

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**EVANDRO CARDOZO DA SILVA**

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA ON-DELAY PARA TRATAMENTO DE  
ALARMES EM SISTEMAS SUPERVISÓRIOS DE SUBESTAÇÕES DE  
ENERGIA**

**ARARANGUÁ  
2018**

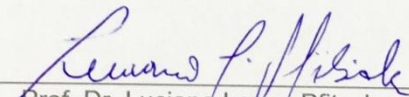
EVANDRO CARDOZO DA SILVA

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA ON-DELAY PARA TRATAMENTO DE  
ALARMES EM SISTEMAS SUPERVISÓRIOS DE SUBESTAÇÕES DE  
ENERGIA**

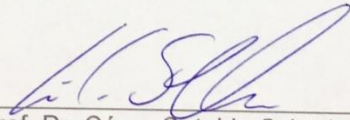
Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Universidade Federal de  
Santa Catarina, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Engenheiro(a) de Energia.

Araranguá, 05 de dezembro de 2018.

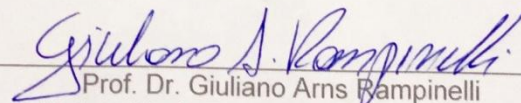
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Lopes Pfitscher (Orientador)  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. César Cataldo Scharlau  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli  
Universidade Federal de Santa Catarina

## RESUMO

A rápida expansão e os avanços das tecnologias de automação na estrutura do Sistema Elétrico de Potência, com o advento de novos padrões de comunicação e controle em subestações (IEC 61850) e dispositivos eletrônicos inteligentes, permitiram a centralização do monitoramento de milhares de pontos no sistema por meio do telecontrole através de sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Isso teve implicações nas atividades da operação, permitindo a supervisão e controle de diversas subestações, antes operadas localmente. Entretanto, o considerável volume de informações de alarmes acaba sobrecarregando o sistema de supervisão e controle e dificultando a resposta do operador, prejudicando a eficiência e segurança operacional na rede, subestações e equipamentos. Nesse contexto, avaliou-se a performance da técnica *ON-delay* para minimizar a sinalização de eventos de alarmes intermitentes no período analisado, compreendido entre 15 de julho e 15 de outubro de 2018, por meio de um tratamento de alarmes realizado com base nos dados históricos da empresa Eletrosul Centrais Elétricas S.A. referentes a um dos Centros Regionais de Controle. Para isso, realizou-se um pré-tratamento de dados para identificar tendências de intermitência nos eventos e extrair a duração de cada sinalização. Com base nessas informações, foram analisados dois possíveis cenários na determinação de uma temporização ideal relativo a frequência dos alarmes urgentes e de advertência. Após a escolha do valor de temporização, a técnica foi aplicada aos dados históricos no período selecionado e comparou-se os indicadores de desempenho em relação ao sistema atual, considerando os valores de referência determinados pelas normas ANSI/ISA 18.2 para gerenciamento de alarmes. Verificou-se que a técnica mostrou-se suficiente para aliviar a sobrecarga do sistema de alarmes e auxiliar a tomada de decisões da operação, com reduções de até 50% na quantidade total de alarmes para um delay de 40 segundos.

Palavras-chave: Automação. Sistemas Supervisórios. Tratamento de Alarmes. Subestações de Potência.

## **ABSTRACT**

The establishment of new international Standards defining communication protocols (IEC 61850) for intelligent electronic devices (IEDs) enabled the digitalization of power substations. Simultaneously, the rapid growth in the Electrical Power System structure and the advances in automation technologies have allowed the integration of many thousands of monitoring points through remote controlling by Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). Despite all benefits associated to the operation tasks, the massive amount of information overloads the supervision and control system, therefore, jeopardizing operator's response to the alarm event and putting in risk the operational efficiency and safety. Considering this issue, the on-delay technique was implemented to evaluate its performance in reducing chattering and fleeting alarms. To accomplish this task, historical alarm data provided by Eletrosul Centrais Elétricas S.A. in the period between July 15th and October 15th, 2018, was analyzed, considering two scenarios in order to assess the appropriate on-delay time, based on chattering pattern and alarm duration behavior for warning and urgent alarm events. Once proper delay was selected, the technique was assessed by comparing the key performance indicators (KPIs) between the actual and the processed system to the recommended ANSI/ISA 18.2 target values. The application of the ON-delay technique was satisfactory, reducing around 50% the total amount of alarms considering a delay of 40 seconds.

Key-words: Automation. Supervisory Systems. Alarm Management. Power Substations.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – NÚMERO DE ALARMES CONFIGURADOS POR OPERADOR.....	11
FIGURA 2 – ESTRUTURA DE GERENCIAMENTO DE ALARMES.....	11
FIGURA 3 – EXEMPLO DE TELA DE SUPERVISÃO DE ALARMES.....	14
FIGURA 4 – ARQUITETURA DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO, SUPERVISÃO E CONTROLE.....	15
FIGURA 5 – CICLO DE GERENCIAMENTO DE ALARMES.....	17
FIGURA 6 – CLASSIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ALARMES.....	20
FIGURA 7 – EXEMPLO DE TELA COM ALARMES INTERMITENTES.....	22
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DA TÉCNICA <i>ON-DELAY</i> .....	23
FIGURA 9 – AUDITOR DE ALARMES.....	24
FIGURA 10 – PROCEDIMENTO DE PRÉ-TRATAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADES.....	25
FIGURA 11 – PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DE DURAÇÃO DO ALARME.....	27
FIGURA 12 – PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE ALARMES.....	28
FIGURA 13 – FREQUÊNCIA DOS ALARMES DE ADERTÊNCIA.....	30
FIGURA 14 - FREQUÊNCIA DOS ALARMES URGENTES.....	31
FIGURA 15 – FREQUÊNCIA DOS ALARMES POR DURAÇÃO.....	32
FIGURA 16 – ALARMES POR DIA.....	34
FIGURA 17 – RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE ALARMES NO SISTEMA ATUAL.....	34
FIGURA 18 - RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE ALARMES APÓS <i>DELAY</i> .....	35
FIGURA 19 – ALARMES FREQUENTES.....	37
FIGURA 20 – ALARMES NO SISTEMA ATUAL.....	38
FIGURA 21 – OCORRÊNCIA APÓS APLICAÇÃO DA TEMPORIZAÇÃO .....	39

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PARÂMETROS SUGERIDOS PARA INDICADORES DE DESEMPENHO CONFORME ANSI/ISA 18.2.....	19
QUADRO 2 – INDICADORES DE DESEMPENHO .....	33

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ALARMES MAIS FREQUENTES.....	35
-----------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
EEMUA	<i>Engineering Equipment and Materials Users Association</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
ISA	<i>Instrument, Signals and Alarms</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
SAGE	Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SEP	Sistema Elétrico de Potência
TO	Terminal de Operação
UAC	Unidade de Aquisição e Controle
UCC	Unidade Concentradora de Comunicação
PAS	Ponto Analógico do SAGE
PDS	Ponto Digital do SAGE



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1.1 Justificativa</b> .....	10
<b>1.2 Objetivos</b> .....	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
<b>2.1 Sistemas de Supervisão e Controle</b> .....	13
2.1.1 Arquitetura do sistema de Supervisão e Controle.....	14
<b>2.2 Gerenciamento de alarmes</b> .....	15
2.2.1 Normatização.....	16
2.2.2 Indicadores de desempenho do Sistema (KPI's).....	18
<b>2.3 Problemas comuns</b> .....	21
<b>2.4 Técnicas</b> .....	22
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	24
<b>3.1 Pré-tratamento de dados e classificação</b> .....	24
<b>3.2 Técnica <i>ON-delay</i>: cálculo da duração de alarme</b> .....	26
<b>3.3 Análise para determinação da temporização <i>ON-delay</i></b> .....	28
<b>3.4 Indicadores de desempenho</b> .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	29
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	39
REFERÊNCIAS.....	40
AGRADECIMENTOS.....	42

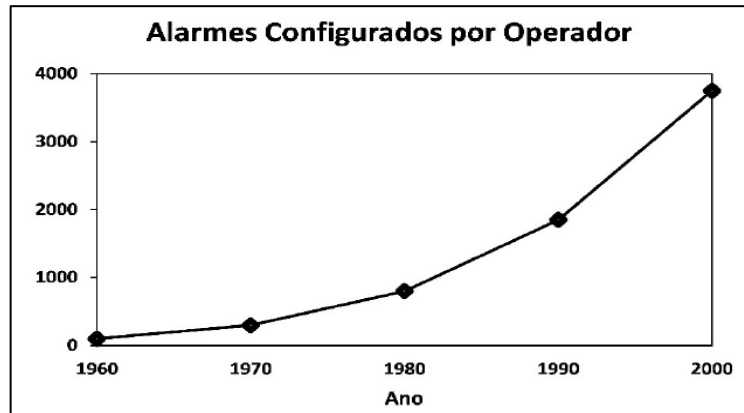
# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

A atual expansão e os avanços tecnológicos na estrutura do Sistema Elétrico de Potência (SEP), com o advento de novos padrões de comunicação e controle em subestações (IEC 61850) e dispositivos eletrônicos inteligentes (IED's, do inglês *Intelligent Electronic Device*), permitiram melhor automatização das subestações e, conseqüentemente, a centralização da supervisão e controle em centros regionais, permitindo a aquisição de informações em tempo real e o telecontrole por meio da integração desses dispositivos a sistemas de aquisição e controle (SCADA, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*).

Essa estrutura, aliada às informações de eventos na rede, adquiridas no sistema de supervisão e controle e sinalizadas por meio de alarmes, auxiliam a ágil atuação da equipe de operação, garantindo mais segurança e eficiência na operação e serviços oferecidos pelas concessionárias de energia elétrica. No entanto, ao passo que o SEP torna-se mais complexo, juntamente com o avanço de novas tecnologias sem a definição de critérios para sinalização de alarmes, trouxeram impactos para supervisão e operação. O considerável volume de informações de alarmes acaba sobrecarregando o sistema de supervisão e controle, dificultando a resposta do operador, prejudicando a eficiência e segurança operacional na rede. A figura 1 demonstra esse aumento significativo, evidenciado pelo aumento de pontos de monitoramento configurados.

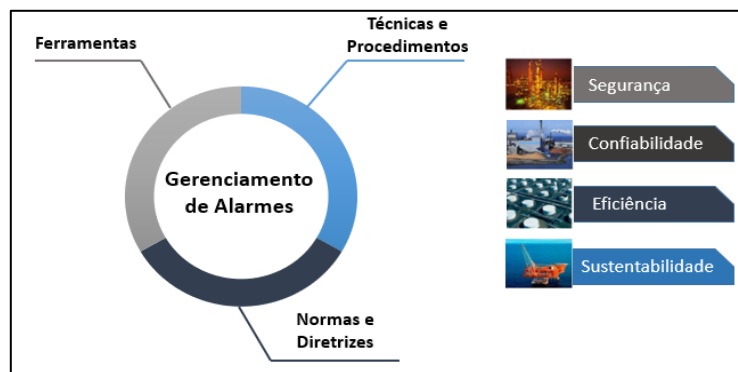
FIGURA 1 – AUMENTO DE PONTOS DE SUPERVISÃO CONFIGURADOS.



Fonte: Contreras (2017, p. 2).

Assim, metodologias de gerenciamento de alarmes têm ganhado espaço frente aos desafios da indústria e do setor elétrico quanto à eficiência operacional de processos e sistemas. Normativas como o EEMUA 191 “*Alarm Systems: a guide to design, management and procurement*”, ANSI/ISA 18.2 “*Management of Alarm systems for the process industries*” e IEC 62682 “*Management of alarm systems for the process industries*” sugerem diretrizes e parâmetros que permitem avaliar o comportamento do sistema e melhorar seu desempenho por meio de técnicas de controle de eventos de alarmes e indicadores de desempenho. A figura 2 exemplifica a estrutura básica das normativas para gerenciamento de alarmes e os benefícios atrelados a sua aplicação adequada.

FIGURA 2 – ESTRUTURA DE GERENCIAMENTO DE ALARMES.



Fonte: adaptado de Honeywell (2015, p. 5).

Portanto, a partir do pressuposto no presente trabalho, propôs-se aplicar a técnica de temporização *ON-delay* para minimizar a sinalização de alarmes intermitentes que dificultam a ação do operador ante um evento relevante. Para isso realizou-se um tratamento de alarmes com base nos dados históricos da empresa Eletrosul Centrais Elétricas S.A. referentes a um dos Centros Regionais de Controle, durante o período compreendido entre 15 de julho e 15 de outubro de 2018.

Para avaliar o desempenho do sistema de alarmes com aplicação da metodologia, foram calculados os indicadores de desempenho (KPI's, do inglês *Key Performance Indicators*) sugeridos nas normas internacionais (ANSI ISA-18.2) para gerenciamento de alarmes. Com base nessas métricas foi possível verificar a eficiência da técnica *ON-delay*, evidenciado pela diminuição de alarmes inesperados em ocorrências na rede.

O tema possui relevância e aplicação industrial, além de possibilitar contribuições para o estado da arte na área de gerenciamento de alarmes. Portanto, espera-se que o entendimento e solução de problemas relacionados à eficiência operacional do sistema de alarmes na supervisão e controle permitam um maior controle do processo, auxiliando a ação do operador e melhorando o desempenho e segurança da operação.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral e os objetivos específicos previstos como parte integrante do presente trabalho estão descritos a seguir.

### **1.2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral aplicar a técnica de temporização de atraso *on-delay* em dados históricos de alarmes provenientes do sistema de supervisão e controle de um conjunto de subestações de energia, e analisar os indicadores de desempenho do sistema com a aplicação da metodologia.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Este trabalho contempla os seguintes objetivos específicos:

- Realizar pré-tratamento dos dados e classificação dos eventos;
- Determinar perfil de atuação, com base no padrão de duração dos alarmes, para adequar a temporização apropriada;
- Aplicar a técnica *ON-delay* a partir de dados históricos;
- Calcular indicadores de desempenho;
- Avaliar o impacto da técnica no desempenho do sistema e na redução de alarmes inesperados em ocorrências.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção apresenta os pressupostos teóricos fundamentais relacionados à temática no presente trabalho.

### 2.1 Sistema de supervisão e controle no sistema elétrico

A operação do sistema elétrico de potência por meio de sistemas de supervisão e controle permite maior segurança e eficiência. A integração de equipamentos de proteção e medição, como relés de proteção e Unidades de Aquisição e Controle, permitem o monitoramento e envio das informações da rede para um sistema SCADA, onde o operador terá acesso a todas as informações relevantes da subestação por meio de uma interface amigável (SANTOS, 2012).

No Brasil, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) é a instituição que desenvolve o sistema Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia (SAGE) utilizado na supervisão, controle e gestão de sistemas elétricos para o setor elétrico (BARRETO, 2013). O SAGE permite a aquisição, o armazenamento e a análise, em tempo real, de todas as informações necessárias para operação de um sistema elétrico, incluindo a verificação de alarmes, como mostra a Figura 3 (CEPEL, 2017).

FIGURA 3: EXEMPLO DE TELA DE SUPERVISÃO DE ALARMES.

Timestamp	Nome do Ponto	Máxima Severidade
14:36:15	LITDE Disparo protecao	Fatal
14:36:05	DJ742 Tensao fora de ajuste	Fatal
14:36:05	DJ732 Tensao fora de ajuste	Fatal
14:36:05	DJ572 Tensao fora de ajuste	Fatal
14:36:05	DJ532 Tensao fora de ajuste	Fatal
14:36:03	DJ582 Estado	Fatal
14:36:05	TF1 Falha alimentacao comutador	Urgencia
14:36:05	TF1 Falha alimentacao CA ventilacao	Urgencia
14:36:05	1PM01 Falha alimentacao CC/CA	Advertencia
14:36:05	DJ742 Falha alimentacao CA	Advertencia
14:36:05	CS533 Falha alimentacao CA	Advertencia

Fonte: Silva (2017).

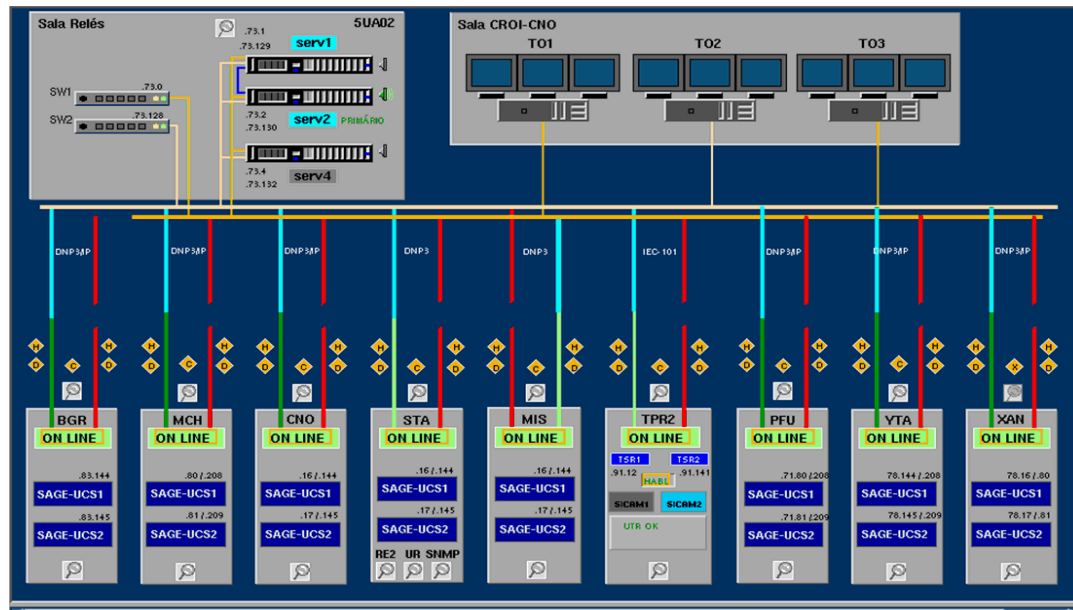
A utilização da sinalização e verificação de alarmes de pontos monitorados pelo sistema supervisorio tem o intuito de auxiliar no reconhecimento do evento e na rápida tomada de decisão dos operadores nos centros regionais. Essa ação tem efeito direto na qualidade de energia fornecida e na vida útil dos equipamentos do sistema elétrico. Assim, por meio de pontos analógicos ou digitais, o sistema SCADA de supervisão e controle permite o monitoramento e controle de alarmes, sendo armazenados em ordem cronológica, contendo o histórico das operações e normalizações de cada ponto configurado (SANTOS, 2012).

### 2.1.1 Arquitetura do sistema de Supervisão e Controle

A arquitetura de supervisão e controle permite um meio de controle sistêmico para os operadores por meio da comunicação entre os diferentes níveis hierárquicos de operação, desde a aquisição de dados nas subestações até sua disponibilização aos centros regionais de comandos, permitindo assim que possam funcionar de maneira coordenada e paralela (ELETROSUL S.A., 2018).

Na subestação é onde são processadas e organizadas as informações oriundas dos dispositivos de proteção e controle, como as UACs (Unidades de aquisição e controle), UCCs (unidade concentradora de comunicação), relés de proteção e IEDs. A Figura 4 ilustra como cada nível hierárquico se comunica permitindo a supervisão e controle (ELETROSUL S.A., 2018).

FIGURA 4 – ARQUITETURA DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO, SUPERVISÃO E CONTROLE.



Fonte: Eletrosul S.A. (2018).

A medição e o monitoramento são feitos pelos IED's, equipamentos de proteção e controle. As informações coletadas ao nível da subestação são então concentradas pelas UCS das subestações controladas e os dados processados pelos servidores são enviados através dos terminais de operação (TO) para o SAGE, contendo as informações do sistema elétrico, como os alarmes e sinalizações, auxiliando os comandos da equipe de operação (ELETROSUL S.A., 2018).

## 2.2 Gerenciamento de alarmes

A implementação dos procedimentos para gestão eficiente de alarmes é extremamente importante para promover qualidade nos serviços oferecidos no setor elétrico e na indústria. Dessa maneira, a boa gestão de alarmes no sistema pode representar grandes impactos na melhoria do desempenho da supervisão e controle de eventos e distúrbios que possam, por ventura, comprometer a funcionalidade e segurança de sistemas e processos, evitando, assim, perdas e falhas ainda mais graves (CONTRERAS, 2017). Por definição, um alarme consiste em um meio visual ou sonoro sinalizando para o operador o mal funcionamento de equipamentos, desvio de

processos ou qualquer condição anormal que exija uma resposta em tempo hábil (ANSI/ISA 18.2, 2009).

Gerenciamento de alarmes é o processo e um conjunto de práticas para conceber, projetar, documentar, operar, monitorar e manter um sistema de alarmes funcionando adequadamente. O estabelecimento de estratégias de automação, de modo a compensar a incapacidade do operador responder a uma anormalidade em tempo hábil, tem sido uma das soluções adotadas para auxiliar a execução destas atividades (SAITO, 2010).

### 2.2.1 Normatização

A prática do gerenciamento de alarmes permite um controle mais eficaz sobre eventos sinalizados nas telas de supervisão, auxiliando o operador no reconhecimento e resposta à situação de maneira rápida. Um dos maiores problemas relacionados à operação é o grande volume de informações a que o operador pode ser exposto, dificultando sua visualização e ação (GOEL, 2017).

Com o objetivo de solucionar esse tipo de problema, o gerenciamento de alarmes permite adequar os processos, permitindo uma operação segura e eficiente. Portanto, as normas publicadas visam regulamentar as atividades de gerenciamento de alarmes na indústria e setor elétrico, sugerindo a padronização da implementação e fornecendo parâmetros para a contínua melhoria do desempenho da operação (GOEL, 2017).

A segunda edição da publicação número EEMUA 191 de 2007 (*Engeneering Equipment and Materials User's Association*), denominada *Alarm Systems – A Guide to Design, Management and Procurement*, indica as melhores práticas a serem tomadas como referência e como devem ser julgados projetos de alarmes para plantas industriais (SILVA, 2017).

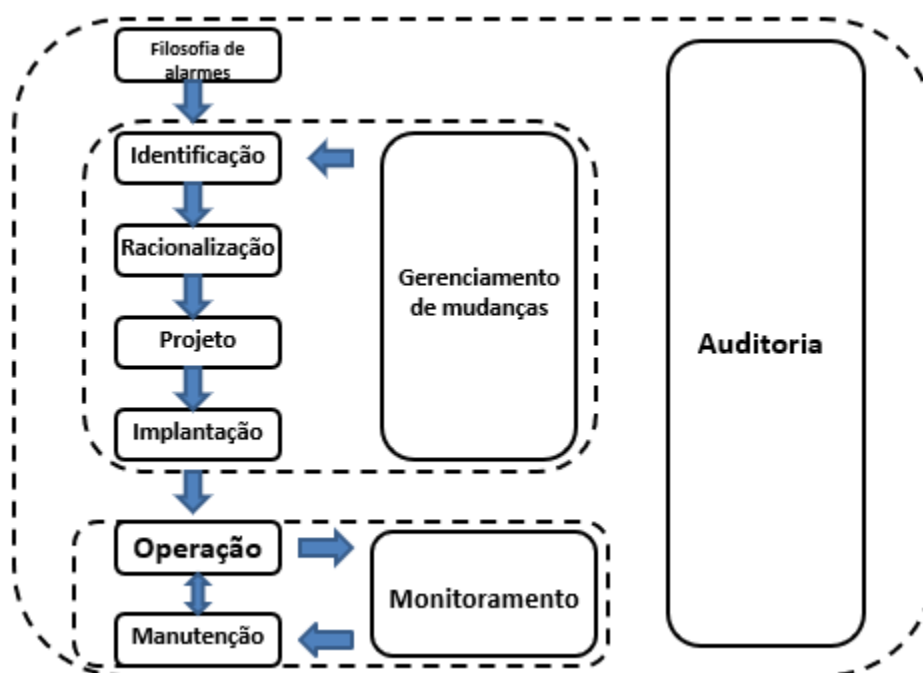
Similarmente, a IEC 62682 "*Management of alarm systems for the process industries*", uma extensão da norma ISA 18.2 de 2009, especifica os princípios e procedimentos para o gerenciamento de sistemas de alarmes em sistemas de controle



descentralizados que utilizam tecnologias de Interface Homem-Máquina (HMI, do inglês *Human-Machine Interface*) para supervisão e controle (SILVA, 2017).

Ambas as normativas apresentam uma metodologia de gerenciamento de alarmes baseada no ciclo apresentado na Figura 5, sendo que a norma ISA 18.2 padroniza alguns valores que devem ser alcançados em relação aos sistemas de alarmes do mercado para plantas industriais, por meio de indicadores de desempenho, KPI, da sigla em inglês, *key performance indicator* (SILVA, 2017).

FIGURA 5 - CICLO DE GERENCIAMENTO DE ALARMES.



Fonte: adaptado de ANSI/ISA 18.2 (2016).

Conforme apresentado no diagrama do ciclo de vida para gerenciamento de alarmes, a filosofia consiste no documento que estabelece as diretrizes de todo o processo, desde a criação até a manutenção do sistema. Neste documento, são definidos conceitos, parâmetros e as metodologias a serem seguidas ao longo do ciclo (HOLLIFIELD, 2011).

Nas etapas de identificação e racionalização são identificados aqueles eventos que atendem aos critérios de alarmes definidos na filosofia de alarmes, atribuindo níveis de prioridade de acordo com a urgência da anormalidade. Com base nisso, são

avaliados quais as consequências caso o alarme seja ignorado, quais são as ações de correção do problema e o tempo de resposta adequado (HOLLIFIELD, 2011).

Durante o projeto e implantação é criado e estabelecido o sistema de alarmes, com base nas diretrizes e parâmetros documentados na filosofia, definindo recursos para diminuição do número de alarmes falsos, o desenvolvimento das telas gráficas da IHM e, por fim, a realização de testes iniciais (HOLLIFIELD, 2011).

A partir do monitoramento contínuo, é possível aperfeiçoar o desempenho do sistema durante as etapas de manutenção e operação, permitindo assim que se mantenha dentro dos índices definidos na filosofia de alarmes. Com base nos indicadores de desempenho, é possível, então, avaliar o desempenho do sistema de gestão de alarmes, evidenciando qualquer necessidade de ajuste, de acordo com a filosofia definida (HOLLIFIELD, 2011).

### 2.2.2 Indicadores de desempenho de alarmes

Conforme parâmetros e métricas definidos pelas normativas EEMUA 191 e ANSI/ISA 18.2, os KPI's são utilizados para definir o nível de desempenho do sistema de alarmes. Tais indicadores servem como referência para medir características do desempenho do sistema considerando metas pré-determinadas baseadas nas normas. Os indicadores podem impactar diretamente no desempenho do sistema de alarmes e auxiliam na adequação e planejamento de uma estratégia para determinado processo. O Quadro 1 apresenta os principais KPI's definidos pelas normas para gerenciamento de alarmes (HOLLIFIELD, 2011).

QUADRO 1 - PARÂMETROS SUGERIDOS PARA INDICADORES DE DESEMPENHO.

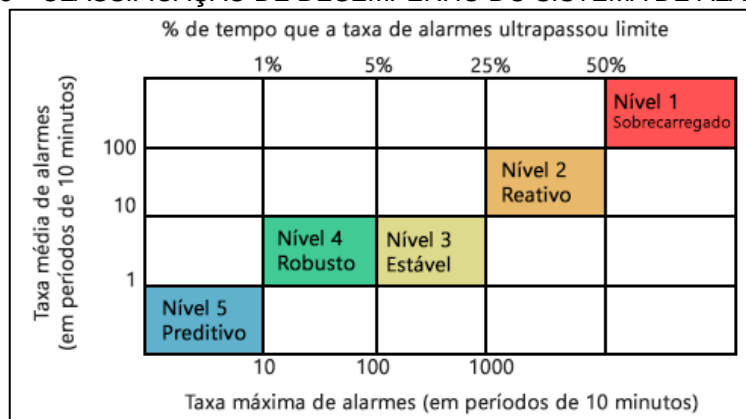
<b>Indicadores de desempenho de alarmes</b>		
<b>Métrica</b>	<b>Referência</b>	
<b>Alarmes por operador</b>	<b>Aceitável</b>	<b>Máximo gerenciável</b>
<b>Alarmes anunciados por dia</b>	150	300
<b>Alarmes anunciados por hora</b>	6	12
<b>Alarmes anunciados por período de 10 minutos</b>	1	2
<b>Percentual de horas com incidência superior a 30 alarmes</b>	< 1	
<b>Percentual de períodos de 10 minutos com incidência superior a 10 alarmes</b>	< 1	
<b>Número máximo de alarmes em um período de 10 minutos</b>	< 10	
<b>Percentual de tempo em que o sistema de alarmes permanece em condição de avalanche</b>	< 1%	
<b>Contribuição percentual dos 10 alarmes mais frequentes em relação ao total de alarmes</b>	< 1% no máximo 5%	
<b>Quantidade de alarmes intermitentes</b>	Zero	

Indicadores de desempenho de alarmes	
Métrica	Referência
Quantidade de alarmes obsoletos	Menos de 5 por dia
Distribuição de prioridade dos alarmes anunciados	80% baixa, 15% média, 5% baixa, 1% alta
Supressão não autorizada de alarmes	Nenhum alarme deve ser suprimido sem autorização e controle
Mudança não autorizada de atributos de alarmes	Nenhum atributo deve ser modificado sem mecanismos de autorização ou gestão de mudanças

Fonte: adaptado de HOLLIFIELD (2011, p.71).

Através da análise desses KPIs, a norma EEMUA 191 propõe uma avaliação do nível de desempenho do sistema ou processo. A figura 6 mostra um quadro de classificação de acordo com as taxas média e máxima de alarmes em períodos de 10 minutos e a porcentagem de tempo em que a taxa de alarmes ultrapassou o limite.

FIGURA 6 – CLASSIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE ALARMES.



Fonte: Logique Sistemas (2018).

A utilização de tecnologias para acompanhamento e melhoria do desempenho do sistema de alarmes em tempo real, por meio da aplicação de gerenciamento de alarmes, permite elevar o desempenho do sistema de alarmes. Além disso, a aplicação integral das

considerações explícitas nas normas ISA 18.2 e EEMUA 191, permite um alto grau de confiança para detectar e entender todos os alarmes, minimizando quaisquer impactos que possam afetar a qualidade do serviço oferecido (LOGIQUE, 2018).

### **2.3 Problemas comuns**

O SEP é essencial para propiciar o fornecimento adequado de qualidade, confiável e sem interrupções de energia elétrica, sendo as subestações elétricas primordiais em todo o sistema elétrico de potência, responsáveis pela operação e manobra de uma forma confiável e segura (PAREDES, 2012).

A ocorrência de alguns distúrbios no sistema elétrico pode causar a transferência do sistema para o estado de emergência. Tais alterações espontâneas de configurações da rede elétrica ou faltas severas, irregularidades de equipamentos, transgressão de limites operativos ou de tensão, são comunicadas ao operador através de alarmes. Nesse contexto, o objetivo dos operadores é manter o sistema no estado de operação normal, sob circunstâncias perfeitamente previstas, por meio do reconhecimento imediato da situação do sistema, equipamentos, medições e sinalizações de alarmes. (PAREDES, 2012).

Assim, qualquer informação incorreta pode acarretar ações errôneas, dificultando a resposta do operador, prejudicando a eficiência e segurança operacional (PAREDES, 2012). Um problema comum está relacionado à alteração de parâmetros operacionais após uma mudança de estado no processo. Por conta disso, são gerados muitos alarmes desnecessários e redundantes ao operador. Esse fenômeno é classificado como uma avalanche de alarmes, apresentando ao operador mais de 10 alarmes em um período de 10 minutos, geralmente resultantes de uma mesma causa raiz. Esse tipo de evento agrava e dificulta a ação da operação, quando gerado algum distúrbio no processo ou sistema (WANG, 2015).

A mudança de parâmetros operacionais, após uma mudança de estado no processo, podem causar impactos em cadeia no sistema, resultando em muitos alarmes desnecessários e redundantes. Esse fenômeno é classificado como uma avalanche de alarmes, apresentando ao operador mais de 10 alarmes em um período de 10 minutos,

geralmente resultantes de uma mesma causa raiz. Esse tipo de evento agrava e dificulta a ação da operação, quando gerado algum distúrbio no processo ou sistema (WANG, 2015).

Os alarmes intermitentes ou *chattering alarms* são considerados os maiores contribuintes para o sobrecarregamento do sistema de alarmes e para o operador, operando e normalizando pelo menos três vezes em um minuto. Quando um alarme opera e normaliza muito rapidamente de maneira que o operador não consegue agir sobre ele, o alarme é classificado como *fleeting alarm*, uma subcategoria de alarme intermitente, em que o alarme não necessariamente repete (HOLLIFIELD, 2011). A figura 7 exemplifica uma situação de alarmes intermitentes.

FIGURA 7 - EXEMPLO DE TELA COM ALARMES INTERMITENTES.

Timestamp	Nome do Ponto	Estado	Máxima Severidade
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase A	Operado / Normalizado	Urgencia
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase B	Operado / Normalizado	Urgencia
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase C	Operado / Normalizado	Urgencia
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase A	Operado / Normalizado	Urgencia
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase B	Operado / Normalizado	Urgencia
12/01/2018 14:17:39	Falha alimentacao CA ventilacao fase C	Operado / Normalizado	Urgencia

Fonte: o autor (2018).

Outro problema comum apresentado ao operador são os alarmes contínuos ou obsoletos. Tais alarmes permanecem atuados na tela de supervisão continuamente por mais de 24 horas, interferindo na habilidade do operador de detectar e responder apropriadamente a alarmes novos e significantes, não apresentando qualquer informação relevante ao operador. A causa comum para tais alarmes é devido a configuração e implementação inadequados fora dos princípios e parâmetros indicados nas normas e filosofia de alarmes (WANG, 2015).

## 2.4 Técnicas

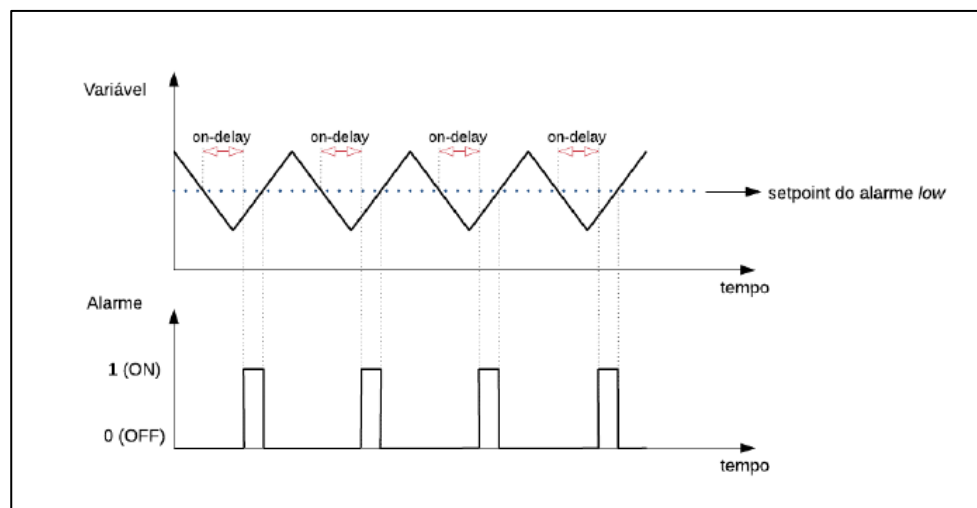
Alarmes intermitentes são os mais comuns entre os alarmes e contabilizam quase 60% das sinalizações, tornando-se uma grande fonte de distração para o operador. Isso afeta negativamente a eficiência da operação, uma vez que há mais sinalizações de alarmes do que o operador é capaz de responder prontamente,

principalmente devido ao grande número de alarmes inconvenientes. Assim, sistemas de alarmes são ferramentas críticas para garantir a segurança e eficiência nos processos e operação no setor elétrico e em plantas industriais (WANG, 2014).

Entre as técnicas altamente reportadas em pesquisas para solucionar problemas de sinalizações de alarmes inadequados destacam-se as técnicas *delay* (atraso) e *deadband* (banda morta). Esses recursos são empregados para evitar que ruídos e pequenas variações gerem alarmes falsos e confundam o usuário do sistema. Para verificar a necessidade de utilização destes recursos, deve-se analisar se o histórico de alarmes contém alarmes que são disparados e voltam ao seu estado inativo em um espaço muito curto de tempo (CONTRERAS, 2017).

A metodologia empregada pela técnica *ON-delay* é baseada no período de duração do alarme, ou seja, o tempo entre sua atuação e normalização. Com base nesse valor, utiliza-se uma temporização que seja capaz de suprimir a maioria das sinalizações indevidas. Assim, se o período em que o alarme ficou operado superar o tempo configurado pelo *ON-delay*, então o alarme será sinalizado ao operador. A técnica é bastante eficaz para supressão de alarmes intermitentes, ou seja, que operam e normalizam muito rapidamente se qualquer reconhecimento e ação do operador (CONTRERAS, 2017). A figura 8 demonstra o funcionamento da técnica *ON-delay*.

FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DA TÉCNICA *ON-DELAY*.



Fonte: Contreras (p. 16, 2017).

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho, de maneira a contemplar os objetivos do proposto, são descritos nas subseções que seguem.

#### 3.1 Pré-tratamento de dados e classificação

Os dados de alarme utilizados para as análises realizadas neste trabalho são oriundos do *datalog* armazenado no sistema de supervisão e controle, onde todos os eventos são registrados e armazenados. Os mesmos foram coletados com o auxílio do auditor de alarmes, uma ferramenta desenvolvida em Excel para atividades internas da empresa Eletrosul na área de operação do sistema. A série de dados obtidas consiste em registros coletados num período de 3 meses, a partir de 15 de julho até de 15 de outubro de 2018, para um dos centros regionais que abrange 11 subestações.

A figura 9 exemplifica a tela principal do auditor de alarmes, onde é configurada a entrada de dados, por meio da seleção do período de análise e centro regional.

FIGURA 9 – AUDITOR DE ALARMES.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Ações</b>	Importar ALR	Gerar Relatório	Limpar ALR	<b>DOS/DVOS/SECOI</b>				
2	<b>Endereço</b> Fonte ALR	<a href="http://eletrosul.gov.br/sede/Dpca/Dpca-saget/Arquivos/_CCA\ColetaLogst\Arquivos">http://eletrosul.gov.br/sede/Dpca/Dpca-saget/Arquivos/_CCA\ColetaLogst\Arquivos</a>							
3	<b>Endereço</b> Fonte Base	<a href="http://eletrosul.gov.br/sede/Dpca/Dpca-saget/Arquivos/_CCA\BackupAutomatico\Arquivos">http://eletrosul.gov.br/sede/Dpca/Dpca-saget/Arquivos/_CCA\BackupAutomatico\Arquivos</a>							
4	<b>Gravar Base no Computador?</b>	Não	Caranto por gravar a base no computador, a planilha criará uma estrutura de pastas com os bases OCR, PDS, PAS e PTS na diretória da planilha. A opção "Sim-Backup" buscará as bases na histórica conforme a período de importação configurada. A classificação iniciará com a base da data inicial, porém, caso a número de alarmes com erro de classificação ultrapassar o limite em um determinado dia, a base da último dia do período passará a ser utilizada.						
5									
6	<b>Data Inicial</b>	15/07/2018			<b>Erro para Classificação</b>				
7	<b>Data Final</b>	15/10/2018			0.50%				
8									
9	<b>Tipo de Relatório</b>	Completo							
10									
11	<b>Centro</b>	<b>Lista de Servidores</b>	<b>Tipo do ALR</b> <small>Ordem das colunas</small>	<b>Update SAGE</b>	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
12		serv4,serv1,serv2	HIDE	27	180759	2329	1357	1365	1647

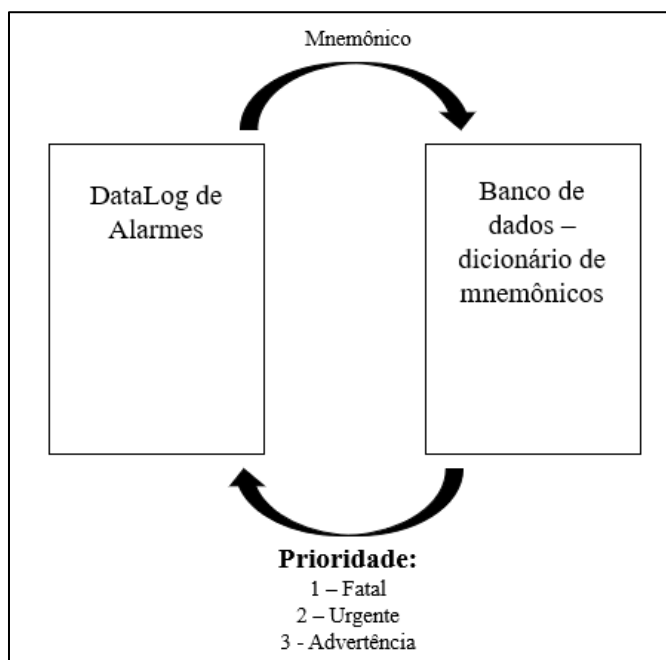
Fonte: Eletrosul S.A. (2018).



Após extrair os dados do *datalog* do sistema supervisório, foi realizado um pré-tratamento que consiste simplesmente em aplicar filtros para selecionar informações de interesse para análise, eliminando quaisquer dados irrelevantes.

Para a classificação de prioridade de cada evento sinalizado, foi utilizada uma função pré-definida do Excel, que seleciona o classificador mnemônico do alarme sinalizado e o associa a sua prioridade na biblioteca de mnemônicos do banco de dados, já definida nas etapas de projeto e implementação do sistema de alarmes. Um exemplo desse procedimento é mostrado na figura 10.

FIGURA 10 – PROCEDIMENTO DE PRÉ-TRATAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADES.



Fonte: o autor (2018).

Segundo a filosofia definida pela empresa, existem três classificadores principais de prioridade para alarmes. Dependendo da gravidade e resposta do operador, o alarme pode ser sinalizado como fatal, no caso mais severo, urgente ou apenas como uma advertência, não requerendo resposta imediata da operação. Essa classificação é importante para as etapas de análise, uma vez que a aplicação da temporização é apenas adequada para alarmes urgentes ou de advertência,

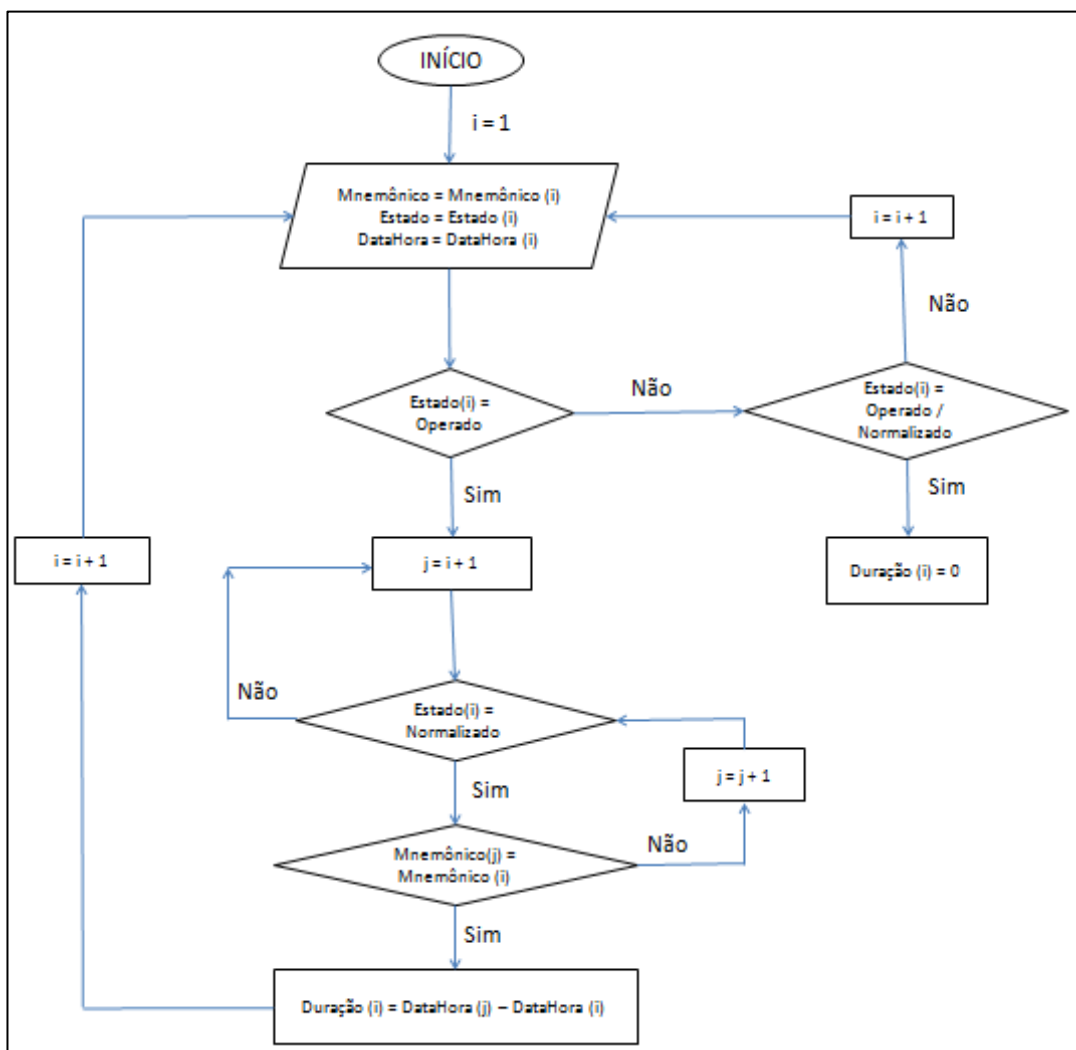
considerados os casos mais comuns de intermitência e avalanche de alarmes. Os alarmes fatais tem obrigatoriedade de sinalização, portanto a técnica *ON-delay* não terá efeito sobre estes.

### **3.2 Técnica *ON-delay*: cálculo da duração de alarme**

A duração duração em que um alarme permanece sinalizado para o operador é a informação principal para projetar um temporizador *ON-delay*. Geralmente, alarmes intermitentes operam e normalizam em curto espaço de tempo, e em alguns casos, até mesmo no mesmo instante. Nesses casos, algumas causas podem ser consideradas como anormalidades nas condições sistêmicas no momento, mal funcionamento de equipamentos e sensores ou pobre configuração dos parâmetros de medição para a atuação de uma alarme.

Para determinação desse parâmetro, foi utilizada uma série de funções pré definidas do excel, que auxiliaram no cálculo da duração de um alarme. O procedimento de cálculo é realizado conforme o fluxograma apresentado na figura 11.

FIGURA 11 - PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA DURAÇÃO DE ALARMES.



Fonte: O autor (2018).

O algoritmo toma como referência o momento em que o evento foi sinalizado como “Operado”, no caso de alarmes configurados como Pontos Digitais do SAGE (PDS) ou “Ultrapassou” para Pontos Analógicos do SAGE (PAS). Com base nesse parâmetro, a função procura o próximo evento de normalização, conforme os indicadores “Normalizado” e “Retornou”, associado a esse mesmo alarme e efetua o cálculo de tempo de atuação do mesmo. A função identifica os eventos intermitentes sinalizados ao operador como “Operado / Normalizado”, ou seja, que operam e normalizam no mesmo instante, e atribui o valor zero. A figura 12 demonstra o procedimento de cálculo efetuado pelo algoritmo desenvolvido.

FIGURA 12 – PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE ALARMES.

**Análise de Frequência para alarmes intermitentes**

DURAÇÃO:  
"Tempo de atuação"

	TimeStamp	Estado
┌┐	19/03/18 17:25:02	OPERADO
	19/03/18 17:25:05	NORMALIZADO
┌┐	19/03/18 17:25:06	OPERADO
	19/03/18 17:25:07	NORMALIZADO
┌┐	19/03/18 17:25:08	OPERADO
	19/03/18 17:25:08	NORMALIZADO
┌┐	19/03/18 17:25:19	OPERADO
	19/03/18 17:25:20	NORMALIZADO
┌┐	19/03/18 17:25:22	OPERADO
	19/03/18 17:25:24	NORMALIZADO

Fonte: adaptado de Hollifield (p. 116, 2011).

### 3.3 Análise para determinação da temporização *ON-delay*

Para determinação do parâmetro de temporização *ON-delay* adequado para melhor otimização do sistema de alarmes, foram considerados dois cenários distintos em relação a temporização. O primeiro caso considerou um valor de atraso diferente para cada nível de prioridade, urgente ou advertência. O segundo, determina valor único, independente da prioridade do alarme. Esses cenários são importantes, uma vez que a escolha adequada de temporização deve ser a mínima possível, porém ao mesmo tempo suficiente para eliminar a maioria das sinalizações inapropriadas ao operador. Essa análise só é possível com base em uma distribuição de frequência dos tempos de atuação de cada alarme no período selecionado para esta análise.

Assim, foi utilizado uma ferramenta de análise de dados do excel para construir diagramas de Pareto, que consiste, basicamente, em um gráfico de barras onde as ocorrências são ordenadas por frequência em ordem decrescente. O uso dessa ferramenta estatística permite, com o auxílio de curvas de porcentagem acumuladas, visualizar e identificar os problemas mais importantes, por meio de uma análise qualitativa.

Dessa maneira, foram considerados os diagramas para os alarmes de advertência e urgentes separadamente e um outro onde ambos os níveis de prioridade foram analisados. Com base na porcentagem relativa de diminuição da quantidade de alarmes escolheu-se o valor de temporização mais apropriado e calculou-se a quantidade de alarmes eliminados. Os dois cenários foram então comparados para determinara aplicação de temporização por prioridade ou uma temporização absoluta.

### **3.4 Indicadores de desempenho**

Para o cálculo dos indicadores de desempenho, foi considerado o número total de sinalizações de alarmes urgentes, de advertência e fatais, levando em conta sua distribuição média no período analisado, ou seja 93 dias. O mesmo procedimento foi utilizado após aplicar o valor de temporização *ON-delay*, calculado na etapa anterior, para a mesma amostra de dados. Com essas informações, foi possível analisar e comparar os indicadores de desempenho do sistema em relação aos valores de referência sugeridos pelas normas internacionais para gerenciamento de alarmes. Nessa etapa, foram avaliados a contribuição percentual dos 10 alarmes mais frequentes em relação ao total de alarmes, quantidade de alarmes por dia, alarmes por hora e alarmes por período de 10 minutos.

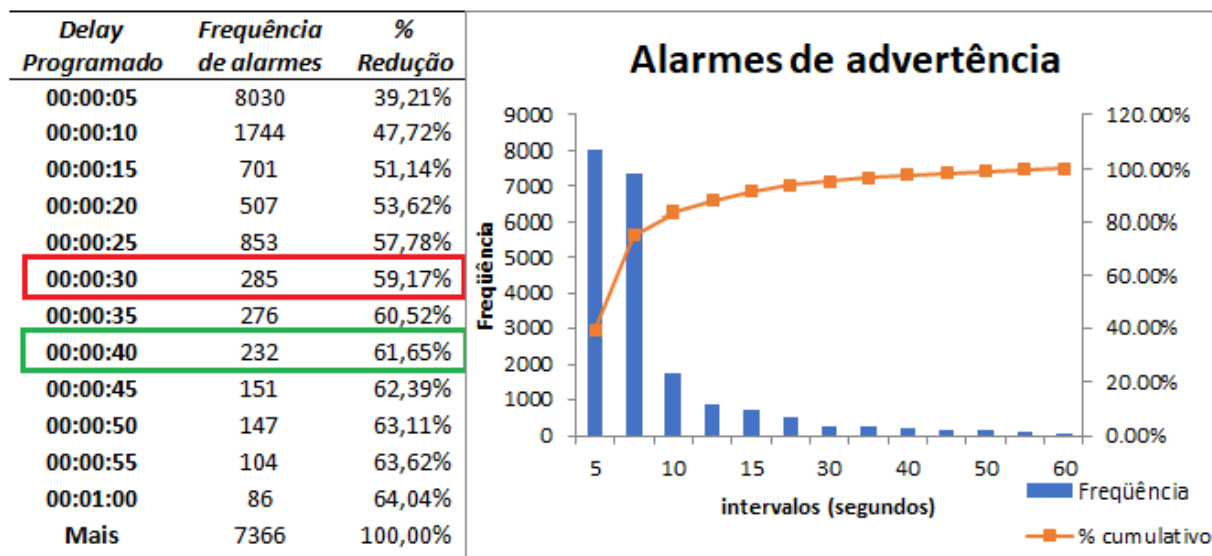
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A aplicação da técnica para redução de alarmes sinalizados inapropriadamente no contexto de supervisão e controle de subestações de energia é muito válida para se atingir os padrões de eficiência e segurança operacional.

Assim, uma forma de avaliar a eficiência da técnica *ON-delay* consiste na determinação de indicadores de desempenho, uma vez que eles servem como parâmetro para um problema principalmente quantitativo, uma vez que a sobrecarga do sistema de alarmes resulta em prejuízos na tomada de decisões para o operador e eventuais consequências para a operação em geral.

Primeiramente, a determinação do valor de temporização *ON-delay* envolveu a análise dos diagramas de Pareto e tabelas de frequência, conforme disposto nas figuras 13, 14 e 15. O primeiro cenário analisado, sinalizado por um retângulo vermelho, consistiu em verificar a redução geral considerando uma temporização relativa ao nível de prioridade do alarme. Para os alarmes de advertência, foi possível verificar que não houve mudança significativa na redução de alarmes de advertência para sinalizações superiores a 30 segundos de duração, correspondendo a aproximadamente 60% da quantidade total de alarmes nesse nível de prioridade. A figura 13 mostra esses valores.

FIGURA 13 - FREQUÊNCIA DOS ALARMES DE ADVERTÊNCIA.



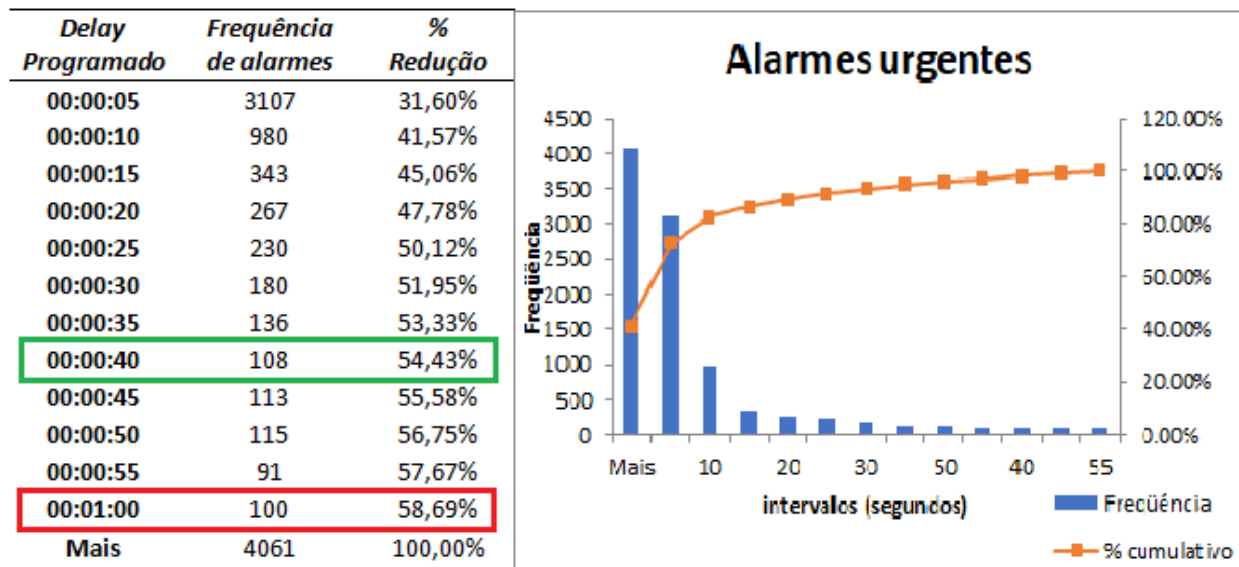
Fonte: O autor (2018).

Similarmente, conforme apresentado na figura 14, a mesma análise sugere que é possível alcançar reduções de até 60% na quantidade total de alarmes urgentes com um delay de no máximo 1 minuto. No entanto, valores altos para temporização de

atraso não são recomendados segundo o ANSI/ISA 18.2, pois põem em risco a integridade do sistema e equipamentos, em casos mais severos.

Considerando esse primeiro cenário, onde os valores de temporização *ON-delay* são configurados com durações distintas para atender a máxima redução em cada nível de prioridade, verificou-se uma diminuição geral de aproximadamente 60% na quantidade de alarmes.

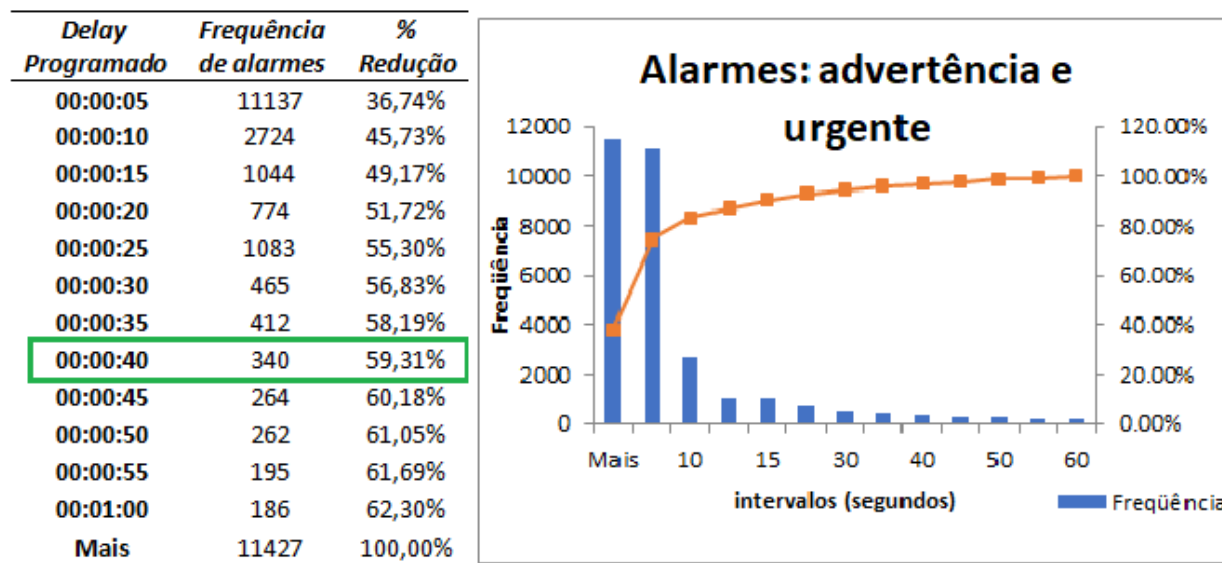
FIGURA 14 - FREQUÊNCIA DOS ALARMES URGENTES.



Fonte: O autor (2018).

Para concluir a análise e definir o delay apropriado com base no perfil histórico geral dos alarmes, foi necessário avaliar o comportamento do sistema como um todo, considerando tanto alarmes urgentes quanto de advertência. O diagrama de frequência sugeriu que o valor mínimo de atraso para a máxima redução seria 40 segundos, conforme figura 15.

FIGURA 15 - FREQUÊNCIA DOS ALARMES POR DURAÇÃO.



Fonte: O autor (2018).

Dessa forma, adequando o atraso para 40 segundos para ambos os níveis de prioridade, verifica-se praticamente o mesmo percentual de redução geral, sendo, portanto, o valor escolhido.

O quadro 2 resume os valores médios calculados dos indicadores de desempenho para o sistema de alarmes atual e após aplicar a técnica de redução de alarmes *ON-delay*, durante os 3 meses considerados na análise. Com base nas informações dispostas nesse quadro, é possível então traçar um comparativo entre o desempenho do sistema de alarmes atual e após a temporização. Os valores de referência listados no quadro auxiliam na análise do desempenho do sistema de alarmes.



QUADRO 2 – INDICADORES DE DESEMPENHO

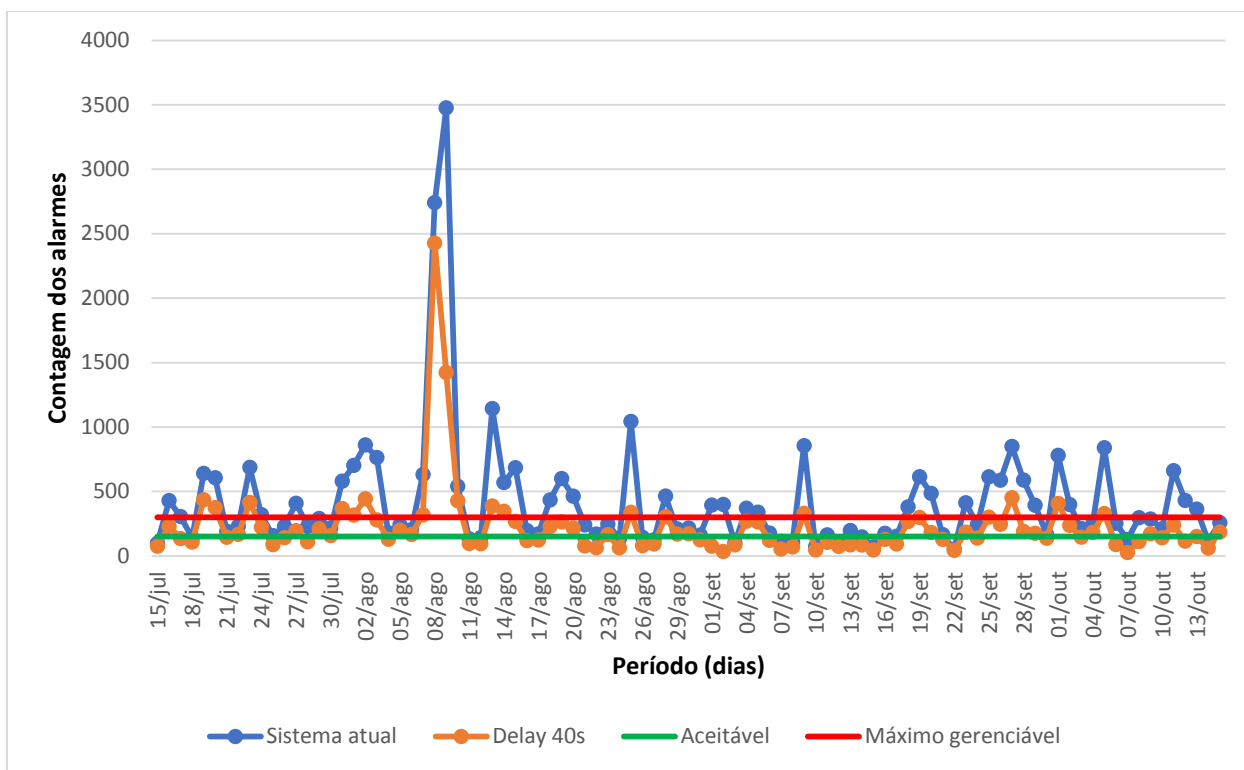
<b>Indicadores de Desempenho – KPI's</b> <b>Período analisado: 15/07 a 15/10</b>				
<b>Centro Regional</b>	<b>Total</b>	<b>Alarmes por dia</b>	<b>Alarmes por hora</b>	<b>Alarmes por intervalos de 10 minutos</b>
<b>Referência</b>		<b>Mínimo – 150 Máximo – 300</b>	<b>Mínimo – 6 Máximo – 12</b>	<b>Mínimo – 1 Máximo – 2</b>
<b>Sistema atual</b>	38733	426,48	17,35	2,89
<b>Sistema delay</b>	20755	223,17	9,30	1,55
<b>Redução percentual</b>	46,42%	47,67%	46,40%	46,37%

Fonte: o autor, 2018.

Com base nesses valores, é evidente uma redução acentuada nos valores absolutos de alarmes, incluindo fatais, urgentes e de advertência, representando aproximadamente 46,42%. Além disso, após a aplicação da temporização *ON-delay*, o sistema passa de um estado crítico acima do máximo gerenciável para região intermediária próxima aos valores de referência para o mínimo aceitável. Dessa forma, com a aplicação da técnica é possível melhorar o desempenho do sistema de alarmes para atingir os valores próximos ao de referência.

Em uma análise mais detalhada sobre o indicador de desempenho de alarmes por dia, é possível comparar o perfil de atuação dos alarmes antes e depois da aplicação da técnica *ON-delay* ao longo de todo o período analisado. Na figura 16, as retas servem como parâmetros para comparar a taxa de atuação diária em relação aos níveis máximo gerenciável e máximo aceitável, dispostos na norma ANSI/ISA 18.2. É notória a redução de alarmes por dia acima do valor de referência para a quantidade máxima gerenciável.

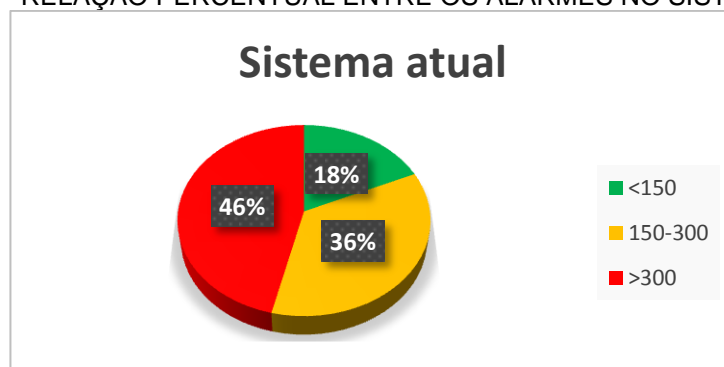
FIGURA 16 – ALARMES POR DIA.



Fonte: O autor (2018).

As figuras 17 e 18 mostram a distribuição dos alarmes no sistema atual em relação aos valores de referências. Na figura 17, é possível verificar uma porcentagem considerável de dias, durante o período de 93 dias considerado, em que o sistema apresenta mais de 300 sinalizações de alarmes ao operador, representando um problema de sobrecarga que pode prejudicar as atividades da operação.

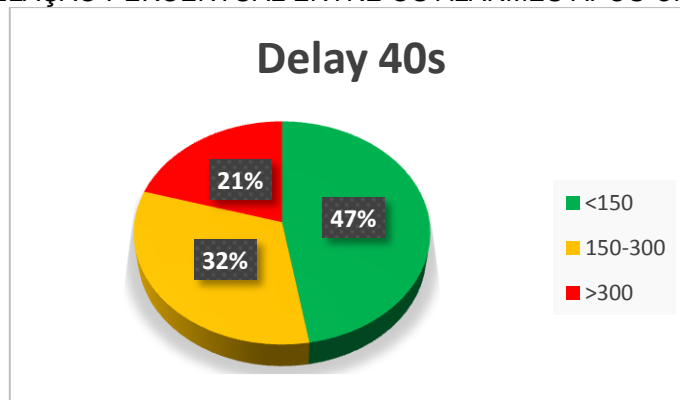
FIGURA 17 - RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE OS ALARMES NO SISTEMA ATUAL.



Fonte: O autor (2018).

No entanto, após aplicação da técnica on-delay, há um aumento acentuado de dias em que houve menos de 150 atuações, representando um ganho em eficiência em relação a carga de alarmes ao operador por dia, melhorando as atividades de gerenciamento de eventos. A figura 18 sumariza esses resultados.

FIGURA 18 - RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE OS ALARMES APÓS ON-DELAY.



Fonte: O autor (2018).

A tabela 1 apresenta a listagem dos alarmes mais frequentes para a análise da contribuição percentual dos 20 alarmes mais frequentes em relação ao total de alarmes.

TABELA 1 – ALARMES MAIS FREQUENTES.

20 Alarmes mais frequentes		
ID Alarme	Descrição ID	Contagem
JLA_SA125-RET1-2_ALCR.A	Alarme Crítico	1701
FLO_TF3_TEN2.E	Alta Temperatura Enrolamento Estágio 2	1077
BIG_CS751_FACA.A	Falha Alimentação CA	1074
JLA_DJ552_FACA.A	Falha Alimentação CA	1068
ITA_LTPCS_FTOM.A	Falha Equipamento Tom	1065
FLO_TF3_TOO2.E	Alta Temperatura Óleo Estágio 2	1060
ITA_BA1-69_KVBC	Tensão Fase BC	721
BIG_CS873_FACA.A	Falha Alimentação CA	626
PAL_BAP-138_KVBC	Tensão Fase BC	615
BLU_SINC-525_VA25.E	Tensão Fora de Ajuste	588

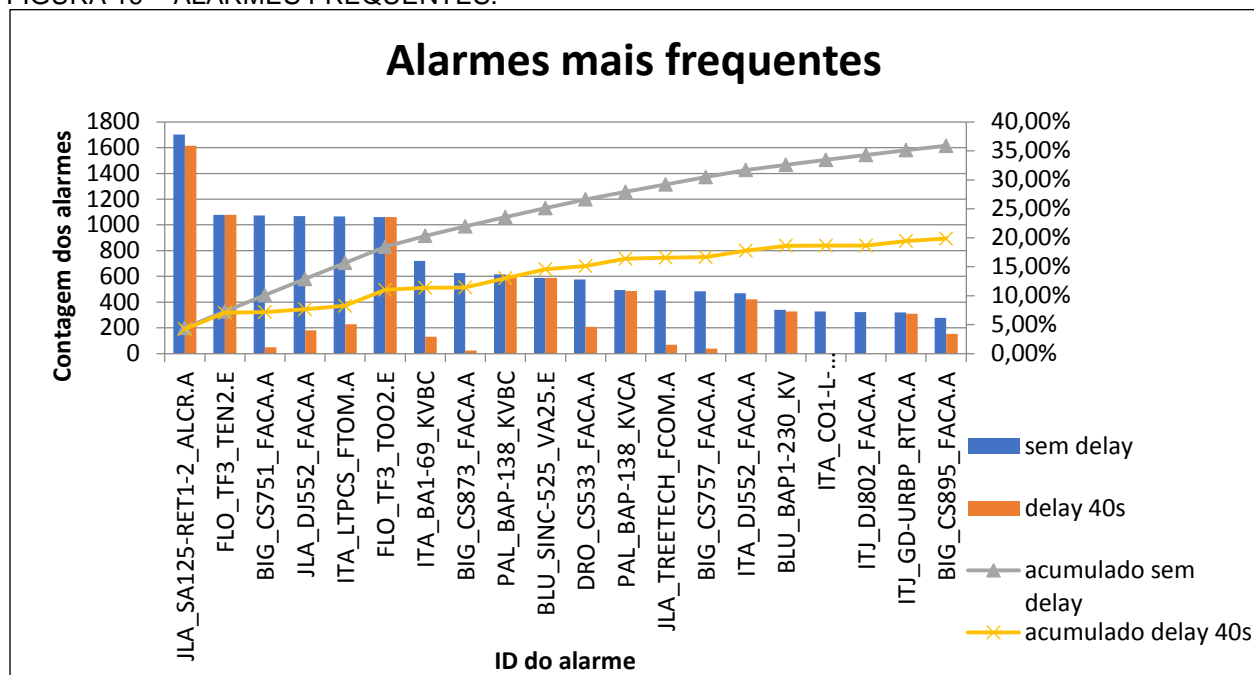
DRO_CS533_FACA.A	Falha Alimentação CA	577
PAL_BAP-138_KVCA	Tensão Fase CA	493
JLA_TREETECH_FCOM.A	Falha Comunicação	491
BIG_CS757_FACA.A	Falha Alimentação CA	485
ITA_DJ552_FACA.A	Falha Alimentação CA	470
BLU_BAP1-230_KV	Tensão	339
ITA_CO1-L-	Nível Muito Baixo Água	327
OPOSTO_NMBA.A		
ITJ_DJ802_FACA.A	Falha Alimentação CA	322
ITJ_GD-URBP_RTCA.A	Falha Alimentação CA Retificador	321
BIG_CS895_FACA.A	Falha Alimentação CA	278

Fonte: Oautor, (2018).

De maneira geral, o problema de intermitência de alarmes pode estar aliada a configuração de parâmetros ou condição sistêmica transitória brusca nos terminais do equipamento. Assim, uma análise mais detalhada deve ser realizada com base nos projetos funcionais e lógicos.

Com base nesses valores, foi possível avaliar a eficiência da técnica *on-delay* em relação aos alarmes que mais atuaram. Após a aplicação de um delay de 40 segundos, os 10 alarmes mais frequentes passaram a representar cerca de 15% da carga total de alarmes apresentadas ao operador, em relação aos aproximadamente 25% do sistema atual, enquanto que o indicador de desempenho para este parâmetro sugere uma contribuição de no máximo 5% para os 10 alarmes mais comuns no sistema. A figura 19 apresenta essa comparação

FIGURA 19 – ALARMES FREQUENTES.



Fonte: O autor (2018).

O maior impacto de alarmes intermitentes para o operador se dá em uma situação de emergência, como no caso de um desligamento na rede, por exemplo. Nesse caso, o excesso de informações irrelevantes podem atrapalhar o reconhecimento e ação do operador ante a ocorrência. Tais condições de excesso podem ser resultado de condições sistêmicas anormais na rede, equipamentos defeituosos ou ainda alguma parametrização errada do ponto do alarme.

Portanto, para uma última análise, foi aplicada a técnica para uma ocorrência de desligamento ocorrido em 26 de fevereiro de 2018, às 16h42m, havendo desarme de duas linhas de transmissão simultâneas de 138 kV, JLA LT BJS e JLA LT OAS, com religamento automático, que atendem uma das subestações operado por um dos centros regionais de controle. Essa análise foi aplicada para averiguar e atestar a eficiência da técnica on-delay na melhoria do sistema de alarmes durante uma ocorrência.

A figura 20 mostra os eventos transcorridos durante o desligamento que durou 5 segundos. É possível identificar a característica intermitente dos alarmes

de advertência e urgentes, obstruindo de certa forma a visão do operador quanto a ocorrência.

FIGURA 20 – ALARMES NO SISTEMA ATUAL.

TimeStamp	Nome do Ponto	Estado	Máxima Severidade
26/02/2018 16:42:37	Estado	Aberto	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Estado	Aberto	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Disparo protecao	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Disparo protecao	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CC	Operado / Normalizado	URGEN
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CC	Operado / Normalizado	URGEN
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:37	Subtensao 27	Operado / Normalizado	URGEN
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CC circuito comando	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:37	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:37	Subtensao 27	Operado / Normalizado	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia inferior (135.20)	ADVER
26/02/2018 16:42:40	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia inferior (136.81)	ADVER
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase A	Ultrapassou urgencia superior (374.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase B	Ultrapassou urgencia superior (346.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase A	Ultrapassou urgencia superior (230.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase B	Ultrapassou advertencia superior (216.00)	ADVER
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase A	Ultrapassou urgencia superior (376.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase B	Ultrapassou urgencia superior (338.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase A	Ultrapassou urgencia superior (230.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:40	Corrente fase B	Ultrapassou urgencia superior (221.00)	URGEN
26/02/2018 16:42:41	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Falha alimentacao CA	Operado / Normalizado	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Falha ventilacao grupo 1	Operado / Normalizado	URGEN
26/02/2018 16:42:41	Religamento automatico 79	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:41	Religamento automatico 79	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia superior (141.89)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase BC	Ultrapassou advertencia superior (142.64)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase CA	Ultrapassou advertencia superior (141.45)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia superior (142.34)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase BC	Ultrapassou advertencia superior (142.44)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase CA	Ultrapassou advertencia superior (141.84)	ADVER

Fonte: O autor (2018).

Após a aplicação do *delay* de 40 segundos, o número de sinalizações durante o desligamento caiu de 37 para 14, representando uma diminuição de aproximadamente 62%, um ganho considerável em relação ao sistema atual. A figura 21 mostra o comportamento do sistema de alarmes após aplicação da técnica em um desligamento na rede.

FIGURA 21 – OCORRÊNCIA APÓS APLICAÇÃO DA TEMPORIZAÇÃO *ON-DELAY*.

TimeStamp	Nome do Ponto	Estado	Máxima Severidade
26/02/2018 16:42:37	Estado	Aberto	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Estado	Aberto	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Disparo protecao	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:37	Disparo protecao	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:40	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia inferior (135.20)	ADVER
26/02/2018 16:42:40	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia inferior (136.81)	ADVER
26/02/2018 16:42:41	Religamento automatico 79	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:41	Religamento automatico 79	Operado / Normalizado	FATAL
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia superior (141.89)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase BC	Ultrapassou advertencia superior (142.64)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase CA	Ultrapassou advertencia superior (141.45)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase AB	Ultrapassou advertencia superior (142.34)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase BC	Ultrapassou advertencia superior (142.44)	ADVER
26/02/2018 16:42:42	Tensao fase CA	Ultrapassou advertencia superior (141.84)	ADVER

Fonte: O autor (2018).

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a aplicação da técnica de temporização de atraso *ON-delay* em dados históricos de alarmes provenientes do sistema de supervisão e controle de um conjunto de subestações de energia, com o intuito de analisar os indicadores de desempenho do sistema com a aplicação da metodologia.

Com base nas análises, a técnica mostrou-se suficiente para aliviar a sobrecarga do sistema de alarmes e auxiliar a tomada de decisões da operação. Apesar de demonstrar ganhos relevantes no desempenho, conforme apresentado pelos indicadores calculados, a técnica mostra-se eficaz apenas para alarmes intermitentes, preferencialmente para um sistema em que o perfil de atuação é inferior a 1 minuto.

A técnica *ON-delay* visa um tratamento comportamental do alarme sem, no entanto, apontar sua causa raiz ou um padrão de intermitência. Embora a aplicação apropriada da metodologia possa trazer benefícios evidentes para a melhoria do desempenho do sistema de alarmes, uma investigação mais a fundo deve ser realizada. Nesse caso, uma análise de ocorrência abordaria processos subjacentes e as causas mecânicas de equipamentos ou condições sistêmicas da rede, como uma solução mais pontual. No entanto, tal procedimento envolve altos custos, tempo e mão de obra especializada. Assim, técnicas simples, porém eficientes, para tratamento de alarmes, são uma ótima ferramenta para uma solução rápida e eficaz.

A aplicação do gerenciamento de alarmes é um processo contínuo, sendo essencial a identificação de possíveis melhorias no sistema de alarmes integrado ao sistema supervisório. Uma das maiores dificuldades da operação no setor elétrico é garantir que o operador execute suas funções com segurança e eficiência. Tal problema é agravado devido altas taxas de sinalizações de alarmes, o que pode significar sérios riscos ao sistema, como em um caso de ocorrência de desligamento.

Portanto, este trabalho demonstrou a importância da utilização de ferramentas de temporização associadas a metodologia de gerenciamento de alarmes para promover melhorias, por meio da implementação desse recurso no sistema supervisório de alarmes. Como sugestões para propostas de continuidade desse estudo, sugere-se a aplicação de técnicas complementares, como a *OFF-delay* e *deadband*, e comparar as condições de melhorias no sistema de alarmes com base nas três técnicas.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, L. H. B. **Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão em Subestações de Energia Elétrica: uma Visão Geral**. 2013, 72 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CEPEL. **Supervisão e Controle de Sistemas Elétricos em Tempo Real**. Eletrobrás, 2017. Disponível em <<http://www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/menu/supervisao-e-contr-ole-de-sistemas-eletricos-em-tempo-real.htm>> Acesso em 01 de Agosto de 2018.

CONTRERAS, I. S. **Gerenciamento de Alarmes em Plantas Industriais**. 2017, 91 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Automação e Controle), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

GOEL, P., DATTA, A., MANNAN, M.S. Industrial alarm systems: Challenges and opportunities. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries** (2017).

HOLLIFIELD, B. R., HABIBI, E. **Alarm Management: A Comprehensive Guide**. International Society of Automation (ISA), 2 ed., North Carolina, 2011.



LOGIQUE, Inteligência em Sistemas. **Sistemas de gerenciamento de alarmes: quais KPIs acompanhar para garantir alta performance?**. [online] Disponível em <<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/sistema-de-gerenciamento-de-alarmes/>> Acesso em 29 de agosto de 2018.

SAITO, K., COSTA, L. A., CARRERA, R. A. S., ROBERTSON, R., LEITÃO, G., SENA, J., OLIVEIRA, L. A. **Tratamento Avançado de Alarmes em Unidades Industriais – Práticas Atuais e Desafios**. 2 Congresso de Instrumentação, Controle e Automação da Petrobrás (CICAP).

SANTOS, A. K. **Metodologia Inteligente para o Diagnóstico de Alarmes em Sistemas Elétricos de Potência**. 2012, 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, L. B., GARGHETTI, A. L., DAMETTO, J. L., SANTOS, T. L., MAGRI, A. F., PAGHI, C. E. COELHO, L. G., PEREIRA, V. P., SANTOS, A. L., FLORES, G. H., ALEXANDRINO, M. **Gerenciamento de Alarmes na Eletrosul**. XXIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Curitiba, 2017.

WANG, J., CHEN, T. An Online Method to Remove Chattering and repeating Alarms based on Alarm Durations and Intervals. **Computers and chemical Engineering**, ed. 67, p. 43 – 52, 2014.

WANG, J., YANG, F., CHEN, T., SHAH, S. L. An Overview of Industrial Alarm Systems: Main Causes for Alarm Overloading, Research Status, and Open Problems. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering** (2015).

PAREDES, A. E. R. O. **Integração de Sistemas de Supervisão, Proteção e Automação de Subestações de Energia Elétrica**. 2002, 215 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Automação e Sistemas Elétricos Industriais), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela sabedoria e força para enfrentar todos os desafios durante minha graduação.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por ter proporcionado desafios e oportunidades que me garantiram uma formação técnica de qualidade.

Ao meu orientador, professor Dr. Luciano L. Pftischer pelo seu suporte e orientação durante a minha jornada acadêmica e em especial nesse trabalho. Muito obrigado por me incentivar e encorajar durante esse trabalho.

À Eletrosul Centrais Elétricas S.A., pelo fornecimento dos dados para este trabalho e pelo privilégio de poder fazer parte de uma das empresas líderes no setor elétrico durante meu estágio. Agradeço em especial meu supervisor, Eng. De Operação do sistema, Leonardo Berger da Silva, por todo auxílio, dedicação, tempo, conhecimento e inspiração para que eu pudesse fazer sempre meu melhor.

Aos meus amigos e companheiros de jornada na Eletrosul Centrais Elétricas S.A., pelos conselhos, conhecimento, inspiração e suporte.

Aos demais amigos, que acompanharam minha jornada acadêmica e pela companhia nos momentos que mais precisei. Muito obrigado!