



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GTL/19

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - XV

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

**Operação e Manutenção de um Sistema de Medição Sincronizada de Fasores –
Experiência do Projeto MedFasee**

Fábio Matheus Mantelli(*)
IFSC

Rodolfo Bialecki Leandro
UFSC

Ildemar Cassana Decker
UFSC

Valmor Zimmer
UFSC

Marcelo Neujahr Agostini
Plan4 Engenharia

Paulo André Sehn da Silva
UFSC

Pedro César Cordeiro Vieira
UFSC

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever a operação e manutenção de um SMSF real, apresentando os processos realizados, as ferramentas utilizadas e os resultados de avaliação do desempenho do sistema. Para isso, são efetuadas análises de perda de dados, qualidade de sincronismo, disponibilidade dos canais de comunicação, latência e largura de banda. Especificamente, o trabalho trata da operação e manutenção do SMSF MedFasee BT, composto por 25 PMUs instaladas em universidades das cinco regiões geográficas brasileiras e por PDCs instalados no Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina e em servidores em nuvem.

PALAVRAS-CHAVE

Medição Fasorial, PMU, SMSF, Computação em Nuvem.

1.0 - INTRODUÇÃO

A concepção tradicional dos sistemas de energia elétrica – aliada ao aumento da demanda de energia elétrica para alavancar o crescimento econômico – tem sofrido mudanças nos últimos anos devido, principalmente, a alterações estruturais na matriz energética proveniente da inserção de novas fontes de energia renovável (eólica, biomassa, solar, etc.). Tais mudanças resultam em um aumento da complexidade operacional dos sistemas elétricos que, concomitantemente, exige o aprimoramento e o desenvolvimento de novos instrumentos de monitoramento e controle em tempo real por parte dos centros de operação (1). Neste ínterim, surgem os Sistemas de Medição Sincronizada de Fasores (*Synchronized Phasor Measurement Systems* – SMSF) que, por meio de sua alta taxa de aquisição e sincronismo temporal de aquisição de dados de medidas (60 medidas por segundo), possibilitam o monitoramento e a análise da dinâmica dos sistemas de energia elétrica.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar informações relativas ao desempenho do SMSF MedFasee BT, com base em dados fornecidos pelos aplicativos computacionais e informativos diários do acompanhamento do SMSF. Na seção 2 são apresentados os componentes que constituem a infraestrutura do SMSF MedFasee BT, onde são abordados os aspectos de medição das grandezas elétricas, da comunicação utilizada para o envio dos sincrofases aos PDCs e do mecanismo de armazenamento e processamento de dados. Na seção 3 são apresentados os resultados de avaliação de desempenho relativos a perdas de dados, sincronização temporal, disponibilidade dos canais de comunicação, latência e largura de banda requerida pelo SMSF MedFasee BT. Por fim, na seção 4, apresenta-se uma síntese das principais conclusões do trabalho.

(*) LabPlan / EEL / CTC / UFSC – CEP 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil
Tel: (48) 3721-9731 – E-mail: fmmantelli@gmail.com

2.0 - O SMSF MEDFASEE BT

Os SMSF são reconhecidos como uma das principais tecnologias para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes (*smart grids*) (2). Conceitualmente, provêm a infraestrutura necessária para a medição simultânea de grandezas elétricas distantes geograficamente em uma mesma base temporal. Para isso, utilizam um sistema de navegação por satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*), mais comumente o sistema GPS (*Global Positioning System*), do qual se utiliza a referência temporal para o cálculo dos sincrofasores de corrente e de tensão (3). A estrutura fundamental de um SMSF é composta pela Unidade de Medição Fasorial (PMU), Fonte de Sincronização, Canais de Comunicação e Concentrador de Dados Fasoriais (PDC) (4).

As atividades do Projeto MedFasee se iniciaram em 2003 por meio de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a empresa Reason Tecnologia e a FINEP. O objetivo precípuo do projeto é o desenvolvimento, a difusão e o uso acadêmico da tecnologia de medição sincronizada de fasores. Para isso, foram instaladas PMUs, ao longo dos anos, em universidades mediante parcerias firmadas. Atualmente, o SMSF MedFasee BT dispõe de 25 PMUs em operação nas 5 regiões geográficas do Brasil – enviando dados a PDCs na UFSC e na *Amazon Web Services* (AWS) a uma taxa de 60 fasores por segundo a partir de medições em baixa tensão –, provendo informações suficientes para o monitoramento da dinâmica do Sistema Interligado Nacional (SIN). Os locais de instalação das PMUs podem ser visualizados na Figura 1.

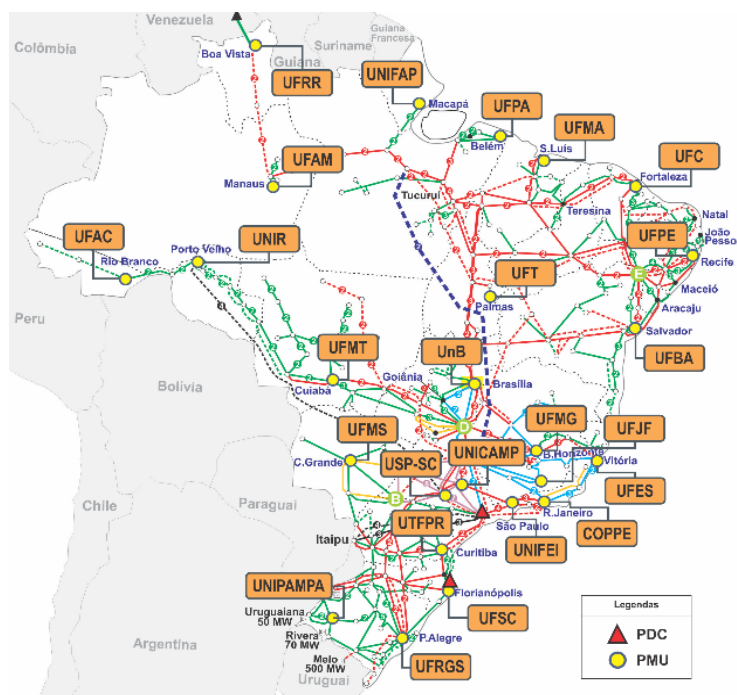


Figura 1 - Instalações do SMSF MedFasee BT.

Os principais equipamentos do SMSF MedFasee BT são da linha Reason Tecnologia, contando atualmente com 25 PMUs (RPV-311), 25 Relógios Sincronizados por Satélite GPS (22 RT430 e 3 RT420) e 25 Módulos de Aquisição (RA331), instalados nas universidades parceiras.

2.1 Arquitetura Completa

Os PDCs estão instalados em servidores do LabPlan/UFSC e em infraestrutura de computação em nuvem da *Amazon Web Services* (AWS) (5), garantindo o armazenamento ininterrupto das medições do SIN. As PMUs do SMSF, habilitadas em modo de envio espontâneo, enviam os dados sincrofasoriais no formato IEEE C37.118-2011, via protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) para dois destinos distintos: Concentradores de Dados (PDCs) instalados no LabPlan/UFSC e PDCs instalados em nuvem computacional (AWS). A redundância provida pela AWS – em paralelo com a arquitetura do SMSF no LabPlan/UFSC – tem garantido o armazenamento contínuo dos dados sincrofasoriais. Na Figura 2 é possível visualizar a infraestrutura atual do SMSF MedFasee BT, abrangendo a arquitetura LabPlan/UFSC e AWS.

O SMSF MedFasee BT possui 2 servidores físicos locais no LabPlan/UFSC (DELL PowerEdge T430) – executando o aplicativo openPDC e recebendo dados das 25 PMUs do sistema – e 1 servidor operando o PDC MedFasee Linux – desenvolvido no âmbito do Projeto MedFasee (3). Quatro fluxos de dados (*output stream*) do openPDC MedFasee são estabelecidos: dois fluxos são enviados a universidades parceiras (UFJF e UNICAMP), um ao PDC MedFasee (Linux) e outro à rede local (multicast), para que os dados de medição sejam disponibilizados aos usuários para análises do SIN, em tempo real. Ademais, há um openPDC Reserva disponível, que pode assumir as funcionalidades do openPDC MedFasee em eventuais indisponibilidades deste devido à manutenção ou avaria.

2.2 Medição

2.3 Comunicação

2.4 Armazenamento e Processamento

Os dados sincrofásoriais são armazenados em memória circular de 2 a 3 meses em base de dados históricos, no padrão Historian do openPDC, e de modo contínuo, desde agosto de 2010, no padrão MySQL, utilizado pelo PDC MedFasee Linux. Os dados relativos aos anos de 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017 estão, além de backups no Storage S3 da AWS, disponíveis para buscas online no LabPlan (servidores locais). Os dados de 2010 (parcial), 2011 e 2012

estão no ambiente Storage S3 Glacier na AWS e, caso seja preciso utilizá-los, devem-se restaurá-los. Diferentemente do ambiente Storage S3 da AWS, o Storage S3 Glacier mantém grandes quantidades de dados por períodos indeterminados a um custo menor. Os dados sincrofaseados são realocados para a área “bucket S3”, via interface web, configurando-os para que, a partir de um certo período de tempo (1 dia, por exemplo), sejam “congelados” automaticamente no serviço Glacier. Quando necessário, solicita-se a restauração dos arquivos, que é garantida pela Amazon em até 5 horas. Por serem dados sincrofaseados mais antigos e menos requisitados, esta é a melhor solução com vistas à redução dos custos incorridos em ambiente computacional em nuvem.

3.0 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Nesta seção são descritas as estratégias e procedimentos para a operação e manutenção do SMSF MedFasee BT, as ferramentas de suporte utilizadas e os resultados de avaliação de desempenho obtidos.

3.1 Estratégias e Procedimentos

Para assegurar a operação contínua do SMSF, são adotadas estratégias e procedimentos tais como:

- Verificação remota das condições de conectividade dos equipamentos do SMSF;
- Análise das condições funcionais das PMUs e dos Relógios GPS através de registros de eventos (LOGs);
- Monitoramento das condições do sincronismo temporal por meio da contínua verificação da sintonia de satélites dos Relógios GPS;
- Acompanhamento diário da perda de dados.

3.2 Ferramentas

Para a execução das estratégias e dos procedimentos mencionados foram implementadas duas ferramentas computacionais:

- Zabbix: solução de monitoramento integrada de infraestrutura de TI. Provê recursos de verificação de disponibilidade e desempenho de *hosts*, suporte a SNMP (*Simple Network Management Protocol*), verificações personalizáveis e coleta de dados em intervalos configuráveis (7). Os Relógios GPS RT420 e RT430 da fabricante Reason possuem o protocolo SNMP, possibilitando ao Zabbix monitorar e armazenar o número de satélites sintonizados em cada ponto de medição do SMSF.
- Módulo de Análise de Perda de Dados: desenvolvido em linguagem C# e incorporado ao aplicativo MedPlot RT – ferramenta computacional desenvolvida no âmbito do Projeto MedFasee BT para a monitoramento em tempo real do SIN (8). Tem por objetivo computar a média de perda de dados, em tempo real. As médias horárias são armazenadas em planilha Microsoft Excel para a elaboração de relatórios técnicos.

3.3 Resultados

Os resultados de avaliação do desempenho são apresentados a seguir em 5 subseções específicas. Das 25 PMUs do SMSF MedFasee BT, 3 delas não foram consideradas nos estudos realizados: duas por terem sido instaladas recentemente (UFES e Unicamp) e a terceira (UFRR) por não estar associada à rede elétrica do SIN.

3.3.1 Perda de Dados

Além de problemas com a disponibilidade dos canais de comunicação, o cálculo da perda de dados sofre influência de diversos fatores como, por exemplo: indisponibilidade dos equipamentos (Firewall, GPS ou PMU) por avaria ou travamento, intervenções no espaço físico das universidades onde estão instaladas as PMUs, etc. Na Figura 3, as perdas globais – referentes ao segundo semestre de 2016 – são apresentadas subdivididas em duas classes: perdas relacionadas exclusivamente aos canais de comunicação e perdas relacionadas a diversos fatores (externalidades).

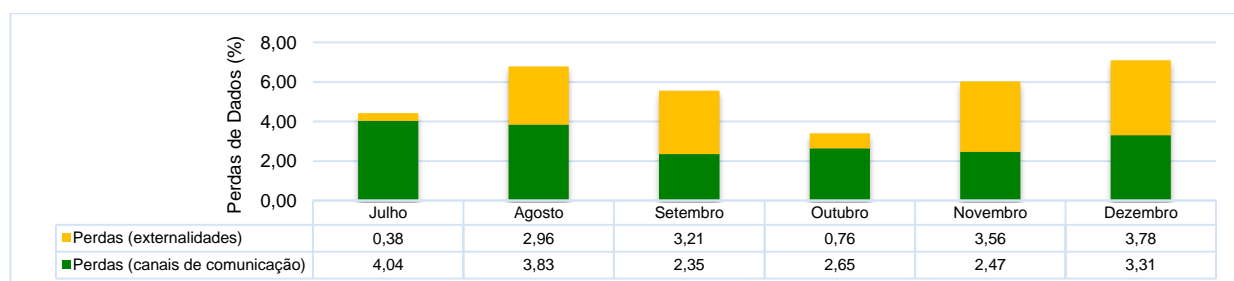


Figura 3 - Perda de dados mensal do SMSF MedFasee BT (segundo semestre de 2016).

Em média, as perdas de dados do SMSF situaram-se em torno de 5,5%. As perdas exclusivas aos canais de comunicação foram em média de 3%, com variações entre 2% e 4%.

Partindo-se da análise global, apresenta-se, agora, o desempenho para cada ponto de medição do SMSF

considerando-se apenas os problemas relativos aos canais de comunicação. Nas Figura 4 e Figura 5 são apresentadas as médias individuais mensais.

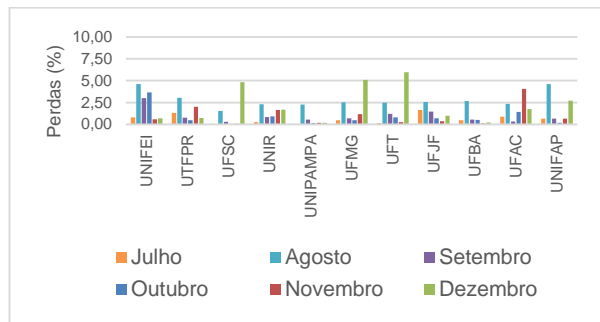


Figura 4 - Perda de dados mensal por terminal.

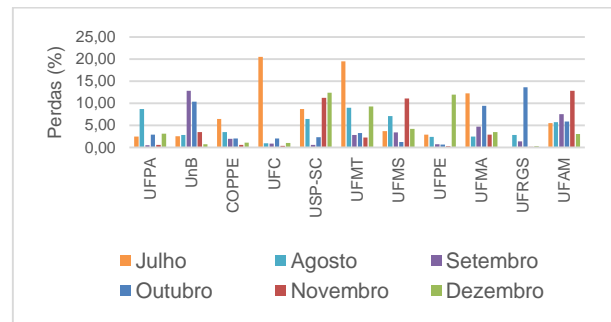


Figura 5 - Perda de dados mensal por terminal.

No conjunto de pontos de medição de melhor desempenho (Figura 4) os valores médios de perdas foram da ordem de 1,5%. Nos casos dos pontos de medição de pior desempenho (Figura 5), os valores médios situaram-se em torno de 5%, com valores extremos entre 0,03% e 20,51%.

3.3.2 Sincronismo Temporal

O acompanhamento e a análise da qualidade do sincronismo temporal é crítico em um SMSF, pois os dados podem estar comprometidos caso a etiqueta de tempo – providas pelo GPS – não seja confiável. Com essa análise, pode-se tomar as medidas corretivas e buscar soluções de reparo, tanto no equipamento (Relógio GPS), como na estrutura de cabeamento e antena, sempre que necessário.

O campo *Status Flags* – fornecido pelo openPDC – traz informações (sinalizadores) da qualidade dos dados sincrofásicos enviadas pela PMU. Na análise a seguir foram consideradas as informações quanto à qualidade do sincronismo. Para isso, analisaram-se os dados de 22 PMUs ao longo do mês de fevereiro de 2017.

Os problemas de sincronismo mais relevantes concentraram-se nos pontos de medição da UFMG e da UFMS (0,015% e 0,009% do total de dados mensais, respectivamente) – os sincrofases com problema de sincronismo não são descartados pelo banco de dados do openPDC e podem ser utilizados para análises futuras. Apesar do percentual de dados com problema de qualidade de sincronismo ser baixo, a análise denota a importância da permanente avaliação de sincronismo, para garantir que os dados oriundos das PMUs cheguem aos PDCs com a etiqueta de tempo refletindo o exato instante de sua aquisição.

3.3.3 Disponibilidade dos Canais de Comunicação

A verificação da disponibilidade dos canais de comunicação é efetuada usando-se o aplicativo Zabbix, por meio de requisições ICMP aos equipamentos remotos (Firewall, PMU e GPS), a cada 3 minutos. As informações são armazenadas em uma base de dados MySQL por tempo pré-definido – no âmbito do SMSF MedFasee BT, as informações de requisições ICMP são armazenadas por 9 meses, devido ao limite de espaço em disco do servidor. A análise a seguir considera a disponibilidade dos canais de comunicação dos 20 pontos de medição deste SMSF ao longo de 6 meses consecutivos, de julho a dezembro de 2016 – os pontos de medição da UFPA e UNIFAP não foram considerados devido a alterações de configuração realizadas no aplicativo Zabbix durante a fase de implementação da ferramenta.

Nas Figura 6 e Figura 7 são apresentadas as médias individuais de disponibilidade dos canais de comunicação.

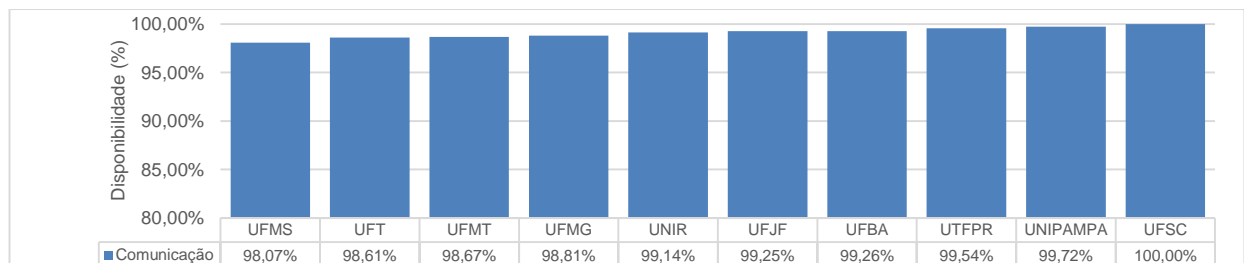


Figura 6 - Disponibilidade semestral dos canais de comunicação (superior a 98%).

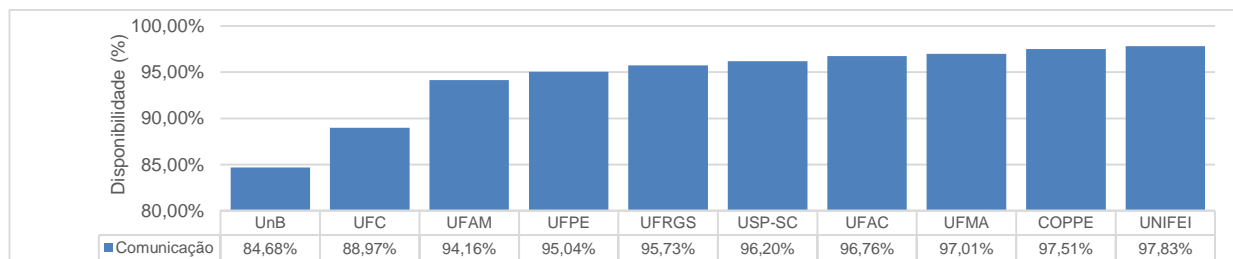


Figura 7 - Disponibilidade semestral dos canais de comunicação (inferior a 98%).

Na Figura 6 estão os casos cujo desempenho dos canais de comunicação foi superior a 98%. Em termos de valores médios, a disponibilidade destes canais de comunicação foi de 99,11%. Por outro lado, na Figura 7 estão os casos cujo desempenho dos canais de comunicação foi inferior a 98%. Observe-se ainda que, dos 20 pontos de medição analisados, somente três deles tiveram o índice de disponibilidade dos canais de comunicação inferior a 95%.

Uma visão detalhada da disponibilidade dos canais de comunicação, discretizadas em valores mensais, é apresentada nas Figura 8 e Figura 9.

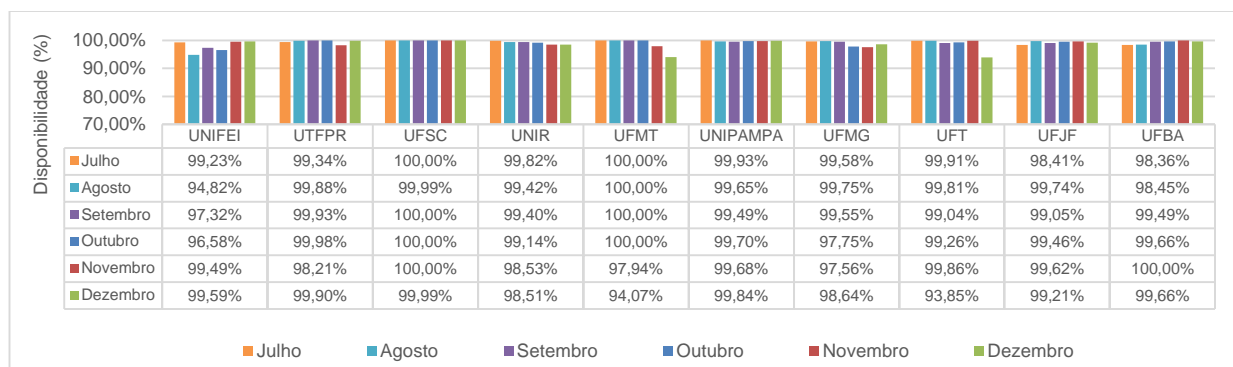


Figura 8 - Disponibilidade mensal dos canais de comunicação.

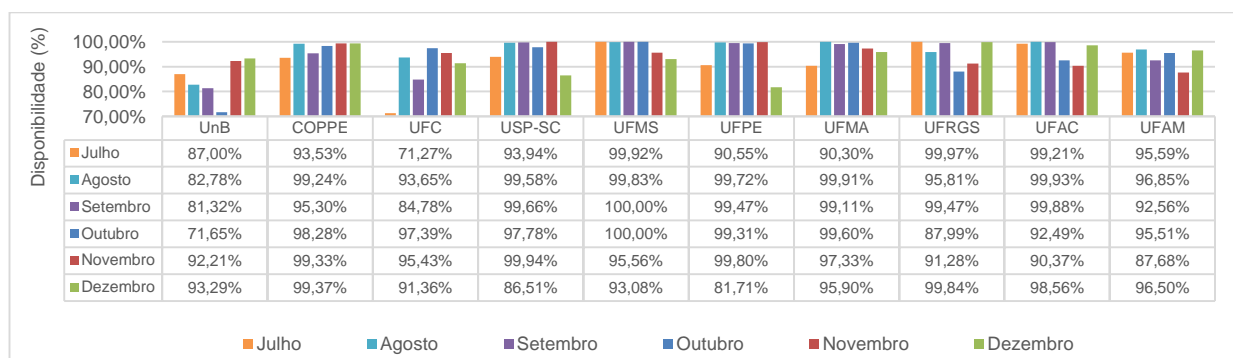


Figura 9 - Disponibilidade mensal dos canais de comunicação.

Em relação aos pontos mais críticos do sistema (Figura 9), os canais de comunicação associados às PMUs UnB e UFC requerem maior atenção devido à volatilidade de seus respectivos indicadores de disponibilidade, relativos ao segundo semestre de 2016.

3.3.4 Latência

A latência – relativa à chegada dos dados de sincrofasores aos PDCs – varia ao longo do dia de acordo com o nível de tráfego de dados da Internet. O aplicativo *Historian Trading Tool* (componente do openPDC) fornece informações sobre as latências mínima, máxima e média. Devido à infraestrutura do SMSF MedFasee BT prover redundância no sistema de Concentração de Dados, analisam-se as latências máximas entre os sincrofasores enviados pelas PMUs aos PDCs instalados no LabPlan/UFSC e na AWS.

No Procedimento de Rede do ONS, Submódulo 11.8, item 6.2.4 (Idade do dado), foi estabelecido que a latência de uma medida sincrofasorial deve ser de 500 ms, medidas nos concentradores de dados do ONS (9). Portanto, avalie-se, agora, se a latência máxima, relativa aos diferentes pontos de medição do SMSF MedFasee BT, atende a tais parâmetros de desempenho.

Para esta avaliação foram definidas diversas classes em intervalos de 50 ms. Os valores superiores a 500 ms são

computados em uma classe única. Primeiramente, por meio das Figura 10 e Figura 11, têm-se os histogramas da latência máxima na AWS referente aos dados das PMUs UFMS e UNIR no dia 14 de março de 2017, respectivamente.

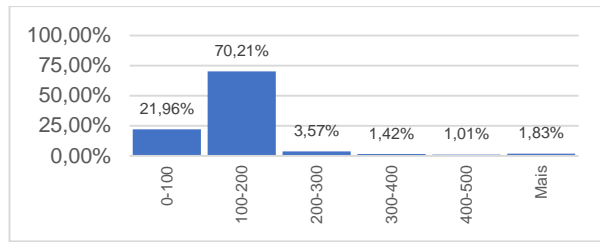


Figura 10 - Latência máxima UFMS (AWS).

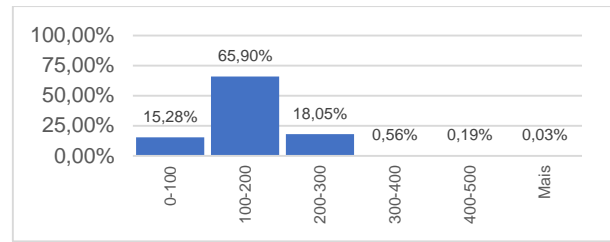


Figura 11 - Latência máxima UNIR (AWS).

A maior parcela dos dados sincrofasoriais, ao longo do dia, chegaram ao PDC AWS com latências concentradas entre 100 e 200 ms – 70,21% dos dados da PMU UFMS e 65,90% dos dados da PMU UNIR, respectivamente. Ademais, a recomendação do procedimento de rede do ONS é atendida, mesmo tratando-se de uma instalação acadêmica e que utiliza a Internet como canal de comunicação – apenas 1,83% dos dados diários da PMU UFMS e 0,03% da PMU UNIR excederam os 500 ms. Este perfil de desempenho também é verificado nas demais PMUs do SMSF MedFasee BT. Porém, por limitação de espaço, os resultados apresentados referem-se a somente dois pontos de medição selecionados aleatoriamente.

Por conseguinte, são analisadas as latências máximas dos sincrofasores enviados ao openPDC MedFasee (LabPlan/UFSC). Para comparação com as latências anteriores verificadas na AWS, são examinados novamente os dados das PMUs UFMS e UNIR, no dia 14 de março de 2017, respectivamente (Figura 12 e Figura 13).

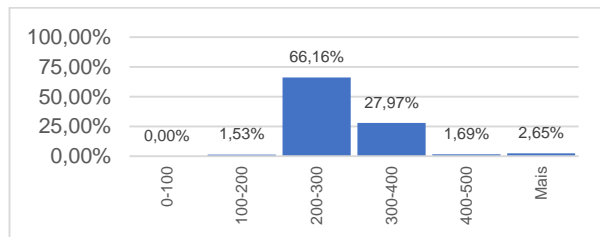


Figura 12 - Latência máxima UFMS (UFSC).

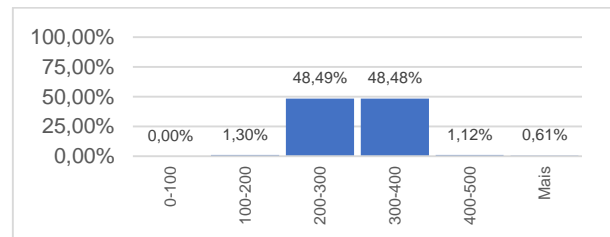


Figura 13 - Latência máxima UNIR (UFSC).

Verificou-se que apenas 2,65% dos dados diários da PMU UFMS e 0,61% da PMU UNIR chegaram com latência máxima superior aos 500 ms ao openPDC MedFasee (LabPlan/UFSC). Em comparação ao PDC AWS, a maior parcela de dados sincrofasoriais chega ao PDC LabPlan/UFSC com maior latência, concentrada entre 200 e 300 ms.

3.3.5 Largura de Banda

O tamanho dos frame de dados IEEE C37.118-2011 (grandezas em ponto flutuante) é composto pelos bytes relativos às medidas sincrofasoriais e pelos bytes de controle (10). A descrição dos campos do frame de dados é listada a seguir:

- Campos fixos (SYNC, FRAMESIZE, IDCODE, SOC, FRACSEC, STAT, FREQ, DFREQ, CRC) – 26 bytes fixos por frame;
- Sincrofasores: módulo e ângulo – 8 bytes/sincrofasor;
- Analógicos: valor – 4 bytes/canal;
- Digitais: estado – 2 bytes/canal (cada canal transmite 16 estados).

Em relação aos bytes de controle, utilizando-se o protocolo UDP/IP sobre Ethernet (endereçamento unicast, por exemplo), são alocados um total de 54 bytes, correspondentes aos seguintes campos:

- Ethernet II: 26 bytes (cabeçalho completo);
- Protocolo IP: 20 bytes;
- Protocolo UDP: 8 bytes.

Especificamente, para monitorar 1 terminal de circuito trifásico do SMSF MedFasee BT (3 sincrofasores de tensão), o frame de dados é composto pelos seguintes bytes listados na Tabela 1 – os canais analógicos e digitais não são utilizados pelo SMSF MedFasee BT.

Tabela 1 - Tamanho do frame de dados para uma PMU do SMSF MedFasee BT.

Bytes fixos	Sincrofasores	Analógicos	Digitais	Bytes de controle	Total de bytes
26	8×3	0	0	54	104

A largura de banda necessária para cada canal de comunicação com protocolo UDP/IP sobre Ethernet, endereçamento unicast e grandezas em ponto flutuante, utilizando-se uma taxa de 60 fasores por segundo, é dada da seguinte maneira:

- Largura de banda por frame de dados: $60 \text{ fasores/s} \times (104 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits} \div 1000) = 49,92 \text{ kbps}$.

Considerando-se as 25 PMUs do SMSF MedFasee BT, a largura de banda requerida na AWS e na UFSC é de, individualmente, 1,248 Mbps – os cálculos realizados consideram apenas a largura de banda de entrada relativa aos frames de dados enviados pelas PMUs, sendo imprescindível a análise dos demais fluxos de entrada e/ou saída no correto dimensionamento de um SMSF.

4.0 - CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados os resultados de avaliação do desempenho relativos ao acompanhamento operacional do SMSF MedFasee BT. As análises incluíram os aspectos relativos a perda de dados, sincronismo temporal, disponibilidade dos canais de comunicação, latência e largura de banda.

Ao longo do segundo semestre de 2016, as perdas de dados do SMSF situaram-se em torno de 3%, com variações entre 2% e 4% – quando consideradas apenas as perdas relativas aos canais de comunicação. Outrossim, a disponibilidade dos canais de comunicação foi superior a 95% – apenas 3 pontos ficaram abaixo disso –, sendo que, do conjunto com o melhor desempenho, a média de disponibilidade alcançou 99,11%.

A análise da qualidade do sincronismo, efetuada ao longo do mês de fevereiro de 2017, demonstrou baixos percentuais de dados com problema. No entanto, recomenda-se a avaliação constante do sincronismo temporal, por meio do registro de eventos das PMUs e do monitoramento do número de satélites sintonizados em cada instalação do SMSF.

Em relação à latência, comprovou-se que, mesmo utilizando-se a Internet como canal de comunicação – para o envio de dados pelas PMUs aos PDCs instalados no LabPlan/UFSC e na AWS –, a recomendação do procedimento de rede do ONS, quanto à latência máxima de 500 ms de uma medida sincrofásorial, foi atendida com significativa margem de segurança.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DECKER, I. C. Desenvolvimento e Implementação de um Protótipo de Sistema de Medição Fasorial Sincronizada no Sistema de Transmissão de 440 kV da CTEEP. XXI *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE*. Florianópolis, SC, outubro de 2011.
- (2) BULIC, D *et al.* Monitoring of low voltage facilities using synchronized phasor measurements. MIPRO 2013, Opatija, Croatia.
- (3) FÜRSTENBERGER, A. Desenvolvimento de um Sistema de Concentração de Dados de Medição Fasorial Sincronizada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- (4) EHRENSPERGER, J. G. "Sistemas De Medição Fasorial Sincronizada: Análise Do Estado Da Arte E Aplicações No Monitoramento De Sistemas De Energia Elétrica." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- (5) AWS.AMAZON. Serviços de Computação em Nuvem. Disponível em < <https://aws.amazon.com/pt/>>. Acesso em 25 Fev. 2017.
- (6) AWS.AMAZON. Amazon S3. Armazenamento de objetos simples, durável e amplamente escalável. Disponível em <<https://aws.amazon.com/pt/s3/>>. Acesso em 03 Mar. 2017.
- (7) ZABBIX. The Enterprise-class Monitoring Solution for Everyone. Disponível em <<http://www.zabbix.com/>> Acesso em 20 Fev. 2017.
- (8) Leandro, R.B., Zimmer, V., Jeremias T., Decker I.C., Agostini M.N., "Ambiente Computacional de Análise do Desempenho Dinâmico de Sistemas Elétricos Usando Sincrofasores", In XXII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Brasília – DF. 2013.
- (9) ONS. Procedimento de Rede. Módulo 11 – Proteção e Controle. Submódulo 11.8 – Sistema de Medição de Sincrofasores. Versão decorrente da Audiência Pública nº 020/2015.
- (10) IEEE Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems. IEEE Std C37.118.2-2011 (Revision of IEEE Std C37.118-2005). Dez 2011.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Fábio Matheus Mantelli é graduado em Tecnologia de Sistemas de Energia (2011) e graduando em Engenharia Elétrica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Atualmente atua como pesquisador junto ao Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica (LabPlan – UFSC) com ênfase em medição sincronizada de fasores.

Ildemar Cassana Decker é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas (1980), mestre (1984) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica (1993) pela Universidade Federal de Santa Catarina e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, respectivamente. Desde 1985 é professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Suas áreas principais de interesse são métodos computacionais para análise e controle de sistemas de energia elétrica e o desenvolvimento e aplicação de sistemas de medição sincronizada de fasores.

Paulo André Sehn da Silva é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil (2011) e mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Atualmente, desenvolve pesquisas na área de medição sincronizada de fasores de sistemas de energia elétrica.

Valmor Zimmer é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (2010) e mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Participa do projeto MedFasee desde 2010 e desenvolve pesquisas na área de microrredes e medição sincronizada de fasores.

Pedro César Cordeiro Vieira graduou-se em Tecnologia em Sistemas de Energia pelo Instituto Federal de Santa Catarina (2009). Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina e desenvolve pesquisas na área de medição sincronizada de fasores e confiabilidade.

Rodolfo Bialecki Leandro é graduado em Engenharia Elétrica e mestre em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011 e 2014, respectivamente). Atualmente, atua como pesquisador junto ao Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica (LabPlan – UFSC) desenvolvendo aplicações para sistemas de medição sincronizada de fasores.

Marcelo Neujahr Agostini é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 1996) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2002). Participa do Projeto MedFasee desde 2002, projeto pioneiro no desenvolvimento da tecnologia de medição fasorial no Brasil. Áreas principais de interesse: medição sincronizada de fasores, modelagem e dinâmica de sistemas elétricos e modelagem orientada a objetos.