco de processamento de sinais, ilustrado na Figura 1, representa o sistema de sensoriamento e dá início ao procedimento de encapsulamento e transporte de dados correspondentes ao sistema de transmissão óptico proposto neste trabalho.

3. SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓPTICO

Como o monitoramento do isolador é realizado em tempo real, é necessário utilizar o menor tempo possível no processamento das informações do sistema de sensoriamento para transmissão dos dados referentes aos seus respectivos parâmetros.

A escolha dos equipamentos, utilizados para compor o sistema de transmissão óptico, levou em consideração as especificações técnicas apresentadas quanto ao local de instalação piloto do sistema de monitoramento: a temperatura de operação (-10°C a 40°C, com umidade em torno de 80%) e o consumo de energia do sistema (em torno de 10 W). Diante dos requisitos, a solução escolhida foi de utilizar conversores de mídia de modo a viabilizar a transmissão dos dados via fibra óptica, uma vez que os dispositivos apresentam características de operação dentro do esperado, além da necessidade do sinal elétrico transmitido, após o processamento e encapsulamento dos dados, via cabo UTP, ser convertido em sinal óptico.

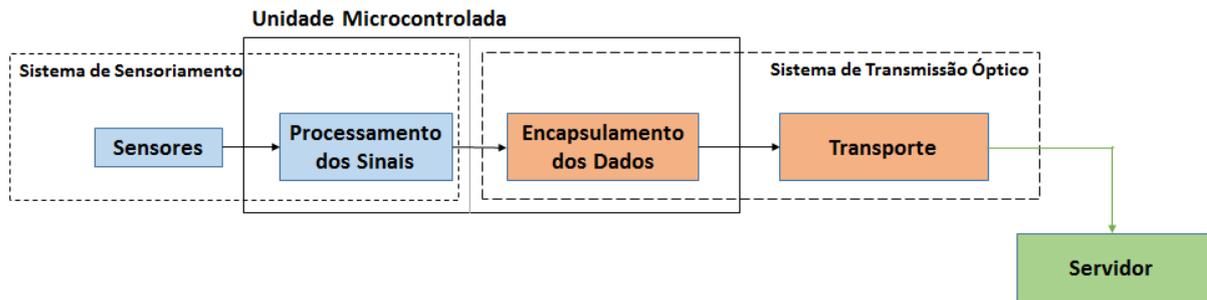


Figura 1 – Diagrama de blocos da integração entre o sistema de monitoramento e o de transmissão óptico, formando o sistema de monitoramento.

Na unidade microcontrolada ocorre o processamento dos sinais, conforme ilustrado na Figura 1. Nesta mesma unidade, à medida em que o sinal é amostrado (conversão de analógico para digital), os pacotes de dados são encapsulados, seguindo a norma IEC 61850, em mensagens de valores amostrados (SV – *Sampled Values*). Na Figura 2, conectado ao cabo UTP, o conversor de mídia A (transmissor) recebe os pacotes de dados do sistema de sensoriamento, converte-os para o domínio óptico e, posteriormente, transmite-os pela fibra óptica presente no cabo OPGW. O conversor de mídia B (receptor) recebe o sinal óptico, converte-o para o domínio elétrico e, em seguida, disponibiliza os dados obtidos em campo para supervisão dos isoladores em uma central de gerenciamento. A Tabela 1 descreve os dispositivos utilizados para o desenvolvimento do sistema de transmissão óptico proposto neste trabalho.

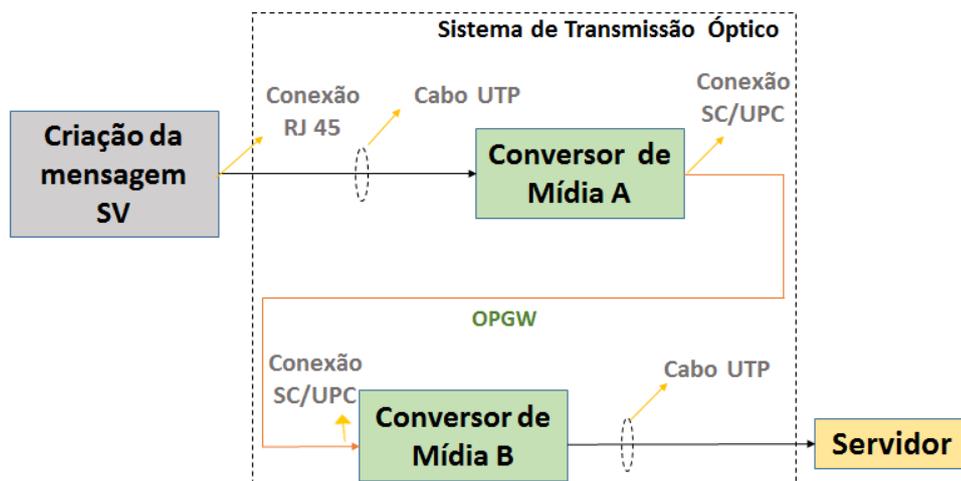


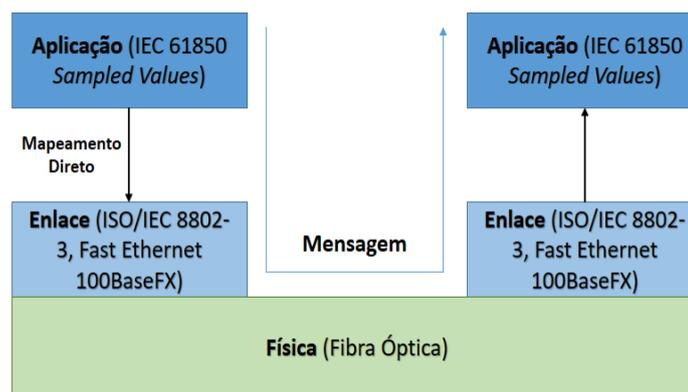
Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema de transmissão óptico.

Tabela 1 - Dispositivos utilizados para o desenvolvimento do sistema de transmissão óptico.

Descrição	Dispositivo
Conversor de Mídia de Transmissão	Intelbras KFSD 1120 A
Conversor de Mídia de Recepção	Intelbras KFSD 1120 B
Fibra óptica	Fibra <i>standard</i> SMF 28e presente no cabo OPGW
Placa microcontrolada	Texas Instruments EK-TM4C1294XL

4. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Antes de serem transmitidos, os dados são encapsulados em mensagens SV, uma vez que este é um serviço de comunicação empregado em aplicações em tempo real, no qual abstrai camadas do modelo OSI (*Open System Interconnection*) e estabelece comunicação direta entre as camadas de aplicação e de enlace (Ethernet), conforme ilustrado na Figura 3 (KONKA et al., 2011).

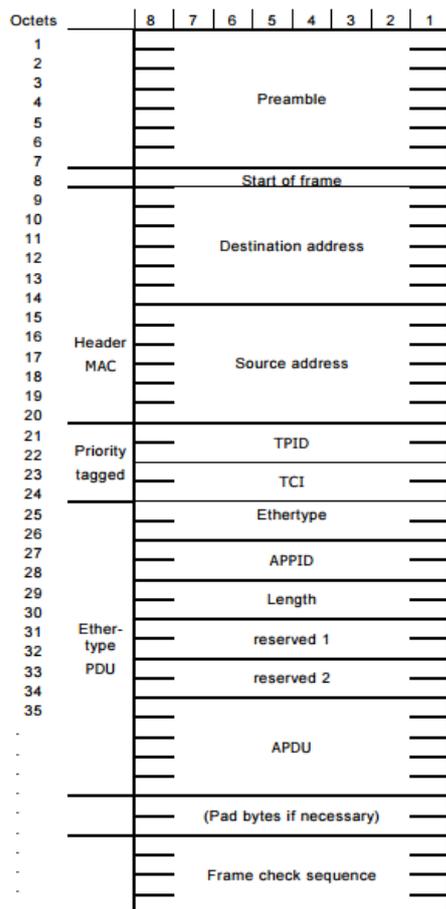
Figura 3 – Estrutura de rede com o *Sampled Values*.

Na criação dos pacotes SV, há o encapsulamento dos pacotes pelo protocolo Ethernet, de modo que o *frame* para um pacote Ethernet tem tamanho máximo de 1500 bytes, em que 1429 bytes consistem no *payload* e 71 bytes para o cabeçalho Ethernet e SV. Na Figura 4(a) é ilustrada a estrutura de campo de um *frame* Ethernet e, na Figura 4(b), a estrutura de um pacote SV (IEC, 2002a; IEC, 2002b).

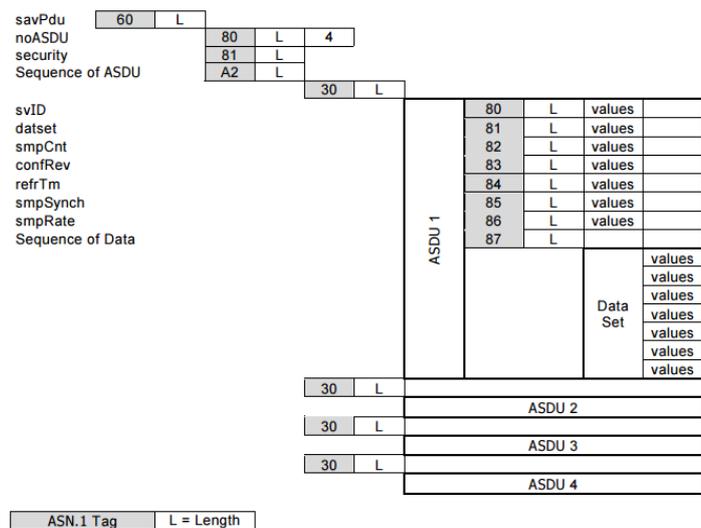
Os campos presentes na Figura 4(a) são descritos da seguinte forma (IEC, 2002a; IEC, 2002b; IGARASHI, 2016; KONKA et al. 2011):

- *Preamble*: conjunto de sete bytes utilizados com propósito de sincronismo do circuito da interface de controle de acesso ao meio (MAC - *Media Access Control*), definidos com valores 0x55 e inseridos automaticamente pela interface MAC.
- *Start of Frame*: demarca o início do *frame* Ethernet, constituído por um byte com valor 0xD5 e inserido automaticamente pela interface MAC.
- *Destination Address*: endereço físico associado à interface de comunicação de destino do pacote, composto por 6 bytes. Para uma transmissão em *broadcast*, a esse campo é atribuído o valor 0xFF em todos os bytes.
- *Source Address*: endereço físico associado à interface de comunicação de origem do pacote, composto por 6 bytes.

- TPID: campo de dois bytes para identificação do protocolo, definido como 0x8100 para o *Sampled Values*.
- TCI: campo para controle de informação, definido como 0x8000 para o *Sampled Values*.
- *Ethertype*: campo para identificação do protocolo empregado no *payload* do pacote Ethernet, definido como 0x88BA para o *Sampled Values*.
- APPID: identificador de aplicação, definido como 0x4000 para o *Sampled Values*.
- *Length*: campo com dimensões de dois bytes representando a quantidade de bytes presentes nos campos: APPID, *Length*, *Reserved 1*, *Reserved 2* e APDU.
- *Reserved 1*: campo reservado para aplicações futuras, definido como 0x0000 para o *Sampled Values*.
- *Reserved 2*: campo reservado para aplicações futuras, definido como 0x0000 para o *Sampled Values*.
- APDU: esse campo é descrito com mais detalhes na Figura 4(b).
- *Frame Check Sequence*: campo para checagem da integridade do *frame*, com dimensões de 4 bytes e inserido automaticamente pela interface MAC.



(a)



(b)

Figura 4 – Estrutura de campo de: (a) um *frame* Ethernet e (b) um pacote SV.

Na Figura 4(b) são ilustradas estruturas denominadas de ASDU (*Application Service Data Unit*). Como um subconjunto de informações a serem enviadas, estas compõem o APDU (*Application Protocol Data Unit*), o qual representa o pacote SV em si.

Alguns dos campos (*security*, *datset*, *refrTm*, *smpRate*, *smpMode*) são opcionais, ou seja, sua não existência não implicará em má formação do pacote (IEC, 2002a; IEC, 2002b; IGARASHI, 2016).

Os campos do pacote SV seguem a seguinte estrutura: identificador, comprimento e conteúdo, nesta ordem, de modo que o primeiro byte é destinado a identificar o campo; um ou mais bytes destinados a quantificar o comprimento do campo em número de bytes, e, para o caso de extrapolação desse valor em mais de um byte, é empregado a *flag* 0x82; e, por fim, o conteúdo do campo é anexado. A descrição dos campos é feita da seguinte forma (IEC, 2002a; IEC, 2002b; IGARASHI, 2016; KONKA et al. 2011):

- *savPdu*: contém a informação do comprimento total em *bytes* do APDU, porém essa informação é subtraída do número de *bytes* do próprio campo *savPdu*. Tem como identificador de campo 0x60.
- *noASDU*: indica a quantidade de ASDUs sendo transmitidos, possui o identificador 0x80.
- *Sequence of ASDU*: identificador do comprimento total de todos os ASDUs do APDU. Possui como identificador 0xA2. É seguido de um campo com identificador 0x30, cuja função é indicar o comprimento total do primeiro ASDU, de modo que este campo 0x30 demarca o começo de cada ASDU, armazenando seu comprimento.
- *svID*: campo empregado para identificação do ASDU, sendo composto por uma *string* de tamanho limitado em bytes somente pelo *payload* máximo do pacote Ethernet. Seu identificador é 0x80.
- *smpCnt*: campo empregado para identificação, em relação ao tempo, dos dados presentes no pacote, possuindo como identificador 0x82.
- *confRev*: campo de indicação de revisão, definido como 0x83 0x04 0x00 0x00 0x00 0x01.
- *smpSynch*: campo empregado para identificação do sincronismo da mensagem SV, possuindo como identificador 0x85.
- *Sequence of Data*: os valores amostrados a serem enviados, possuindo como identificador 0x87.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante a execução do trabalho, foram realizadas atividades de programação, para implementação do protocolo SV na IDE (*Integrated Development Environment*) CCS (*Code Composer Studio*) fornecida pelo fabricante da placa microcontrolada. De modo a analisar a eficiência da transmissão dos pacotes, o *software Wireshark* (WIRESHARK, 2017) foi utilizado para verificar a quantidade de pacotes recebidos, o tempo de recepção e a taxa de transmissão do sistema de monitoramento. Neste trabalho, considerou-se que apenas um ASDU foi enviado.

Primeiramente, foi realizada a verificação da potência óptica do sinal transmitido. Como ilustrado na Figura 5, foi inserido um medidor de potência (*power meter*), entre os dois conversores de mídia, por meio da utilização de um divisor de potência óptico (*splitter*) desbalanceado (com subdivisão 1:2). No medidor de potência foi configurado o comprimento de onda de 1550 nm. Na saída correspondente a 1% do *splitter*, mediu-se -27,89 dBm e, portanto, -7,89 dBm como potência óptica na entrada do *splitter*.

Assim, a potência óptica do sinal de saída estava coerente com o intervalo de operação de -3 dBm a -14 dBm, especificado no *datasheet* do conversor de mídia (INTELBRAS, 2016). Os dados são apresentados na Tabela 2.

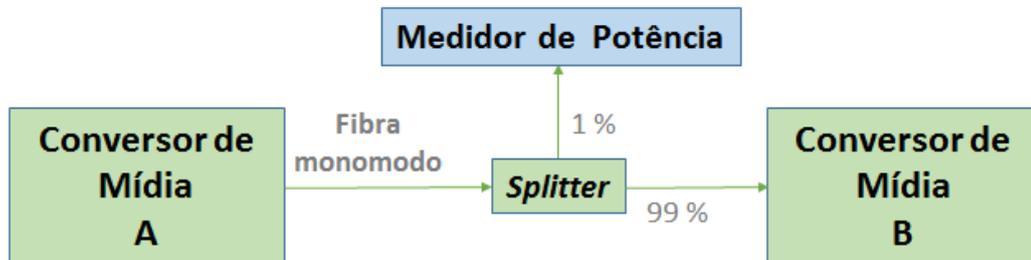


Figura 5 – Verificação da potência óptica do sinal transmitido pelo sistema de transmissão óptico.

Tabela 2 – Valores das potências ópticas do sinal referentes ao conversor de mídia A.

Potência óptica na entrada do <i>splitter</i> (dBm)	Potência óptica na saída de 1% do <i>splitter</i> (dBm)	Comprimento de onda do transmissor óptico do conversor de mídia A (nm)
-7,89	-27,89	1550

Foi necessário testar a implementação desenvolvida para o encapsulamento dos dados fornecidos pelo sistema de monitoramento. Conforme ilustrado na Figura 6, por meio de uma conexão entre a placa microcontrolada e o computador, foram transmitidos pacotes para serem contabilizados pelo *Wireshark* na recepção.



Figura 6 – Verificação da implementação do sistema de comunicação.

Como descrito na Tabela 3, foram enviados 162545 pacotes no período de recepção em que cada pacote continha 1496 bytes. O tempo médio para envio de 1 pacote SV foi de aproximadamente 0,37 ms e a taxa de transmissão verificada pelo *Wireshark* foi de 32 Mbps.

Tabela 3 – Valores obtidos pelo *Wireshark*.

Tempo de envio (s)	Quantidade de bytes por pacote	Quantidade de pacotes enviados	Quantidade de bytes enviados	Tempo médio para envio de 1 pacote SV (ms)	Taxa de transmissão (Mbps)
59,81	1496	162545	243167320	0,37	32

Ao integrar a implementação responsável pela amostragem das informações obtidas pelos sensores em campo, sistema de sensoriamento, com a implementação do encapsulamento dos dados em mensagens SV, realizou-se a montagem mostrada na Figura 7. Por meio do *Wireshark*, obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 4.

Porém, por ainda não ser o teste em campo, foi gerado o sinal PWM para simular o pino de controle de um conversor analógico/digital externo gerando o sinal com uma frequência de amostragem de 15360 Hz. Com isso, o sinal indicou que as amostras estavam disponíveis para serem acrescentadas ao *buffer*. Cada pacote SV, com 160 amostras, possuía 1479 bytes, incluindo os cabeçalhos SV e Ethernet.

Analisando a recepção dos pacotes, em um período de aproximadamente 60 s, um total de 5650 pacotes foi recebido, sendo, aproximadamente, 7,96 MB enviados e uma taxa de transmissão de aproximadamente 1,12 Mbps. Assim, praticamente, foi enviado 1 pacote em aproximadamente 10,41 ms. Cada pacote identificado e lido pelo *Wireshark*, foi verificado com o uso do *software Octave* (OCTAVE, 2017) e se comprovou que não houve perda de pacotes.

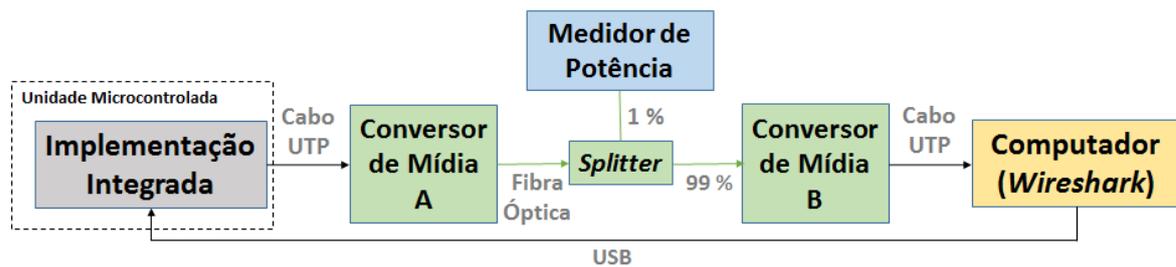


Figura 7 – Cenário de teste de transmissão dos pacotes SV.

Tabela 4 – Valores verificados pelo *Wireshark*.

Tempo de envio (s)	Quantidade de bytes por pacote	Quantidade de pacotes enviados	Quantidade de bytes enviados (MB)	Tempo médio para envio de 1 pacote SV (ms)	Taxa de transmissão (Mbps)
58,88	1479	5650	7,97	10,41	1,12

Pode-se perceber uma diferença na transmissão entre a implementação de encapsulamento dos dados e a aplicação da implementação do sistema de monitoramento. Isso se deve ao tempo de preenchimento do *buffer*. As interrupções foram feitas pelo conversor analógico-digital a cada 0,065 ms, que, multiplicado pela quantidade de 160 amostras, resultou em 10,42 ms. Então, o tempo verificado pelo *Wireshark* foi aproximadamente igual ao calculado, indicando que não houve atrasos significativos na transmissão.

A taxa de transmissão aproximada é dada pela divisão da quantidade de bits em 1 pacote SV pelo tempo necessário para envio do mesmo. Dessa forma, a taxa de transmissão foi de aproximadamente 1,14 Mbps, valor aproximado ao que consta na Tabela 4.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de um sistema de transmissão óptico de dados de isoladores presentes em linhas de alta tensão. O estudo foi efetuado desde a escolha dos dispositivos para processamento dos dados, com exceção da fibra óptica que foi um requisito preexistente, até a conclusão com a implementação da norma IEC 61850 para a criação das mensagens *Sampled Values*. A solução por conversores de mídia se apresentaram de forma suficiente para o desenvolvimento em questão e de baixo custo.

Com os resultados obtidos, observou-se o quão o sistema de transmissão é eficiente, verificada a recepção dos pacotes com o uso do *software Wireshark*, assim como a taxa de transmissão do sinal óptico. O sistema de monitoramento requer que o envio da informação, obtida dos isoladores em campo, seja rápido e, uma vez que o sistema de monitoramento, nos casos de teste em laboratório, operou com o menor tempo possível e praticamente sem perdas de pacotes, o resultado foi satisfatório.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi conduzido com o apoio do grupo Transmissoras Brasileiras de Energia (TBE), através da Rede INESC Brasil, e dentro do programa de P&D, regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) do Brasil, e com o apoio institucional da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPELINI, R. M. Inspeção remota de isoladores em linhas de transmissão a partir de sinais de descargas parciais externas. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Itajubá. Minas Gerais, 2015. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/122/tese_capelini_2015.pdf?sequence=1. Acesso em 6 de setembro de 2017.

IGARASHI, G. Contribuições para a implementação de um barramento de processo segundo a Norma IEC 61850-9. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2016.

INTELBRAS. Guia de instalação: Conversores de mídia Fast Ethernet. Disponível em: http://www.intelbras.com.br/sites/default/files/downloads/manual_kfm_112_kfs_1120_kfsd_1120_a_b_01-15_site.pdf. Acesso em 6 de setembro de 2017.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). Communication networks and systems in substations - Part 9-1: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link, 2002.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). Communication networks and systems in substations - Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3, 2002.

KONKA, J.W.; ARTHUR, C. M.; GARCIA, F. J.; ATKINSON, R. C. Traffic generation of IEC 61850 sampled values. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SMART GRID MODELING AND SIMULATION (SGMS), pp. 43–48, Outubro, 2011.

NASCIMENTO, C. A. M. et al. Controle e monitoramento de temperatura de condutores em linhas aéreas de alta tensão. Belo Horizonte, MG. Disponível em: https://www.ppgee.ufmg.br/documentos/PublicacoesDefesas/840/cba_monitora_ampacidade_v4.pdf. Acesso em 6 de setembro de 2017.

OCTAVE. Version 4.2.1. GNU Octave, Scientific Programming Language. Disponível em: <https://www.gnu.org/software/octave/>. Acesso em 06 de setembro de 2017.

PRASHER, V. K.; GUPTA, V. K.; KUSHWAHA, A. S.; MISHRA, A. K.; CHOHAN, S. Indian experience in implementation of SCADA/EMS systems. IEEE RUSSIA POWER TECH, St. Petersburg, 2005, pp. 1-7. doi: 10.1109/PTC.2005.4524711. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4524711&isnumber=4524335>. Acesso em 6 de setembro de 2017.

ROCHA, G.; DOLEZILEK, D.; AYELLO, F.; OLIVEIRA, C. Distribution Substation Monitoring System. In: ANNUAL PROTECTION AUTOMATION AND CONTROL WORLD CONFERENCE. Dublin, Irlanda. Junho, 2011. Disponível em: https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Publications/Technical%20Papers/6493_DistributionSubstation_GR-DD_20110314_Web.pdf?v=20170308-065537. Acesso em 6 de setembro de 2017.

ROSSI, J. A. D. et al. Sistema de Transmissão de Dados para Monitoramento de Linhas de Transmissão da Eletronorte. Projeto de P & D regulado pela ANEEL. Disponível em: <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090925083453-4.pdf>. Acesso em 6 de setembro de 2017.

SOUSA, T. C. Vantagens dos serviços utilizando cabos OPGW em linhas de transmissão de alta tensão voltados para sistemas de telecomunicação. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 4, n. 4, 2012.

WIRESHARK. Version 2.2.3. Project started: Gerald Combs, 1998. Disponível em: <https://www.wireshark.org>. Acesso em 6 de setembro de 2017.