

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores



O impacto da estruturação de dados operacionais em tempo real no comportamento do indivíduo na tomada da decisão

André Filipe Pinto de Almeida Soares

Dissertação submetida para aprovação da Dissertação do MIEEC
(Área de especialização de Energia)

Dissertação realizada sob a orientação de
Professora Doutora Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos
(Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
e
Engenheiro Helder Miguel Neves Ferreira, da EDP

Porto, Junho de 2008

AGRADECIMENTOS

Foi com grande apreensão, mas também, com enorme entusiasmo que, no passado mês de Março, dei início à presente dissertação a qual tem por finalidade a conclusão do tão almejado curso que me propus frequentar, convictamente, em 2003.

De forma gradual a apreensão foi-se dissipando e o entusiasmo foi aumentando exponencialmente, porque sempre pude contar com os preciosos ensinamentos da minha orientadora, Professora Doutora Maria Helena Vasconcelos e com a sua total disponibilidade para me receber, sempre que necessário, para me ajudar a eliminar os obstáculos que foram surgindo ao longo desta labuta intensa.

Paralelamente, o Engenheiro Helder Ferreira, meu orientador na EDP, também foi incedível na sua dedicação à minha causa, aconselhando-me sempre na busca das melhores soluções para a obtenção dos dados necessários para a realização deste trabalho e facultando-me todos meios disponíveis.

Para ambos, os meus sinceros agradecimentos e a certeza de que lhes ficarei, eternamente, reconhecido.

À minha família, especialmente ao meu pai, Armindo Soares e aos meus avós, Fernanda e Raul, o meu “muito, muito obrigado” pelo acompanhamento que sempre me proporcionaram, desde o ensino básico, criando-me todas as condições para que pudesse levar os meus propósitos a bom porto, dando especial ênfase à formação cívica.

Também à minha namorada, Joana, que está a passar por uma situação semelhante à minha, aos meus amigos de sempre, e às minhas atletas, quero agradecer todo o apoio e as palavras de incentivo que sempre me expressaram para que pudesse manter a motivação, tão necessária, para atingir os fins em vista.

Por fim, quero agradecer, da forma mais elevada e veemente, à minha mãe, Adelaide, que, lá no Céu, onde estará com certeza, me tem acompanhado e amparado em todos os actos da minha vida, com a sua mão, infinitamente, protectora.

Resumo

A concentração dos centros de condução deu origem à convergência de um elevado volume de informação. Este facto, ligado à redução de recursos humanos, aumentou a relação alarmes/operador.

Esta dissertação tem em vista a proposta de um modelo de suavização desta relação alarmes/operador.

Numa fase inicial, foi feito um estudo da estrutura de eventos e de alarmes. Este conhecimento foi a base para se conseguir obter a taxa de alarmes para os períodos pretendidos. Posteriormente fez-se uma análise às taxas de alarmes para o mês de Janeiro de 2008, no sentido de compreender a distribuição de alarmes pelas diversas áreas de rede, e a análise para dias perturbados no mesmo período para diferentes áreas de rede.

Numa fase seguinte, teve como base a previsão da taxa de alarmes para períodos de 15 minutos recorrendo a métodos de aprendizagem automática. É, então, explicada a metodologia aplicada na previsão, sendo de seguida, relatados os resultados obtidos com o treino de várias redes neuronais. É também realizada uma análise estatística aos resultados obtidos para uma das áreas.

Por fim, no sentido de resolver o problema do volume de informação, foi proposto um modelo de suavização do número de alarmes.

O trabalho de investigação, que conduziu à elaboração desta dissertação, decorreu, nas instalações da EDP, em Vila Nova de Gaia.

Palavras-Chave

Taxa de alarmes, Previsão de taxas de alarmes, modelo de suavização de alarmes.

ABSTRACT

The concentration of dispatch centres led to the convergence of a large volume of information. This, linked to the reduction of human resources, increased the ratio alarms / operator.

This dissertation is aimed at proposing a model of smoothing the relationship alarms / operator.

Initially, a study was performed regarding the structure of events and alarms. This knowledge was the basis to achieve the rate of alarms for the required periods of time. Later, an analysis was made of the alarm rates for the month of January 2008, in order to understand the distribution of alarms by the various network areas. The analysis for day disturbed day, was also performed for the same period of time in different network areas.

In a next phase, the prediction of the rate of alarms for periods of 15 minutes was performed using automatic learning methods. The methodology used to obtain these predictions is explained, and the results obtained with several neural networks are reported. A statistical analysis of the results was also conducted for one of de areas.

Finally a model of smoothing the number of alarms is proposed, in order to solve the high volume of information problem.

The research that led to the development of this dissertation was held at the premises at EDP, in Vila Nova de Gaia.

Keywords

Rate of alarms, forecasting of rates of alarms, model of smoothing the alarms

ÍNDICE

<u>AGRADECIMENTOS</u>	<u>III</u>
<u>RESUMO</u>	<u>V</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>VII</u>
<u>ÍNDICE</u>	<u>IX</u>
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	<u>XI</u>
<u>ÍNDICE DE TABELAS</u>	<u>XV</u>
<u>LISTA DE ABREVIATURAS</u>	<u>XVII</u>
<u>CAPITULO 1</u>	<u>1</u>
<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>1</u>
1.1 Considerações Gerais	1
1.2 Objectivos da Dissertação	2
1.2 Estrutura da Dissertação	2
<u>CAPITULO 2</u>	<u>3</u>
<u>ANÁLISE DAS TAXAS DE ALARMES DA EDIS</u>	<u>3</u>
2.1 Introdução	3
2.2 Estrutura dos dados	5
2.3 Análise	9
2.3.1 Análise à cadência de alarmes	9
2.3.2 Comparação da cadência AT com MT	17
2.3.3 Análise de um dia perturbado	26
2.4 Conclusões	29
<u>CAPITULO 3</u>	<u>31</u>
<u>PREVISÃO DA TAXA DE ALARMES RECORRENDO A MÉTODOS DE APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA</u>	<u>31</u>
3.1 Introdução	31
3.2 Metodologia adoptada	32
3.3 Apresentação de resultados	36
3.3.1 Resultados relativos à área Ave e Sousa	36
3.3.2 Resultados relativos às restantes áreas de rede	45
3.3.3 Análise estatística dos resultados da área Ave e Sousa	52

3.4 Conclusões	54
<u>CAPITULO 4</u>	<u>57</u>
<u>CONCLUSÃO</u>	<u>57</u>
4.1 Principais contribuições	57
4.2 Perspectivas de Desenvolvimento	58
<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>61</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>63</u>
ANEXO 1	64
Amostra do registo de alarmes digitais para o dia 29 de Janeiro de 2008 (Área CL)	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização da informação nos três níveis de tensão da rede da EDP Distribuição [2]	3
Figura 2 – Esquema do interface Dados-Centro de Comando (C.C)	5
Figura 3 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na alta tensão	11
Figura 4 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Ave e Sousa	11
Figura 5 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área da Beira Interior	12
Figura 6 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área da Beira Litoral	12
Figura 7 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Coimbra e Lousã	12
Figura 8 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do grande Porto	13
Figura 9 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do Litoral Centro	13
Figura 10 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do Minho	13
Figura 11 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Trás-os-Montes	14
Figura 12 – Análise da relação funcional entre diversas áreas	14
Figura 13 – histogramas do número de alarmes do mês de Janeiro de 2008 na rede de média tensão para as diversas áreas de rede	16
Figura 14 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Ave e Sousa, na Alta e Média tensão	18
Figura 15 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Beira Interior, na Alta e Média tensão	19
Figura 16 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Beira Litoral, na Alta e Média tensão	20
Figura 17 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Coimbra Lousã, na Alta e Média tensão	21

Figura 18 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Grande Porto, na Alta e Média tensão	22
Figura 19 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Litoral Centro, na Alta e Média tensão	23
Figura 20 - Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Minho, na Alta e Média tensão	24
Figura 21 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Trás-os-Montes, na Alta e Média tensão	25
Figura 22 – Zoom da percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área da beira interior, na Alta e Média tensão	26
Figura 23 – Estrutura típica de uma ANN do tipo Perceptrão Multicamada (ex. com uma camada escondida) [14]	32
Figura 24 – funções de activação das unidades escondidas e de saída usadas [13]	33
Figura 25 – Informação da evolução típica dos erros de treino e de validação [10]	34
Figura 26 – Informação sobre a série temporal das taxas de alarmes na área AS.	37
Figura 27 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para Janeiro 2008	37
Figura 28 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	38
Figura 29 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes Porta aberta para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	39
Figura 30 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes URINF para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	40
Figura 31 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	40
Figura 32 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Hora para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	41
Figura 33 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	42
Figura 34 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	42
Figura 35 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, Dia da Semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	43
Figura 36 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	43
Figura 37– Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	44
Figura 38 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, estado do sistema e dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	44
Figura 39 – Informação sobre a série temporal das taxas de alarmes nas áreas BI, BL, CL, GP, LC, MN, TM	47
Figura 40 – Índice RE para as 30 ANN da área BI com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	48
Figura 41 – Índice RE para as 30 ANN da área BI com as entradas X_{t-1} , X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	48

Figura 42 – Índice RE para as 30 ANN da área BL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	49
Figura 43 – Índice RE para as 30 ANN da área CL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	50
Figura 44 – Índice RE para as 30 ANN da área GP com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	50
Figura 45 – Índice RE para as 30 ANN da área LC com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	51
Figura 46 – Índice RE para as 30 ANN da área MN com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	51
Figura 47 – Índice RE para as 30 ANN da área TM com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	52
Figura 48 – Teste estatístico para a hipótese A, B, C e D na área AS	53
Figura 49 – Teste estatístico para a hipótese B, E, F, G, H, I, J e K na área AS	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de registos da lista de eventos, parte 1/2	6
Tabela 2 – Exemplo de registos da lista de eventos, parte 2/2	6
Tabela 3 – Estrutura do TAG	7
Tabela 4 – Exemplo da tabela digitais, parte 1/4	8
Tabela 5 – Exemplo da tabela digitais, parte 2/4	8
Tabela 6 – Exemplo da tabela digitais, parte 3/4	8
Tabela 7 – Exemplo da tabela digitais, parte 4/4	8
Tabela 8 – siglas para as áreas de rede	10
Tabela 9 – Siglas para as áreas de rede	11
Tabela 10 – Entidades elegíveis	17
Tabela 11 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 3 de Janeiro na área do Litoral Centro	27
Tabela 12 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 3 de Janeiro na área da Beira Litoral	27
Tabela 13 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 11 de Janeiro na área de Trás-os-Montes	28
Tabela 14 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 15 de Janeiro na área da Beira Interior	28
Tabela 15 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 29 de Janeiro na área de Coimbra Lousã	29
Tabela 16 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para Janeiro 2008	37
Tabela 17 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	38
Tabela 18 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes Porta aberta para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	39
Tabela 19 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes URINF para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	39
Tabela 20 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	40
Tabela 21 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Hora para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	41

Tabela 22 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	41
Tabela 23 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	42
Tabela 24 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, Dia da Semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	42
Tabela 25 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	43
Tabela 26 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	43
Tabela 27 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, estado do sistema e dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	44
Tabela 28 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BI com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	48
Tabela 29 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BI com as entradas X_{t-1} , X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	48
Tabela 30– Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	49
Tabela 31 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área CL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	49
Tabela 32 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área GP com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	50
Tabela 33 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área LC com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	50
Tabela 34 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área MN com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	51
Tabela 35 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área TM com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril	52
Tabela A 1.1– Representação de umas horas do dia 29 de Janeiro de 2008	64
Tabela A 1.2– Descodificação da primeira letra do TAG	69
Tabela A 1.3 – Descodificação da segunda letra do TAG	70

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	Aprendizagem Automática
ANN	<i>Artificial Neural Networks</i> (Redes Neurais Artificiais)
AS	Ave e Sousa
AT	Alta tensão
BI	Beira interior
BL	Beira Litoral
CC	Centro de condução
CL	Coimbra Lousã
DAT	Direcção de Automação e Telecontrolo
EDIS	EDP Distribuição
GP	Grande Porto
LC	Litoral Centro
MLP	<i>Multilayer Perceptrons</i>
MN	Minho
MT	Média Tensão
NA	Número de Alarmes
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (Aquisição de Dados e Controlo da Instalação)
SEE	Sistema Eléctrico de Energia
TM	Trás-os-Montes

CAPITULO 1

Introdução

1.1 Considerações Gerais

Tradicionalmente, nos sistemas eléctricos de energia (SEE), as instalações tinham pessoal técnico permanente a monitorizar e controlar, localmente, as mesmas. Contudo, com a evolução das telecomunicações e sistemas de comando e controlo, assim como pressões para diminuição do custo de energia via minimização dos custos operacionais, foi permitido alterar esta situação sendo que, nos dias de hoje, as instalações de distribuição de energia não dispõem de pessoal e as decisões e acções de controlo são executadas, remotamente, em locais designados por centros de condução (rede MT) e despachos (rede AT).

Assim, a qualidade de serviço está, em grande parte, dependente do desempenho do centro de condução e despachos, para isso, estes locais requerem sistemas capazes de, em tempo real, adquirir, tratar e fornecer informação fidedigna, aos operadores de rede, sobre o estado dos diversos componentes da rede eléctrica além de poderem enviar ordens para diversos equipamentos.

Na EDP distribuição, a direcção que dá suporte aos centros de condução, com o intuito de melhorar o desempenho, é o de Automação e Telecontrolo (DAT) pertencente às áreas técnicas de suporte, no qual se insere a presente dissertação. A referida direcção tem como papel principal definir e implementar as políticas de protecção, automação e telecontrolo da rede, planear e executar os projectos de instalação de sistemas e equipamentos de protecção, automação e telecontrolo da rede e realizar a manutenção dos referidos sistemas [1].

Com o objectivo de fazer chegar a informação ao operador do sistema (ao centro de condução) em tempo real, há um sistema bastante complexo por detrás dos monitores.

A evolução dos equipamentos informáticos, em quantidade e qualidade, tem permitido processar cada vez mais informação e de forma mais rápida. De facto, os operadores têm como funções a monitorização (acto do operador ir seguindo a cadência de alarmes), análise e o poder de agir em conformidade. Contudo, os operadores de rede têm limitações físicas e de “processamento”, e há situações em que a cadência dos dados é de tal forma elevada que não conseguem dar atenção a todos estes sinais pois ficam sobrecarregados, não só por esta cadência, aos quais têm que responder, mas também pelos telefonemas que recebem e pelo ruído produzido pela ocorrência de um alarme. Nesta situação, a qual se pode denominar estado perturbado, o operador, que entra num estado de stress criado por um conjunto de solicitações em simultâneo. No entanto, nestas alturas, deverá dar atenção aos alarmes mais importantes (com maior nível de prioridade). Neste estado, a eficiência do operador decresce. É neste contexto

que se inserem os trabalhos realizados nesta dissertação com a qual se pretende melhorar o sistema de controlo em tempo real de modo a obter um modelo que permita a diminuição do stress dos operadores, através da redução da cadência de alarmes em regime perturbado.

1.2 Objectivos da Dissertação

Para resolver o referido problema, a dissertação tem como principais objectivos compreender a estrutura de eventos e alarmes e, baseado nesta, encontrar uma metodologia de previsão de alarmes para ter a possibilidade de antecipar os problemas que poderão acontecer em termos de necessidades de recursos humanos e propor um modelo de suavização do número de alarmes a serem tratados pelo operador em tempo real.

1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por quatro capítulos. O capítulo 1 corresponde à introdução, onde é apresentado o enquadramento e os objectivos da dissertação.

No Capítulo 2 é efectuada uma exposição sobre a estrutura dos dados, e a forma como são adquiridos na EDIS. É também feita uma descrição da forma de tratar esses dados com o intuito de obter as taxas de alarmes, para uma posterior análise das mesmas.

No Capítulo 3 descreve-se a metodologia que foi seguida, no presente trabalho, com o objectivo de prever as taxas de alarmes recorrendo a métodos de aprendizagem automática. Neste capítulo são também apresentados os resultados que a aplicação desta metodologia obteve.

O Capítulo 4 resume-se às principais conclusões e contribuições que foram alcançadas com o presente trabalho, terminando com sugestões que se consideram relevantes para desenvolver em trabalhos futuros.

No final da dissertação, encontram-se os anexos que se achou relevante apresentar.

CAPITULO 2

Análise das Taxas de Alarmes da EDIS

2.1 Introdução

A EDIS gere uma rede que contempla três níveis de tensão: BT, MT e AT. Para os níveis AT e MT o controlo da rede é feito através do sistema SCADA [3]. Este Controlo justifica-se porque as redes com menor número de nós (maior nível de tensão) são mais importantes uma vez que uma qualquer falha afecta sempre um maior número de clientes. Ao contrário, como se verifica na Figura 1, em redes com grande número de nós (BT) a quantidade de informação disponível é enorme, pelo que dificulta o controlo.

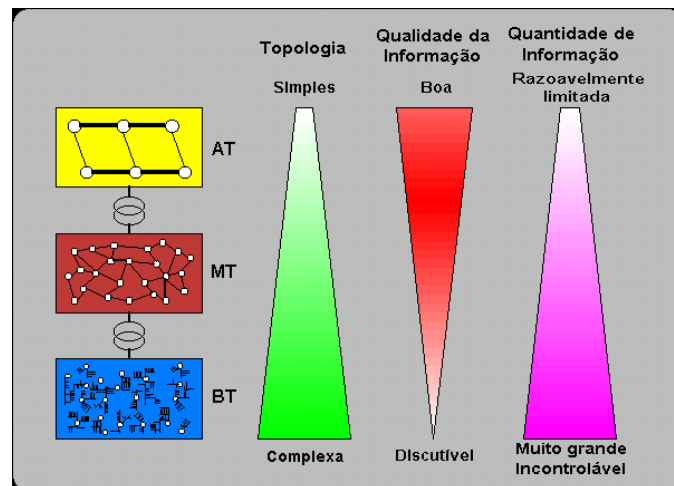


Figura 1 – Caracterização da informação nos três níveis de tensão da rede da EDP Distribuição [2]

Os centros de condução (rede MT) e o despacho (Rede AT) têm como objectivo a análise da rede e determinação da sua configuração óptima, o acompanhamento e gestão dos fluxos de energia na rede, a coordenação das intervenções e reparações, a operação

dos sistemas SCADA [3] e de gestão de avarias para controlo da rede em tempo real e análise de incidentes e do comportamento dos sistemas de protecção e de automação.

No contexto actual, a monitorização é feita dividindo os níveis de tensão referidos anteriormente pelas regiões Norte e Sul. Na região Norte, há um posto de operação da rede AT onde apenas “caiem” os alarmes ocorridos da rede AT. Na mesma região, a rede MT está subdividida em 8 áreas de controlo (Ave e Sousa, Beira Interior, Beira Litoral, Coimbra e Lousã, Litoral Centro, Grande Porto, Minho, Trás-os-Montes).

Assim, com o objectivo de fazer chegar a informação aos centros de controlo, existem localmente as unidades remotas que recebem informação sobre o estado dos equipamentos. De seguida, esta informação é enviada para um “Frontend” (equipamento que descodifica o protocolo de comunicações e gere as comunicações entre as unidades remotas locais e o centro de comando), o qual passa a informação ao sistema Scada em serviço, que, no caso da EDP é o ScateX. No ScateX, a informação recebida é processada, sendo de seguida actualizado o sinóptico de uma instalação (visão global de uma instalação) e, caso seja alarme, é enviado para o operador e armazenada na lista de eventos [2] [4].

Quando ocorre um determinado evento, (como a abertura de um disjuntor, o actuar de uma protecção, a falha de comunicações, ocorrência de medidas no limite, além de muitas outras hipóteses), que percorre o “caminho” descrito no parágrafo anterior, a informação deste evento é sempre enviada para uma lista de eventos, que, por sua vez, é também enviada para o operador caso o evento esteja definido como alarme. Todos os eventos, mesmo os que não estão definidos para gerar alarme, têm interesse para posteriores estudos do sistema, pelo que devem ficar guardados na citada lista.

É de realçar, como se verifica na Figura 2, que estão definidos três tipos de eventos distintos que são: os controlos, os digitais e as medidas. Os controlos são os comandos que os operadores da rede enviam aos equipamentos. Os eventos digitais são os que estão relacionados com o estado dos diversos equipamentos do sistema, isto é, quando existe a mudança de estado de uma dada entidade. Por fim, os eventos de medidas são aqueles que ocorrem quando são ultrapassados os valores analógicos estabelecidos.

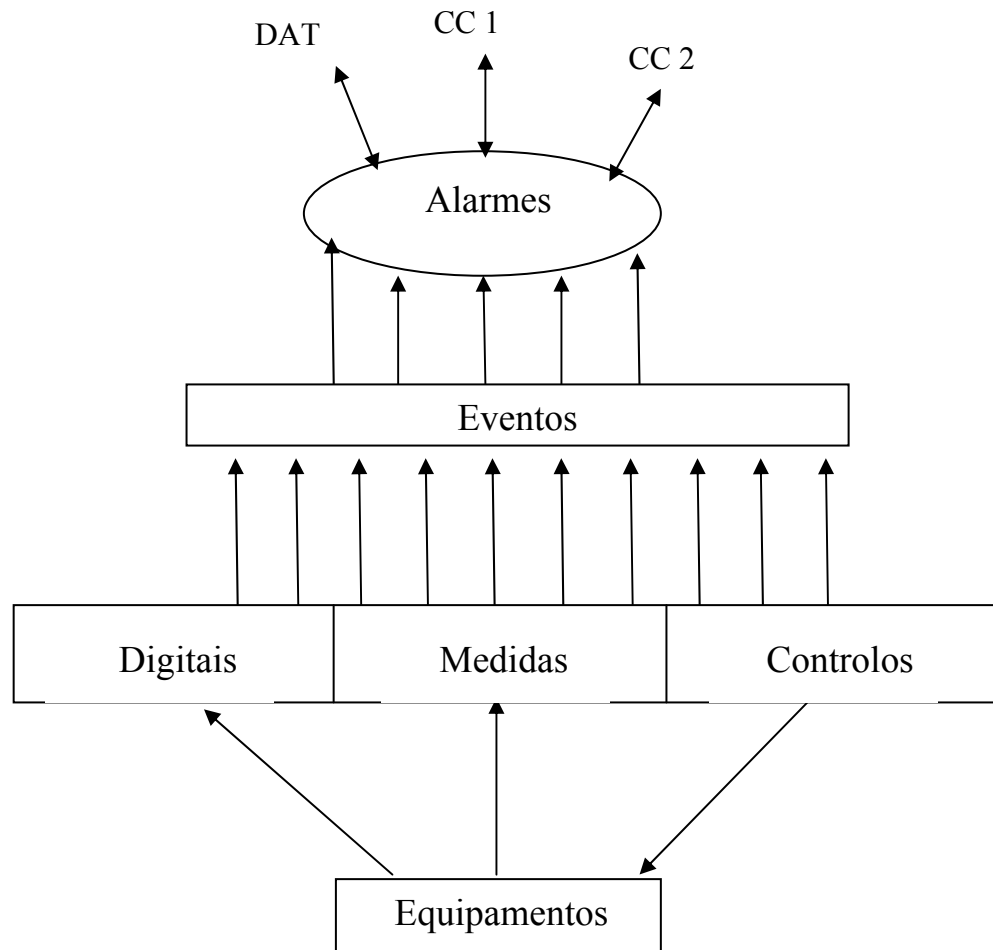


Figura 2 – Esquema do interface Dados-Centro de Comando (C.C)

2.2 Estrutura dos dados

Para melhor compreensão do processo de geração da lista de eventos interessa conhecer a estrutura de um evento que gera alarme quando é enviado para a referida lista de eventos. Para o efeito ilustram-se alguns exemplos de registos de uma lista de eventos através da Tabela 1 e Tabela 2:

Tabela 1 – Exemplo de registos da lista de eventos, parte 1/2

EVDATE	TAG1	LOGTYPE	STYPE
01-01-2008 18:36	NSLPA--FMU-ULTGR	1	5
01-01-2008 17:35	QSFRC-2210-PRIHA	1	5
01-01-2008 17:35	QSFRC-2210-DJMOL	1	5
01-01-2008 18:36	NSBVS--FMU-ULTGR	1	5
01-01-2008 18:36	NSANT--FMU-ULTGR	1	5
01-01-2008 17:35	QSFRC-2210-DJEST	1	5
01-01-2008 17:35	QSFRC-2210-RLRR-	1	5
01-01-2008 18:36	NSVTR--FMU-ULTGR	1	5
01-01-2008 17:35	NSMUR-2REG2RUCIC	1	5
01-01-2008 18:36	CSBRG--GERL FERDO	1	5
01-01-2008 18:36	NSPRN--FMU-ULTGR	1	5
01-01-2008 17:35	QSVLN-2REG1RUTRG	1	5
01-01-2008 18:36	NSC24--FMU-ULTGR	1	5

Tabela 2 – Exemplo de registos da lista de eventos, parte 2/2

EVDESC			
SE LAPA	FREQ.MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO
SE FRANCE	2ST.MARTA	MI+MIH ARRANQ.	REPOUSO
SE FRANCE	2ST.MARTA	M.FROUX	INICIO
SE BOAVISTA	FREQ. MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO
SE ANTAS	FREQ.MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO
SE FRANCE	2ST.MARTA	DISJUNT.	FECHADO
SE FRANCE	2ST.MARTA	RELIGAC RAPIDA	REPOUSO
SE VITORIA	FREQ.MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO
SE MURO	RGTENS2	REGULAC	INICIO
SE BRAGA	GERAL	RECEPCAO DADOS	OK
SE PARANHOS	FREQ.MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO
SE VALENÇA	RGTENS1	TENSAO REGULADA	NAO
SE C. 24 AGOSTO	FREQ. MUSICAIS	TELEGRAMA	REPOUSO

Como se verifica, o evento que é enviado para a lista de eventos, é composto por diversos campos dos quais se destacam os seguintes:

- EVDATE é o campo da data em que ocorreu esse evento, dando assim uma sequência cronológica com muito interesse para análise posterior.
- TAG1 é o campo que fornece um conjunto de letras/código que têm um significado importante pelo facto de informar o local, o tipo de instalação, o nível de tensão, o painel, o objecto, e o atributo do alarme, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Estrutura do TAG

AG	Área Geográfica
TI	Tipo de Instalação
S	Sigla
S	
S	
S	
N	Nível de Tensão
P	Painel
P	
P	
P	
O	Objecto
O	
A	Atributo
A	
A	

- LOGTYPE e STYPE são dois campos que juntos classificam os alarmes:
 - LOGTYPE - varia de 1 a 7 em que: 1- não origina alarme; 2- controlos; 3-eventos de operadores; 4- eventos do sistema; 6- origina alarme 7- Falhas de controlos.
 - STYPE pode ser: 0- eventos de sistema; 5- digitais; 6- medidas.
- EVDESC é o campo que descreve o evento.

Como se referiu anteriormente, existem três grupos de eventos que são os digitais, as medidas e os controlos. De entre os eventos que geram alarmes, os de medidas correspondem a cerca de 5% a 10% no total de alarmes. Por esta razão o trabalho incidu apenas na análise dos alarmes do tipo digitais, isto é, foram seleccionados os alarmes com LOGTYPE = 6 e o STYPE = 5.

Estes eventos/alarmes, que poderão ocorrer a qualquer momento, estão definidos numa base de dados com a estrutura ilustrada da Tabela 4 à Tabela 7.

Estas tabelas têm informações importantes das quais se destacam o TAG/código, a área onde o evento ocorre, AREA, o objecto (DESC0), e a definição da alarmística, isto é, a conjugação dos campos DESC_STi $i=\{0,1,2,3\}$, ALRi_ATR $i=\{0,1,2,3\}$ e ALRi_PRI $i=\{0,1,2,3\}$.

O primeiro campo DESC_STi $i=\{0,1,2,3\}$, define o atributo que o evento pode tomar. O segundo campo ALRi_ATR $i=\{0,1,2,3\}$, é um conjunto de 5 bits, em que o primeiro indica se vai ou não provocar alarme (S/N), o segundo indica se o alarme apaga ou não ao aceitar o alarme (S/N), o terceiro se o alarme é imediato ou diferido (I/D), o quarto se vai ou não para a lista de eventos (S/N), e o último bit se vai para timetag (S/N). O terceiro campo ALRi_PRI, indica a prioridade do alarme entre 0 e 127.

Contudo, a conjugação destes 3 campos é feita consoante o número do índice, isto é, o DESC_ST0 só se relaciona com o ALR0_ATR, e com o ALR0_PRI, e assim sucessivamente.

O tipo de base de dados é a Oracle V.10 sobre o sistema operativo Windows XP. A transferência desta informação para o Microsoft Access é feita via ODBC (Open Data Base Connectivity).

Para fazer a análise estatística da taxa de alarmes da EDIS foi necessário utilizar queries e o VBA, em Microsoft Access [5][6], para tratamento inicial dos dados e, posteriormente, o Excel e o VBA [7][8] para a análise da cadência de alarmes, sendo de assinalar o esforço computacional, em termos de tempo, necessário para obter as taxas de alarmes. Por exemplo, para correr uma query de modo a obter a lista de eventos para um mês, foi necessário cerca de uma hora e trinta minutos.

2.3 Análise

2.3.1 Análise à cadência de alarmes

Em termos gerais, a análise à taxa de alarmes tem como finalidade, não só a percepção da distribuição do número de alarmes ao longo do tempo mas também a percepção de se um dia perturbado afecta todos os operadores ou se apenas interfere numa área.

Atendendo à elevada quantidade de informação a tratar e ao facto da condução da rede ser feita a partir de postos de operação diferentes, optou-se por fazer uma análise dividida numa área AT e nas oito áreas MT.

Para esta divisão, foi necessário interligar a tabela lista de eventos e a tabela digitais através do campo TAG. Assim foi criada uma nova tabela com a finalidade de obter os eventos realmente ocorridos, com os campos EVDATE (data), EVDESC (descrição do evento), AREA (área), DESC_STi (descrição do alarme), ALRi_ATR (característica do alarme), ALRi_PRI (prioridade do alarme).

Depois, foi criada uma pequena rotina, em VBA, com o objectivo de gerar uma nova lista de alarmes. A rotina compara o EVDESC da lista de eventos com o campo DESC_STi e verificar se o primeiro bit do campo ALRi_ATR fosse igual a "S". Caso o Campo EVDESC fosse igual a DESC_STi e se o primeiro bit do campo ALRi_ATR fosse igual a "S" então o evento é alarme.

Só após a definição desta tabela, se dividiu os alarmes pelas respectivas áreas, através de queries utilizando os bits do campo AREA. Cada bit tem um significado como se representa na Tabela 8.

Tabela 8 – siglas para as áreas de rede

Bits	Área		Nível de tensão	Definição
0	GP	DCCN	AT	Área Grande Porto – AT
1	GP	DCCN	MT	Área Grande Porto – MT
2	GP	DCCN	AT/MT	Área Grande Porto – AT/MT
3	GP	DCCN	MT/AT	Área Grande Porto – MT/AT
5	AS	DCCN	AT	Área Ave e Sousa – AT
6	AS	DCCN	MT	Área Ave e Sousa – MT
7	AS	DCCN	AT/MT	Área Ave e Sousa – AT/MT
8	AS	DCCN	MT/AT	Área Ave e Sousa – MT/AT
10	TM	DCCN	AT	Área Trás-os-Montes – AT
11	TM	DCCN	MT	Área Trás-os-Montes - MT
12	TM	DCCN	AT/MT	Área Trás-os-Montes – AT/MT
13	TM	DCCN	MT/AT	Área Trás-os-Montes – MT/AT
15	MN	DCCN	AT	Área Minho – AT
16	MN	DCCN	MT	Área Minho – MT
17	MN	DCCN	AT/MT	Área Minho – AT/MT
18	MN	DCCN	MT/AT	Área Minho – MT/AT
30	BI	DCCC	AT	Área Beira Interior – AT
31	BI	DCCC	MT	Área Beira Interior – MT
32	BI	DCCC	AT/MT	Área Beira Interior – AT/MT
33	BI	DCCC	MT/AT	Área Beira Interior – MT/AT
34	BL	DCCC	AT	Área Beira Litoral – AT
35	BL	DCCC	MT	Área Beira Litoral – MT
36	BL	DCCC	AT/MT	Área Beira Litoral – AT/MT
37	BL	DCCC	MT/AT	Área Beira Litoral – MT/AT
38	CL	DCCC	AT	Área Coimbra Lousã – AT
39	CL	DCCC	MT	Área Coimbra Lousã – MT
40	CL	DCCC	AT/MT	Área Coimbra Lousã – AT/MT
41	CL	DCCC	MT/AT	Área Coimbra Lousã – MT/AT
42	LC	DCCC	AT	Área Litoral Centro – AT
43	LC	DCCC	MT	Área Litoral Centro – MT
44	LC	DCCC	AT/MT	Área Litoral Centro – AT/MT
45	LC	DCCC	MT/AT	Área Litoral Centro – MT/AT

Apesar do ponto de partida ser a lista de eventos, apenas se vai fazer a análise dos alarmes que apareceram ao operador, pelo facto de serem estes que o afectam directamente.

Optou-se, também, por fazer uma contagem do número de alarmes por períodos de 15 minutos (grandeza designada nesta dissertação por taxa de alarmes).

Assim, ligaram-se as folhas do Excel às tabelas do Access, isto é, cada tabela que representa uma área ficou ligada a uma folha de Excel, onde de seguida se criou uma rotina para obter as taxas de alarmes para períodos de um mês.

É de salientar que as siglas usadas para cada área estão especificadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Siglas para as áreas de rede

Sigla	Área
AS	Área Ave e Sousa
BI	Área Beira Interior
BL	Área Beira Litoral
CL	Área Coimbra Lousã
GP	Área Grande Porto
LC	Área Litoral Centro
MN	Área Minho
TM	Área Trás-os-Montes

De facto, esta análise incidiu sobre o mês de Janeiro de 2008, obtendo-se os seguintes resultados:

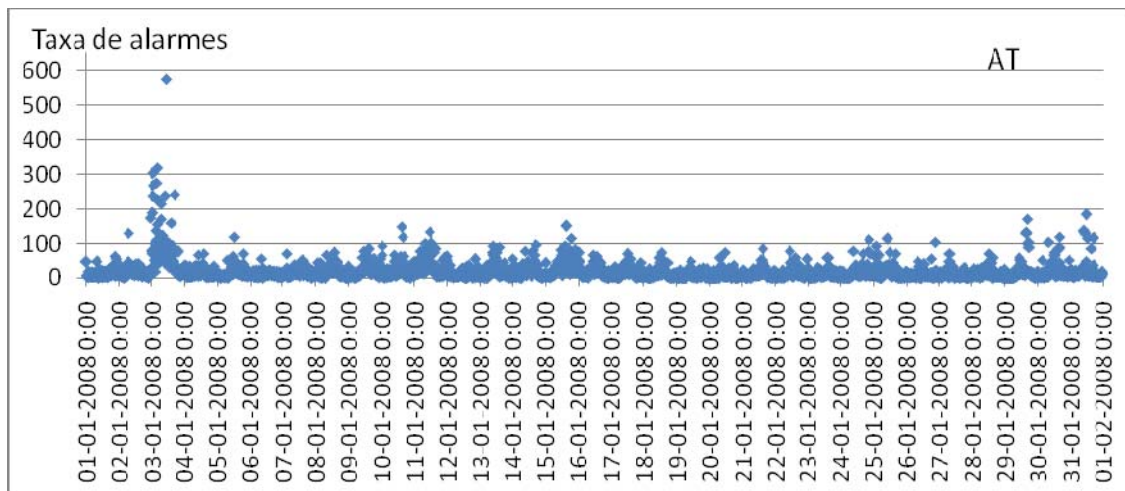


Figura 3 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na alta tensão

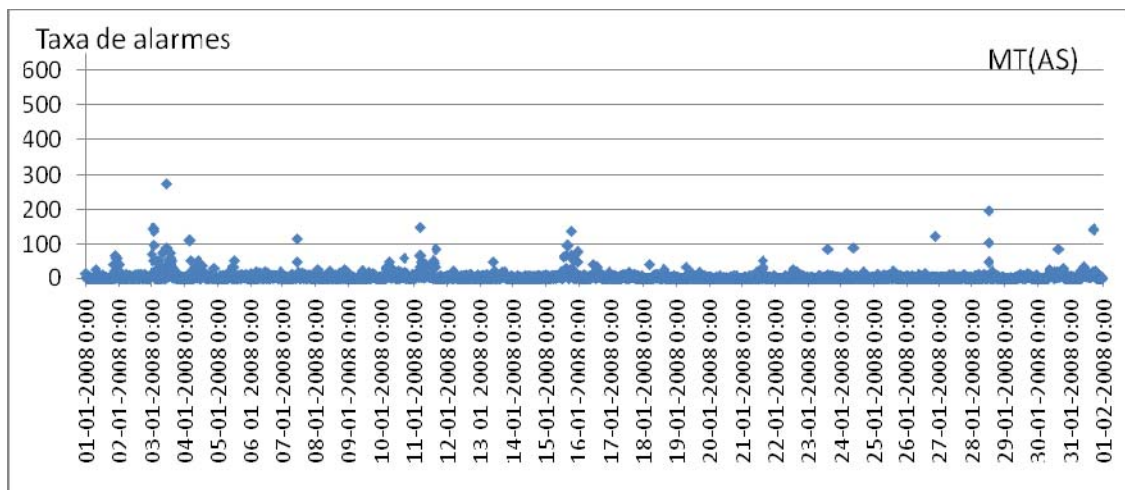


Figura 4 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Ave e Sousa

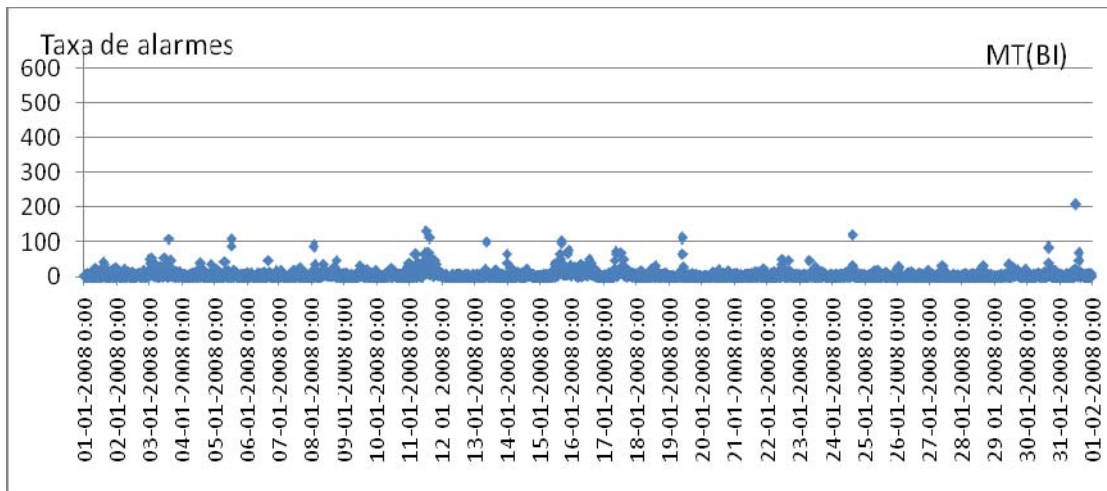


Figura 5 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área da Beira Interior

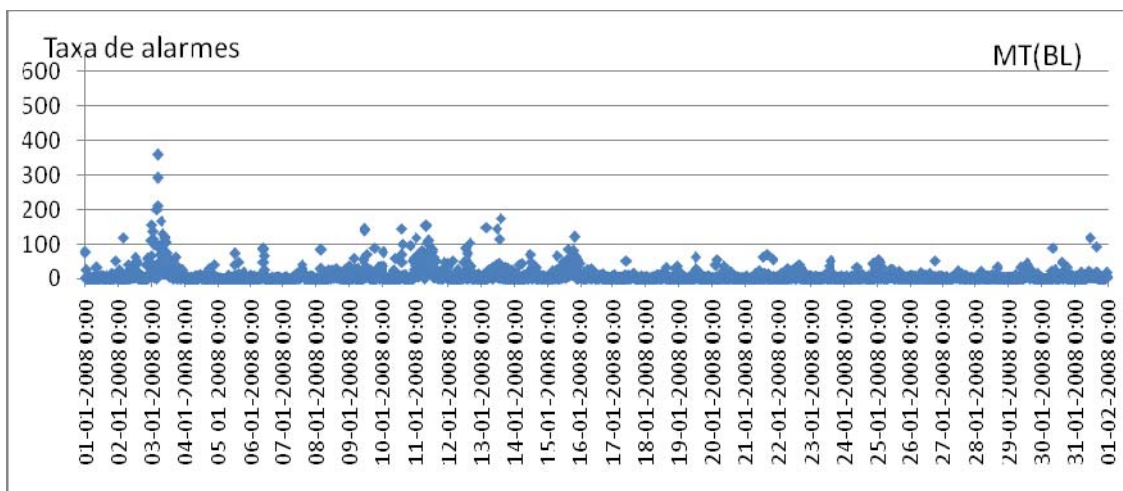


Figura 6 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área da Beira Litoral

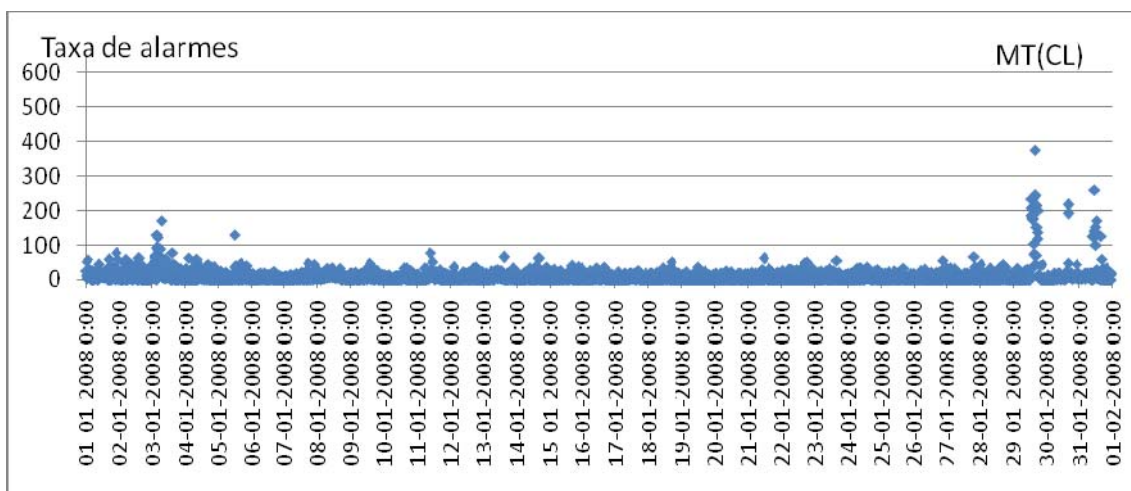


Figura 7 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Coimbra e Lousã

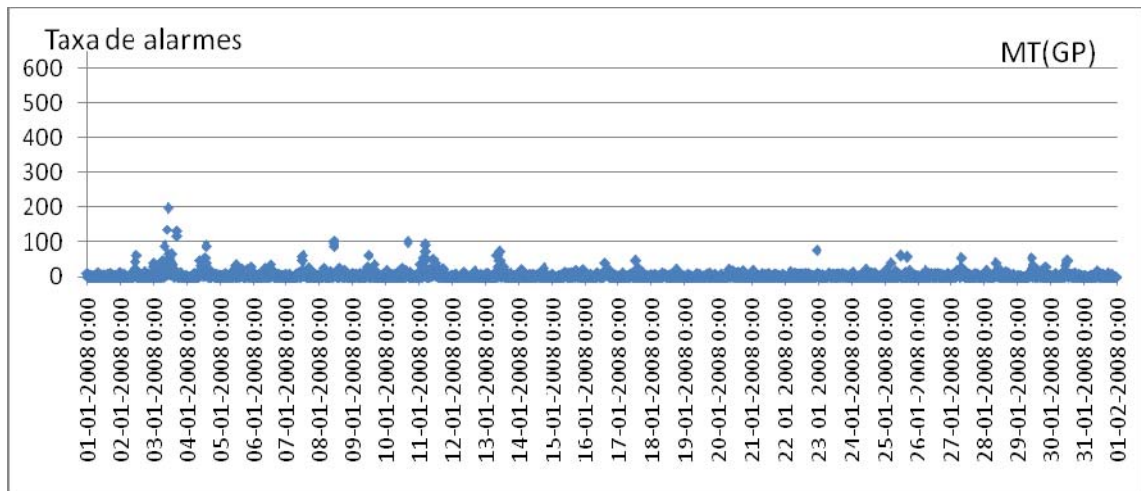


Figura 8 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do grande Porto

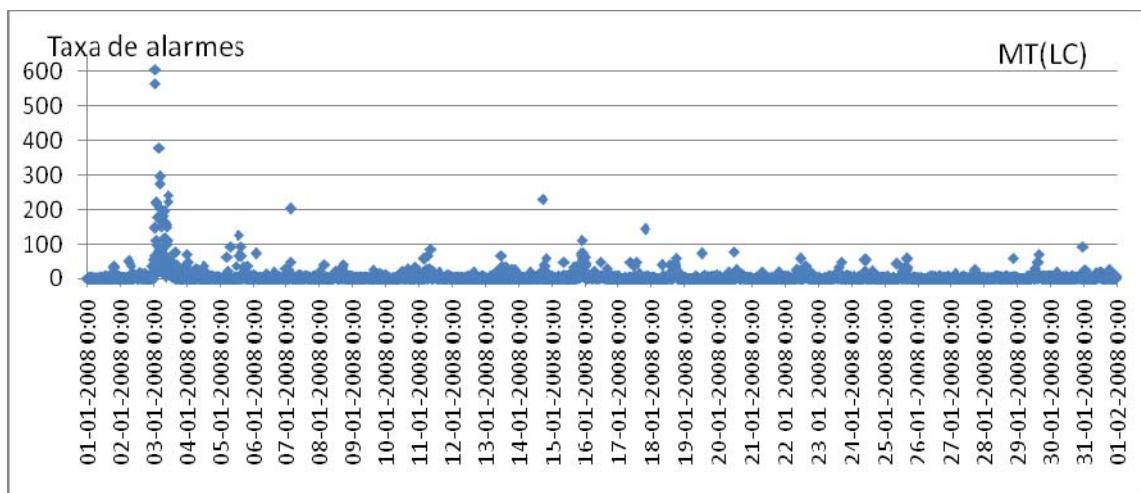


Figura 9 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do Litoral Centro

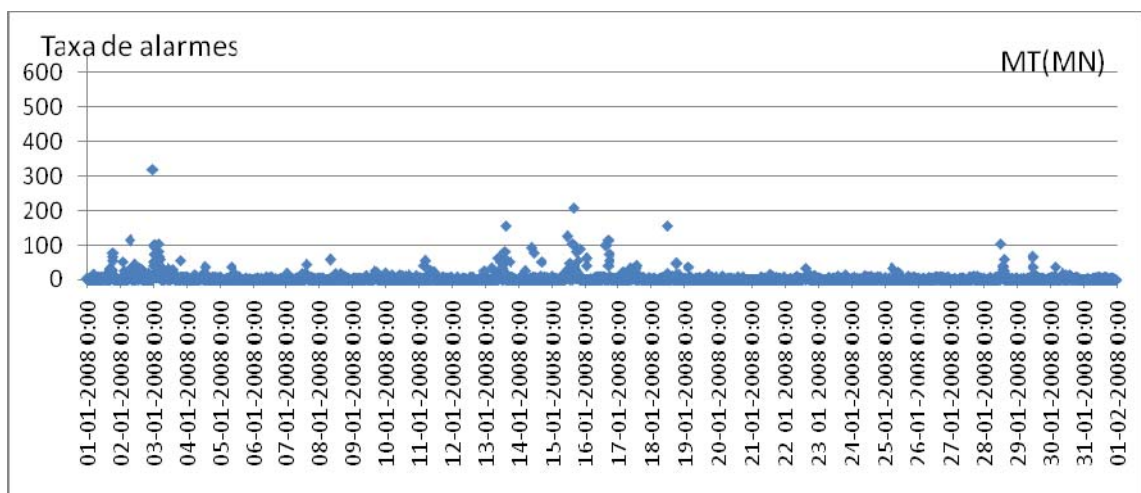


Figura 10 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área do Minho

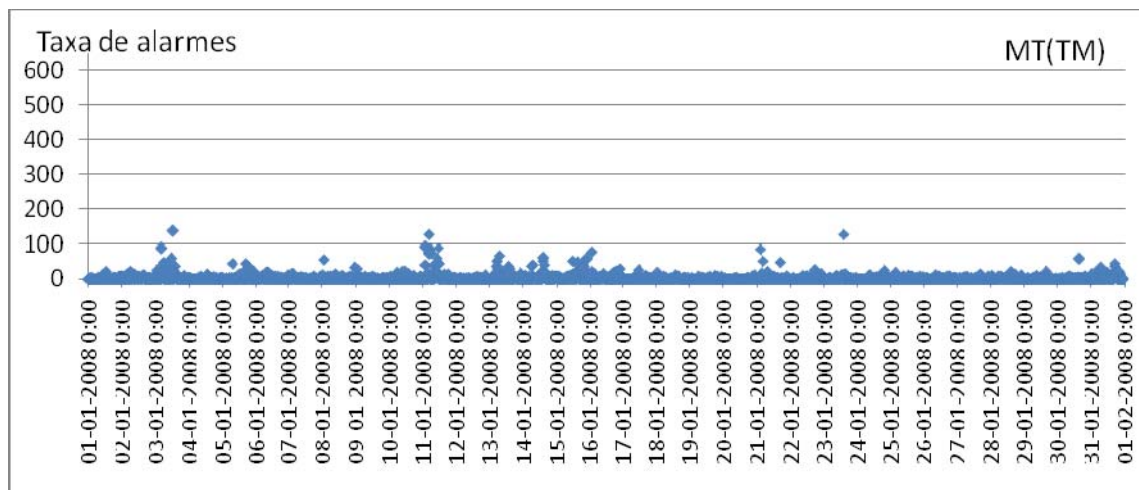


Figura 11 – Taxa de alarmes no mês de Janeiro de 2008, na rede de média tensão na área de Trás-os-Montes

Da análise desta informação, chegou-se à conclusão de que a taxa de alarmes, num dia perturbado para uma determinada área, não tem o mesmo impacto do que nas outras, isto é, não há relação funcional do número de alarmes entre áreas, como se pode comprovar com uma análise de relação funcional ilustrada na Figura 12, obtida a partir da aplicação de tratamento estatístico dos dados, SPSS [9]. Esta figura representa o valor da taxa de alarmes ocorrida, em simultâneo, em cada duas áreas de rede.

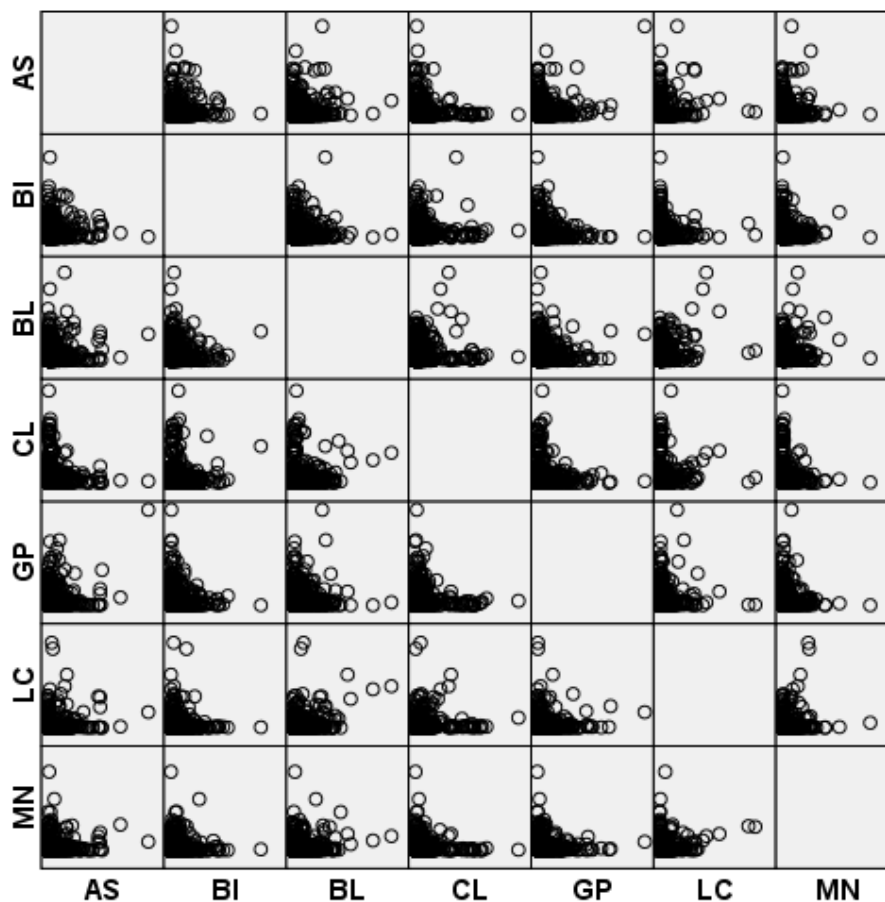
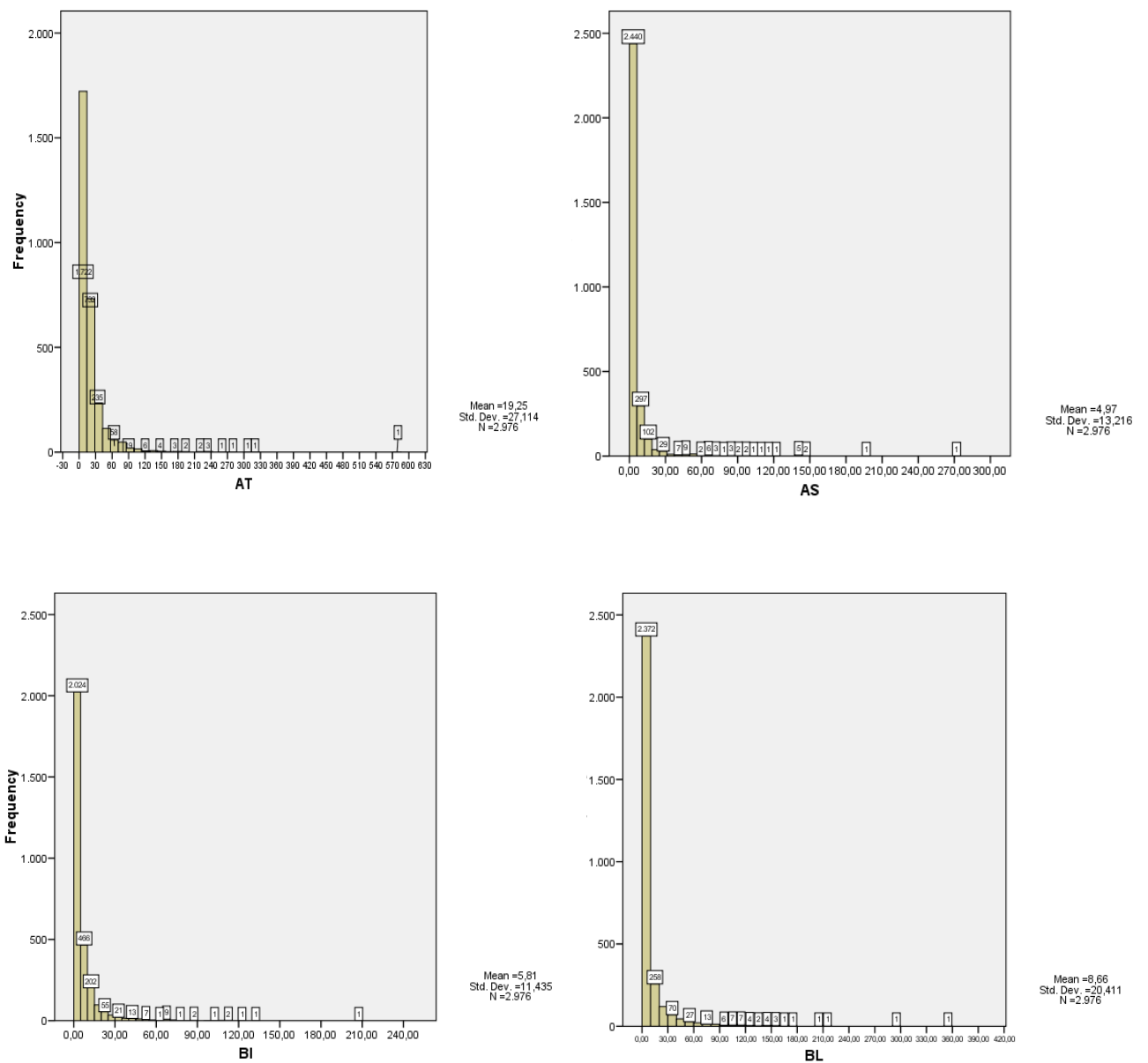


Figura 12 – Análise da relação funcional entre diversas áreas

Tal como se verifica com a comparação da Figura 7, taxa de alarmes da área CL, com a Figura 9, taxa de alarmes da área LC, em que na primeira área o dia 29 foi o mais perturbado e na área LC o dia mais perturbado foi o dia 3.

Constata-se que o dia 3 de Janeiro foi um dia bastante perturbado pois, tanto na área AT como em diversas áreas MT, foi o dia com maiores picos de alarmes.

Com a ajuda do SPSS [9], construíram-se vários histogramas os quais indicam a frequência com que algumas taxas de alarmes apareceram durante o mês em análise, e ainda a média e desvio padrão de alarmes por área, obtendo-se os resultados ilustrados na Figura 13.



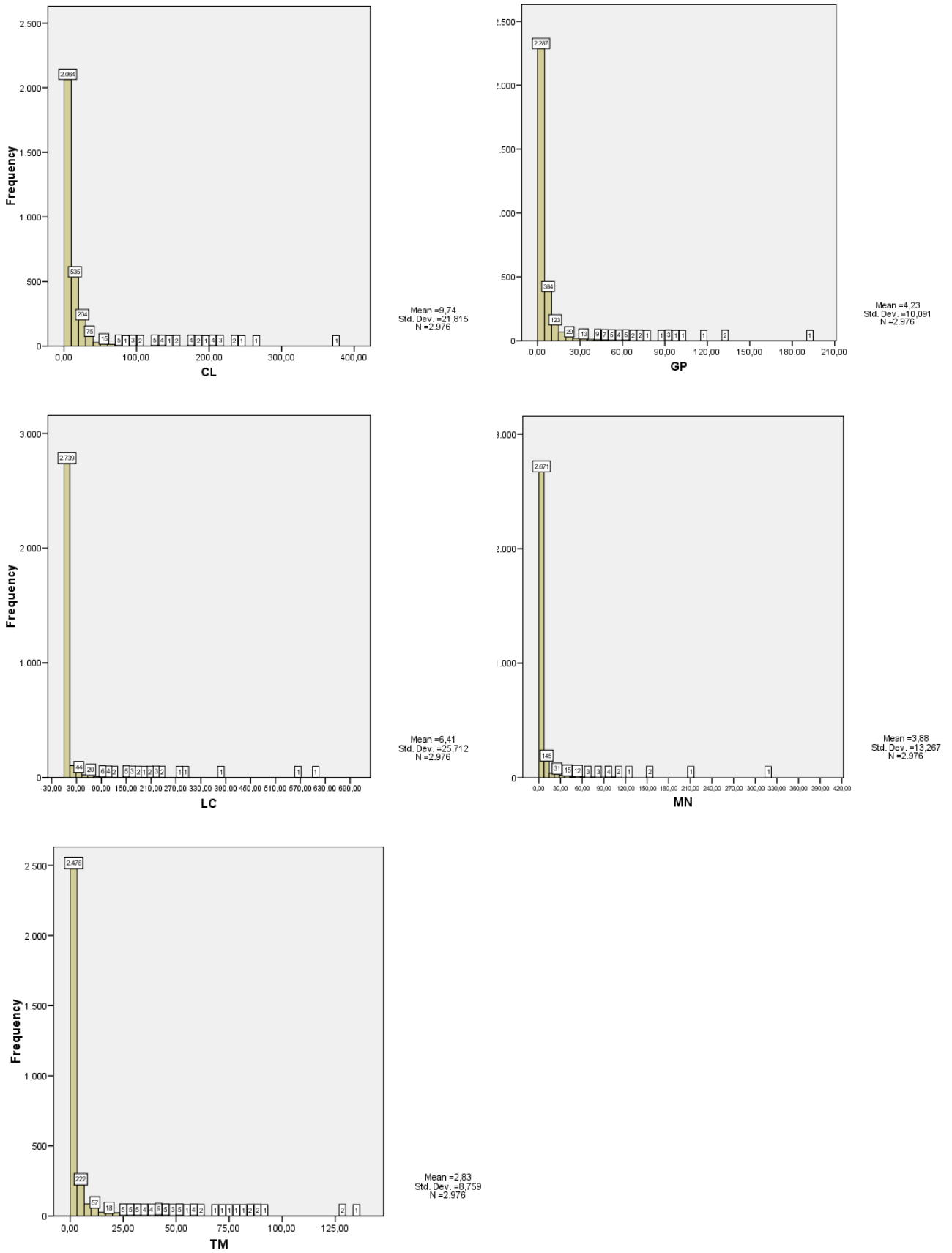


Figura 13 – histogramas do número de alarmes do mês de Janeiro de 2008 na rede de média tensão para as diversas áreas de rede

Analisando os histogramas, é possível verificar que a área TM é a que tem menor média de alarmes no mês de Janeiro de 2008, mas também é das áreas em que o número de entidades elegíveis que podem gerar alarmes é menor como se pode constatar na tabela 10.

2.3.2 Comparação da cadência AT com MT

Posteriormente, dividiu-se por áreas a zona AT, para se poder verificar se a cadência de alarmes seria coincidente com MT, isto é, se teria a mesma tendência. Também, e com o objectivo de estudar quais as áreas mais expostas a alarmes, primeiro “normalizaram-se” as taxas de alarmes, isto é, dividiu-se o número de alarmes ocorridos em 15 minutos pelo número de entidades que podem gerar alarmes. Estas taxas normalizadas são designadas como taxas de alarmes percentuais.

A razão desta “normalização” dos alarmes deve-se ao facto, como se verifica na Tabela 10, do número de entidades elegíveis ser diferente entre as redes AT e MT de cada área. Desta forma, apesar da área com mais entidades elegíveis poder ser onde a cadência de alarmes é maior, não implica que esta corresponda à área mais exposta a alarmes por unidade de entidade elegível.

Tabela 10 – Entidades elegíveis

Área	Nº total entidades elegíveis	Nº entidades elegíveis que podem gerar alarme	Nº entidades elegíveis (%)	Nº entidades elegíveis que podem gerar alarme (%)
AT	86588	79404		
AS	13966	12225	6.42%	6.32%
BI	6590	6082	3.03%	3.14%
BL	11979	11223	5.51%	5.80%
CL	6886	6364	3.17%	3.29%
GP	20512	19130	9.43%	9.89%
LC	5801	5410	2.67%	2.80%
MN	13139	11714	6.04%	6.06%
TM	7715	7256	3.55%	3.75%
MT	130816	114015		
AS	19316	15906	8.88%	8.22%
BI	10702	9697	4.92%	5.01%
BL	18528	16523	8.52%	8.54%
CL	9291	8498	4.27%	4.39%
GP	31165	27080	14.34%	14.00%
LC	9919	9124	4.56%	4.72%
MN	19472	16193	8.96%	8.37%
TM	12423	10994	5.71%	5.68%
Total	217404	193419	100%	100%

Verifica-se a partir desta tabela que a área do Grande Porto é a que tem mais entidades elegíveis.

Deste tratamento de dados, obtiveram-se os seguintes resultados para as diversas áreas:

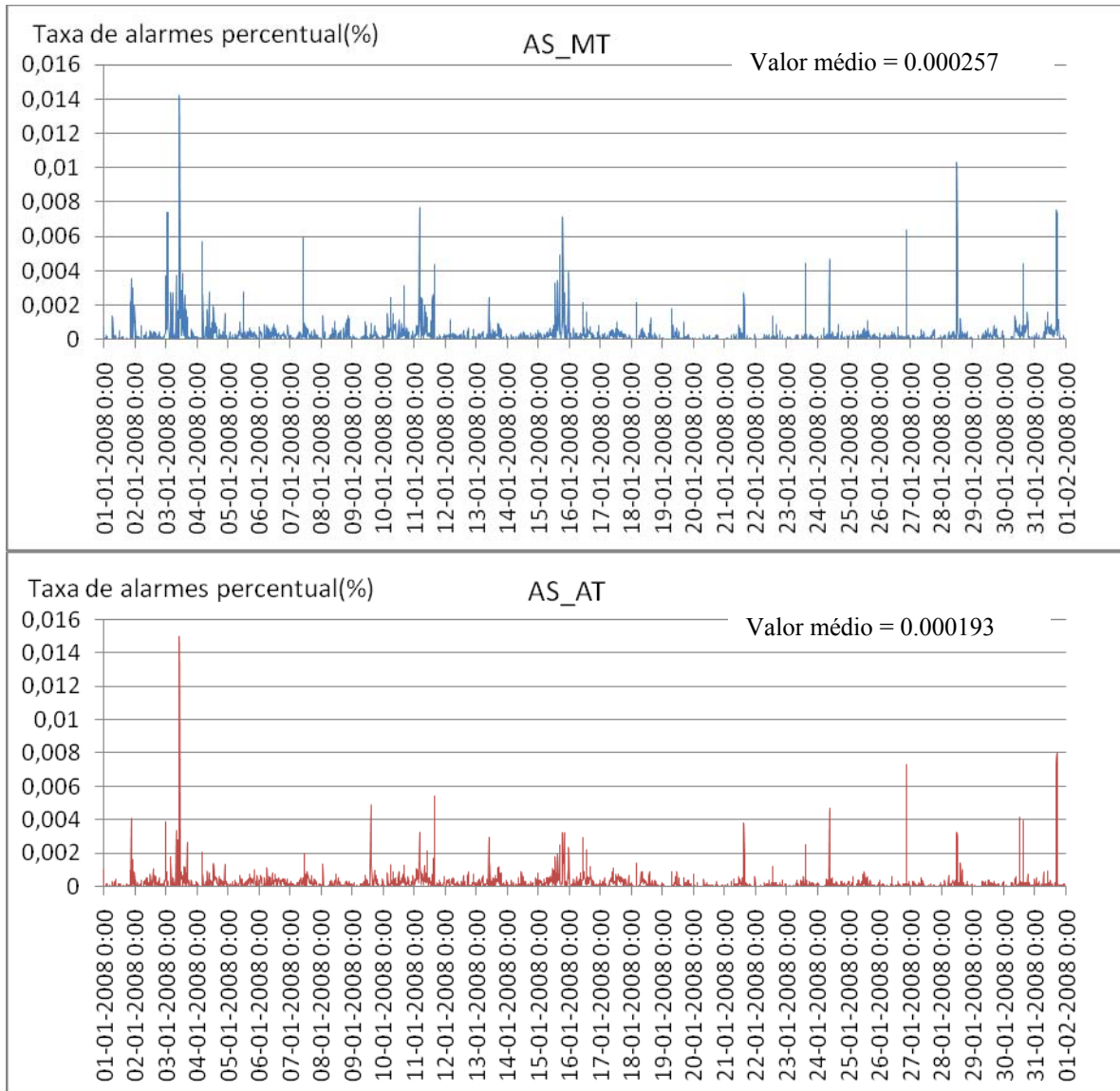


Figura 14 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Ave e Sousa, na Alta e Média tensão

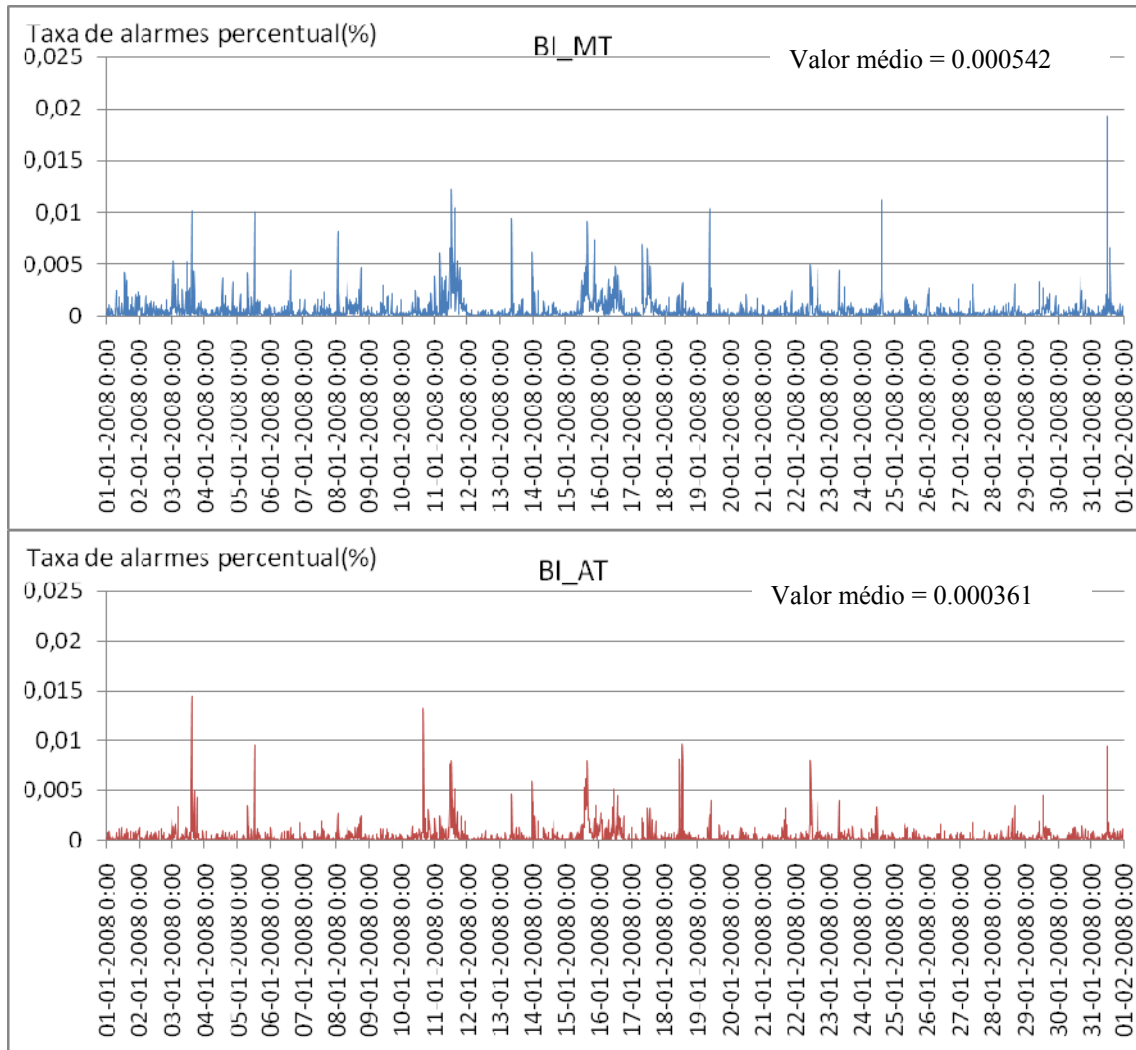


Figura 15 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Beira Interior, na Alta e Média tensão

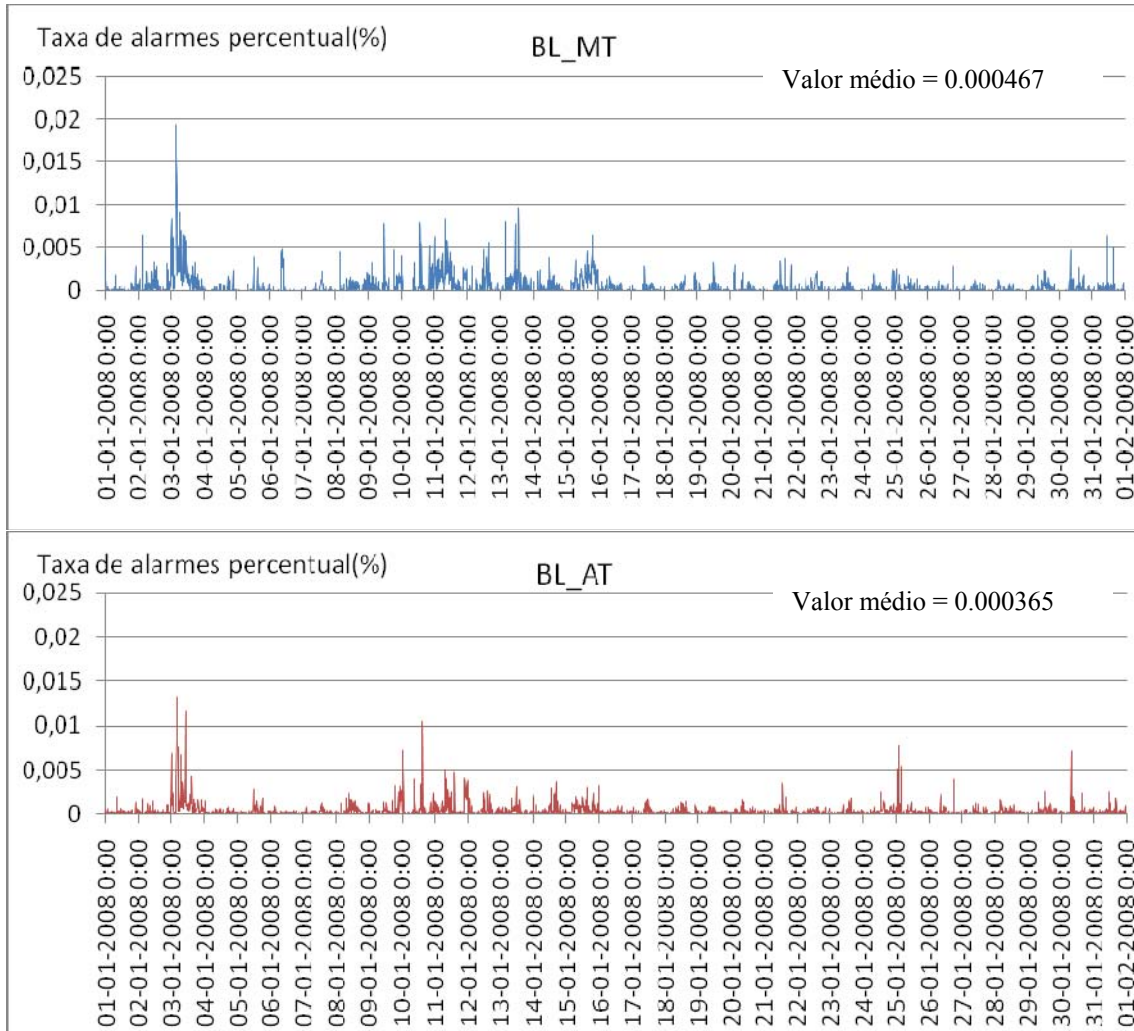


Figura 16 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Beira Litoral, na Alta e Média tensão

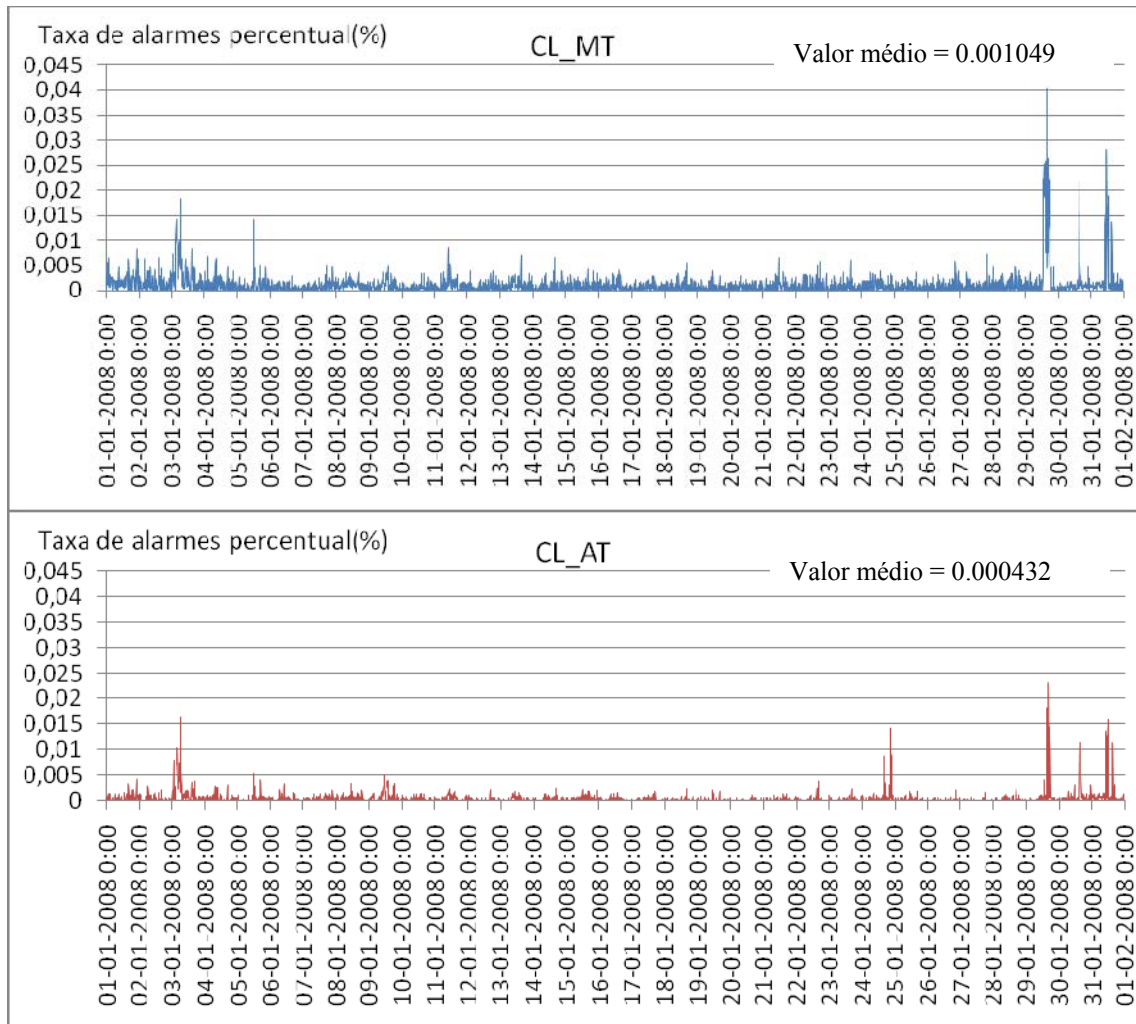


Figura 17 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Coimbra Lousã, na Alta e Média tensão

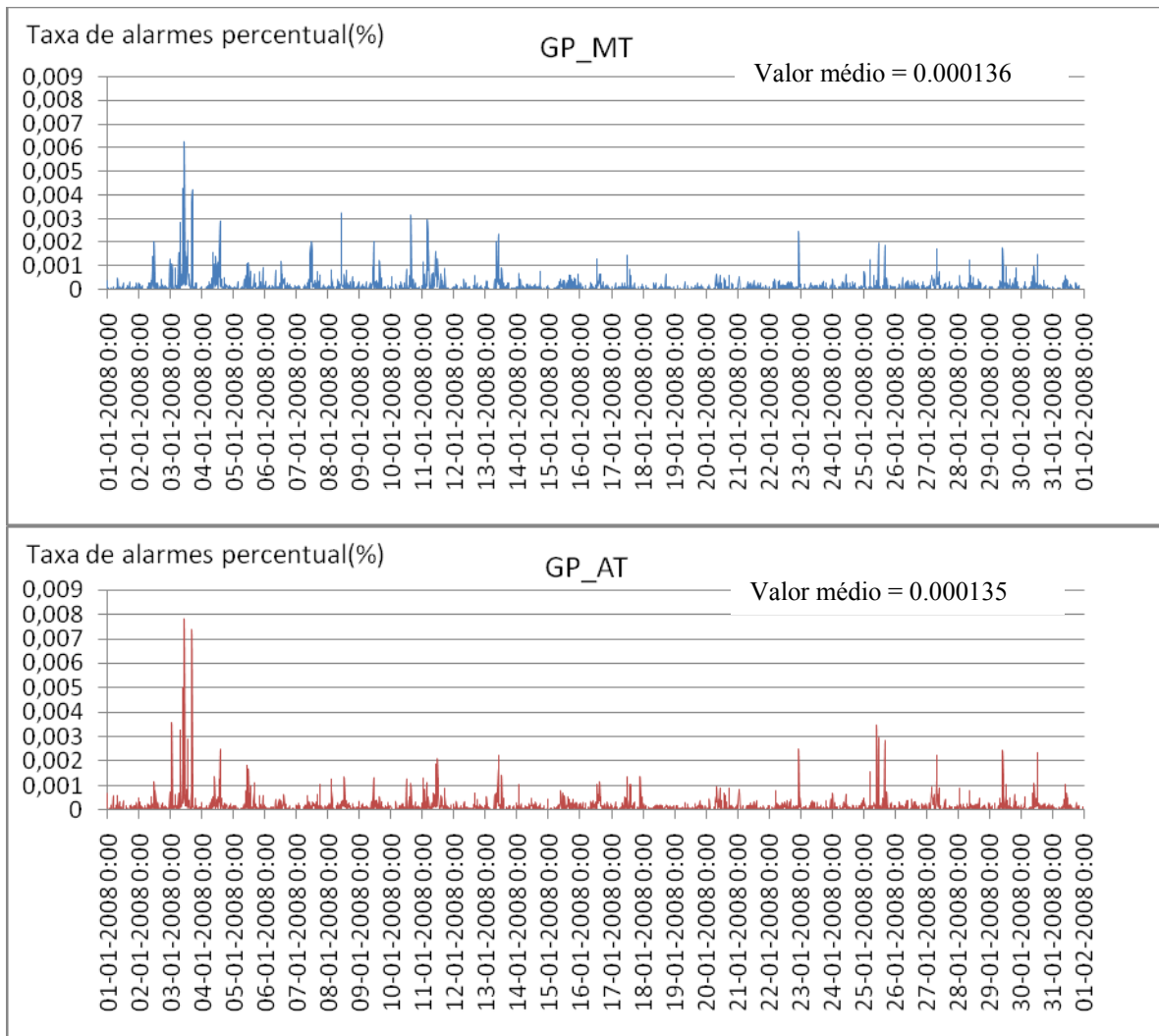


Figura 18 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Grande Porto, na Alta e Média tensão

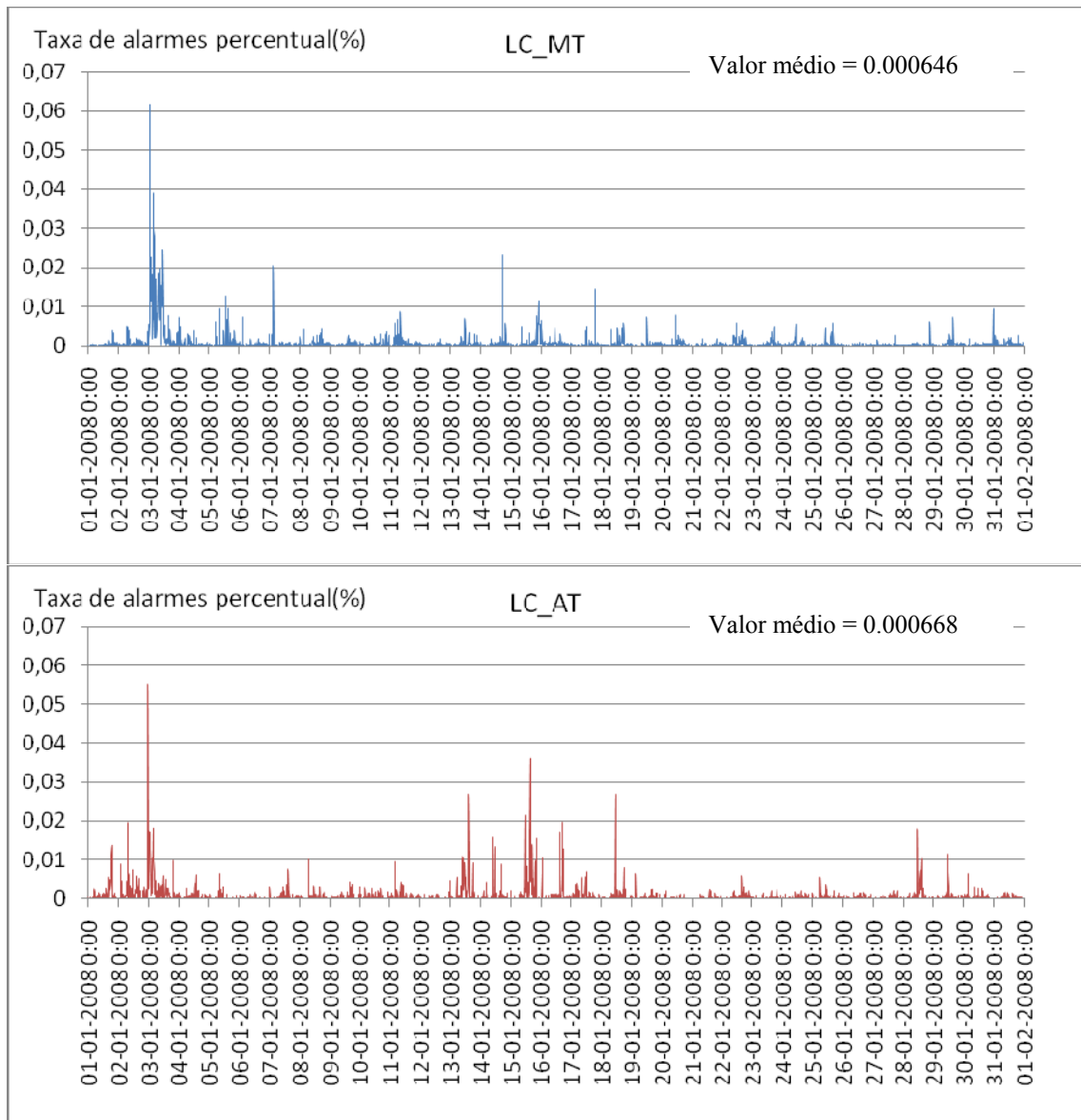


Figura 19 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Litoral Centro, na Alta e Média tensão

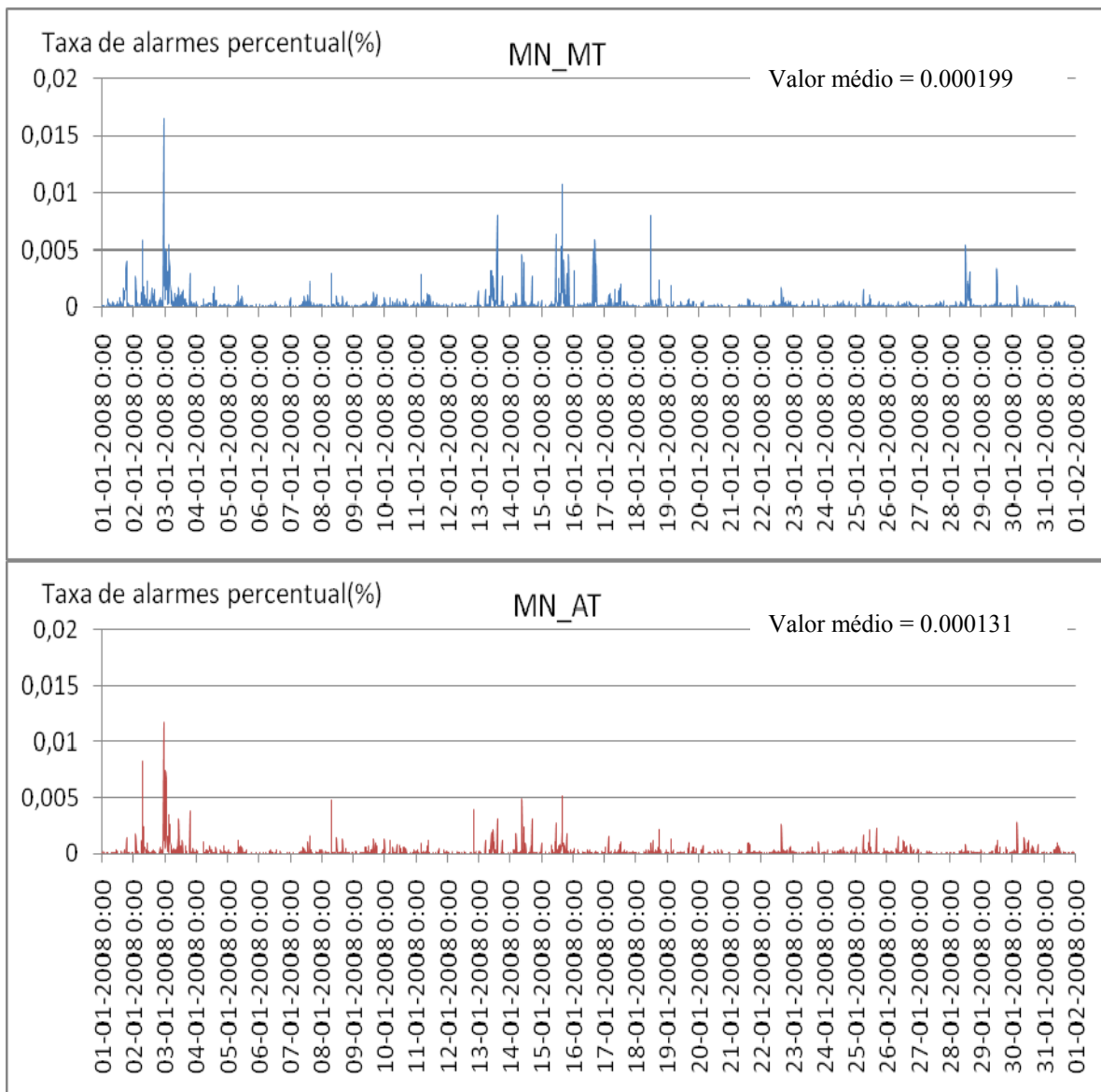


Figura 20 - Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Minho, na Alta e Média tensão

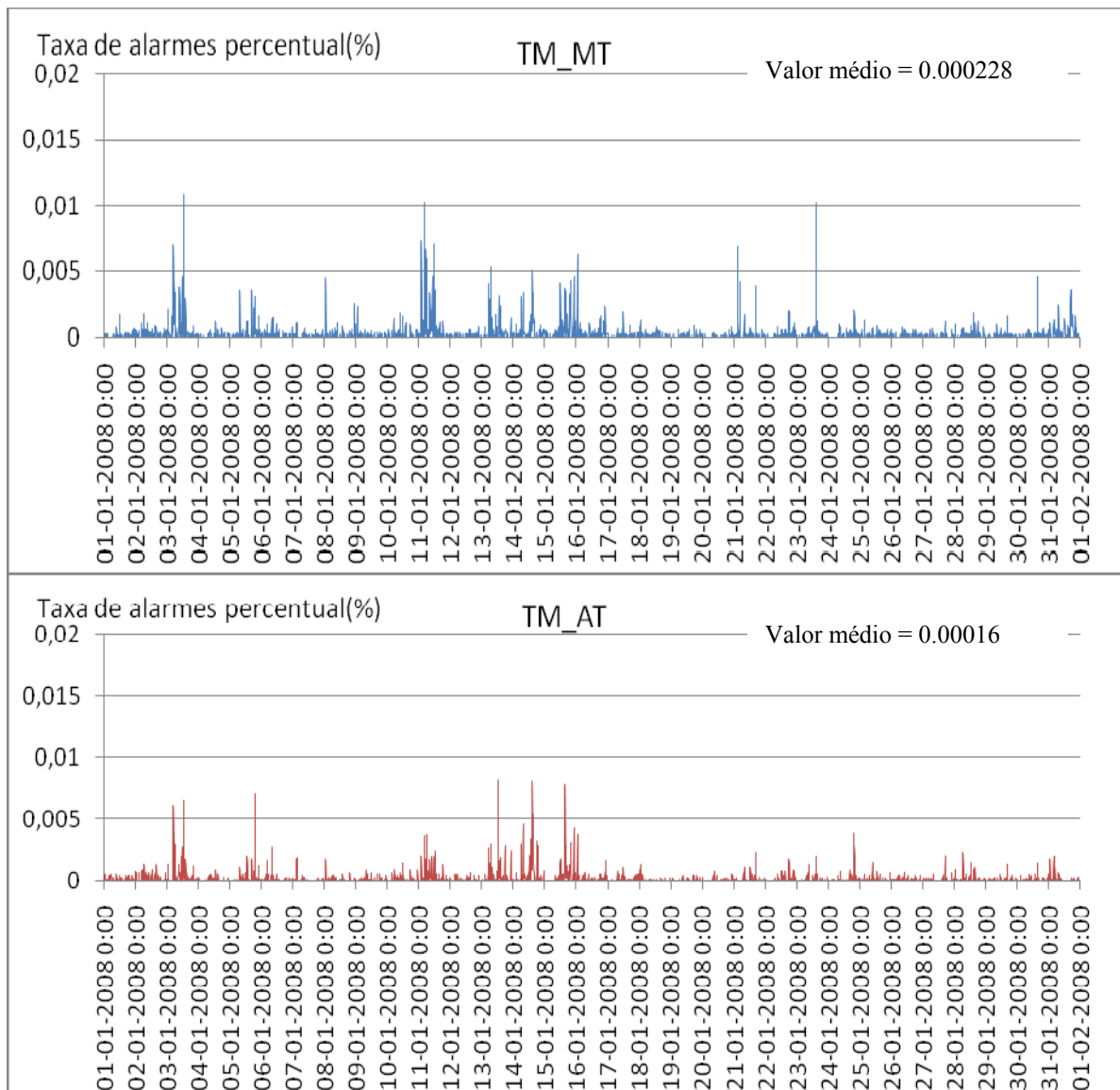


Figura 21 – Percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área Trás-os-Montes, na Alta e Média tensão

Desta análise, demonstra-se comparando os gráficos obtidos que a área do Grande Porto foi a área com menor média de taxa de alarmes percentual, com um pico máximo de 0,0078%. A área com uma maior taxa média foi a de Coimbra Lousã, cujo o maior pico atinge os 0,045%, tal como mostra a Figura 17.

É de salientar que o Grande Porto é a área com maior número de entidades passíveis de gerar alarmes e por isso, estaria mais sujeita a alarmes. Contudo, percentualmente é a área menos atingida. A razão porque isto acontece pode dever-se ao facto da rede do Grande Porto ser maioritariamente subterrânea e assim estar mais resguardada.

Outra evidência que se pode retirar da análise é o facto de a tendência da cadência de alarmes na AT seguir frequentemente a tendência da cadência de alarmes na MT, isto é, quando a taxa de alarmes em MT aumenta, a taxa de alarmes AT também aumenta.

Pelo facto das figuras anteriores não serem totalmente claras, apresenta-se na Figura 22 uma ampliação que pode mostrar a conclusão citada

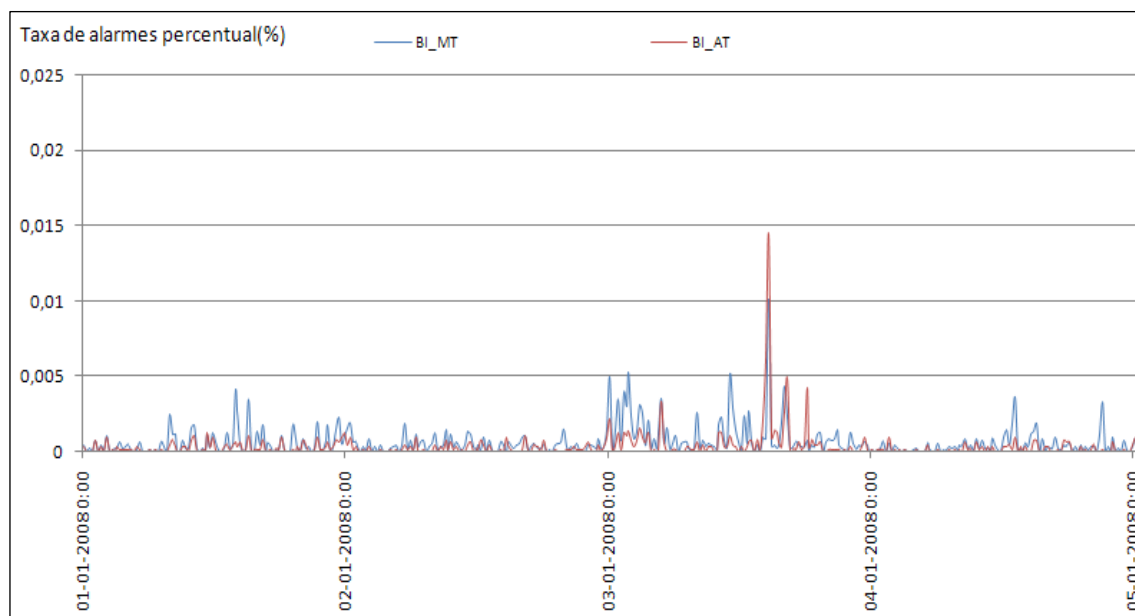


Figura 22 – Zoom da percentagem de alarmes em relação ao número de entidades elegíveis que podem gerar alarme na área da beira interior, na Alta e Média tensão

Neste período, verifica-se que as taxas de alarmes, seguem a mesma tendência.

2.3.3 Análise de um dia perturbado

Pela análise anterior verifica-se que há dias, ou alguns momentos nesses mesmos dias, em que em determinadas zonas há uma cadência de alarmes anormal. Para analisar estes períodos dá-se mais relevância aos cinco últimos caracteres do TAG que identifica o alarme (podem caracterizar padrões de dados). Esta análise tem como objectivo encontrar um padrão de TAGS para os dias perturbados. Este estado anormal poder ter várias razões como, por exemplo, o mau estado do tempo ou instabilidade no sistema.

Para o dia 3 de Janeiro na área do litoral centro obtivemos os resultados expressos na Tabela 11.

Tabela 11 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 3 de Janeiro na área do Litoral Centro

Tipo de alarme	Área		Total
	Leiria	Santarém	
IATNS	1166	109	1275
O2TNS	622	119	741
RLCIC	459	214	673
PRIIA	350	170	520
PRHID	337	170	507
O1TNS	498		498
DJEST	297	74	371
PRETA	230	49	279
PRITA	170	69	239
O1FSA	185		185
RLDDF	90	69	159
PRHTD	89	29	141
PRUNA	133	6	139
O2FSA	122	3	125
IAFSA	108	1	109

Neste caso, os alarmes que mais perturbaram o sistema foram os IATNS e O2TNS de “ tensão presente” os quais não têm muita relevância para o operador. Também se verificam Tags que se relacionam com as protecções como PRIIA (Protecção de máximo intensidade de Fase), PRHID (Protecção de máxima intensidade homopolar), PRETA (Arranque da protecção de terra) e PRITA (Protecção máximo intensidade disparo) bem como religações RLCIC (relição de ciclo) e RLDDF (relição definitiva).

Para o mesmo dia na área de Beira Litoral os resultados obtidos estão expressos na Tabela 12.

Tabela 12 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 3 de Janeiro na área da Beira Litoral

Tipo de alarme	Área		Total
	Aveiro	Viseu	
O2TNS	326	168	512
DJEST	253	166	445
PRIIA	203	108	351
PRHID	112	141	253
RLCIC	51	149	200
PRETA	106	86	192
PRHA-	170		170
IAFCA	126		126
PRHTD	38	57	118
O2FSA	40	60	100
XXPOR	49	50	99
PRUNA	66	28	94
IATNS	67	23	92
PRITA	53	30	88
IADEF	82		82

Nesta situação, reparamos em Tags como O2TNS e IATNS, que também nesta zona perturbaram bastante o sistema. É de salientar, mais uma vez, numa zona diferente mas no mesmo dia, que, tags relacionados com as protecções e religações como PRIIA, PRHID, PRETA, PRHA- (protecção homopolar), RLCIC, são os mais comuns.

É também de realçar que para estas duas zonas, se verificou mau tempo incluindo descargas eléctricas e ventos fortes, como é comprovado com o registo de incidentes fornecido pela DAT (direcção de automação e telecontrolo).

Para o dia 11 de Janeiro, na área de Trás-os-Montes obteve-se:

Tabela 13 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 11 de Janeiro na área de Trás-os-Montes

Tipo de alarme	Área			Total
	Bragança	Vila Real	Viseu	
IRFCA	28	78	60	166
PRETA	3	144		147
O2FCA	20	92	1	113
PRIIE	13	56	34	103
RLCIC	16	41	13	70
PREA-	16	40	14	70
PRHA-			58	58
PRIHA		57		57
IREST	12	17	12	41
RUDCC			38	38
O1FCA	33	2		35
O1FCM	11	9		20

Mais uma vez, retém-se os alarmes do tipo protecções PRETA, PRIIE, PREA- (arranque do detector de terras) entre outros.

Para dia 15 de Janeiro na área da Beira Interior obteve-se:

Tabela 14 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 15 de Janeiro na área da Beira Interior

Tipo de alarme	Área		Total
	Castelo Branco	Guarda	
XXPOR	228	106	338
IRPOR		229	229
URFCM	54	4	61
PRIIA	26	19	53
PRHID	21	16	37
DJEST	11	15	31
URSIN	15	4	28
RLCIC	8	20	28
PRITA	12	11	26
RUCMA	25		25
PRETA	18	5	23
O1FCM	3	12	15
IRFSA		15	15

É de notar que neste dia o que mais despertou a atenção foram os alarmes XXPOR e IRRPOR que indicam o estado de Porta, o que não é tão significativo para o operador. Efectivamente através de uma análise mais pormenorizada, verifica-se que várias vezes o alarme advém do mesmo local, em intervalos curtos de tempo, o que poderá indicar que a porta ficou mal fechada. Mesmo após a aceitação, por parte do operador, do primeiro alarme deste tipo (para “avisar” o sistema informático de que já recebeu essa informação) o operador continua a receber o mesmo alarme cada vez que o sensor da porta detecta a mudança de estado.

Para o dia 29 de Janeiro na zona de Coimbra Lousã obteve-se:

Tabela 15 – Número de diferentes tipos de alarmes ocorridos no dia 29 de Janeiro na área de Coimbra Lousã

Tipo de alarme	Área			Total
	Aveiro	Castelo Branco	Coimbra	
URFCM	8	13	1116	1137
URCCI			958	958
O2SIN	38	69	232	339
URINF	28	26	308	362
IASIN	61	35	147	243
O2FCM	19	36	85	140
URSIN			152	152
IAFCM	44	29	79	152
URBDI	11	11	127	149
IRSIN		18	72	90
O1SIN	19	31	29	79
O1FCM	10	30	26	66
IRFCM		10	40	50

Verifica-se, nesta zona, que durante o dia 29 houve bastantes falhas de comunicações, isto é, o sistema esteve instável, pois os alarmes que caíram nesta zona como URFCM, URCCI, O2SIN URINF, entre outros como mostra a tabela, têm a ver com perdas de informação e falhas de comunicação.

Neste dia, e observando a lista de alarmes com um maior cuidado, apresentada no anexo A.1, constata-se que este tipo de alarmes ocorreram em diferentes unidades desta área, o que indica claramente problemas ao nível da ligação entre SCADA e o “Frontend”, ou então no próprio “Frontend” dessa área.

2.4 Conclusões

Pela análise da secção 2.3.1, conclui-se que não existe correlação da taxa de alarmes entre áreas. Deste facto resulta que, a taxa de alarmes num dia perturbado para uma determinada área, não tem o mesmo impacto nas outras. É de realçar que o dia 3 de Janeiro foi um dia bastante perturbado pois, em diversas áreas, foi o dia com maiores picos de alarme.

Também se conclui que a região do Grande Porto foi a área com menor taxa de alarmes percentuais, como se pode verificar na secção 2.2.2, pela comparação dos gráficos. Isto deve-se ao facto de a rede ser, em grande parte, subterrânea e, por isso, estar mais resguardada a perturbações exteriores, como por exemplo, os efeitos que as condições meteorológicas adversas podem causar.

Outra conclusão que se pode retirar da análise é o facto de a tendência da cadência de alarmes na AT aumentar sempre que a taxa de alarmes MT também aumenta.

Na secção 2.3.3, analisou-se, por área, os dias mais perturbados retirando assim várias conclusões:

- Existem tipos de alarmes que perturbam o sistema, mas que não são relevantes para o operador em situações que estejam a ocorrer alarmes relacionados com a existência de condições de operação que possam provocar perda da continuidade de serviço. (como por exemplo, os de porta aberta).
- Os alarmes do tipo protecções e religações, como por exemplo PRIIA (protecção de máxima intensidade fase), PRHID (protecção de máxima intensidade homopolar), PRETA (Arranque da protecção de terra), RLCIC (religação de ciclo), RLDDF (religação definitiva), foram bastante mais frequentes em dias que se verificaram tempestuosos como o dia 3 de Janeiro.
- Alarmes como por exemplo: URFCM (falha de comunicação da unidade remota), URINF (perda de informação da unidade remota), URSIN (sincronismo da unidade remota), são bastante frequentes no dia 29, na área de Coimbra Lousã e indicam que há instabilidade no sistema de informação.

CAPITULO 3

Previsão da Taxa de Alarmes Recorrendo a Métodos de Aprendizagem Automática

3.1 Introdução

A previsão da taxa de alarmes poderá ser importante, tendo em vista a possibilidade de antecipar os problemas que poderão acontecer em termos de necessidades de recursos, quer no centro de comando quer no terreno podendo, assim, melhorar o desempenho do sistema.

Com o objectivo de prever a taxa de alarmes, optou-se, à partida, por recorrer a métodos de Aprendizagem Automática (AA). Este termo, Aprendizagem Automática, é utilizado para denominar uma área de investigação cujo objectivo consiste na extracção de informação sintética de alto nível (conhecimento) a partir de um conjunto de dados que contenham uma grande quantidade de informação de baixo nível [10]. Os diferentes métodos de AA podem realizar aprendizagem supervisionada ou não supervisionada:

- Na aprendizagem supervisionada, parte-se de um conjunto de exemplos de entrada/saída (observações), recorrendo-se a métodos de inferência indutiva para se obter um modelo funcional que, hipoteticamente, explique as relações causa/efeito observadas entre as entradas e a saída.
- Na aprendizagem não-supervisionada recorre-se a métodos de inferência indutiva para formar grupos de observações que estejam de alguma forma relacionados. Denomina-se não-supervisionada por não ser dada nenhuma informação em relação aos fenómenos causa/efeito que possam existir dentro do domínio em análise.

Nesta dissertação foi usado o método de AA supervisionado. Como técnica de AA, foram utilizadas as Redes Neurais (denominadas, na literatura anglo-saxónica, *Artificial Neural Networks* – ANN), atendendo à já demonstrada superioridade desta técnica em fornecer previsões precisas, como na previsão eólica [11], na segurança de exploração de sistemas eléctricos [12] e para outro tipo de problemas dinâmicos.

A previsão é efectuada para cada área, não só pelo facto de haver oito áreas de controlo distintas MT e uma AT, mas também porque no capítulo anterior se concluiu que não havia relação entre as taxas de alarmes das diferentes zonas MT.

Neste capítulo será apresentada, na secção 3.2, a metodologia usada, os resultados da aplicação dessa mesma metodologia na secção 3.3 e, por fim, na secção 3.4, são retiradas algumas conclusões dos resultados obtidos.

3.2 Metodologia adoptada

Neste trabalho, com o objectivo de treinar as redes neuronais, recorreu-se ao algoritmo de Levenberg-Marquardt que se disponibiliza na *Toolbox* de Redes Neuronais do programa MATLAB [13].

Utilizou-se a rede neuronal do tipo Perceptrão Multicamada (denominada, na literatura anglo-saxónica, *Multilayer Perceptron* – MLP). Tal como se cita em [14], este tipo de ANN é frequentemente indicado como um dos métodos mais fiáveis dentro da Aprendizagem Automática.

É de realçar que a procura de uma ANN com o melhor desempenho de previsão possível necessita de vários treinos, de modo a que se testem várias alternativas, como as que envolvem a escolha:

- Dos valores a considerar, previamente ao treino, para os parâmetros da ANN;
- Da estrutura da ANN (número de camadas e unidades escondidas/neurónios);
- Dos vectores de variáveis de entrada;
- Do algoritmo de treino a adoptar.

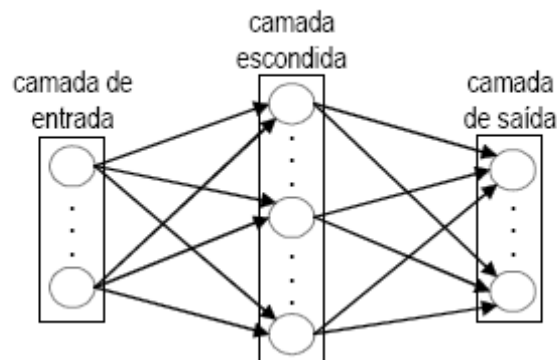


Figura 23 – Estrutura típica de uma ANN do tipo Perceptrão Multicamada (ex. com uma camada escondida) [14]

Neste tipo de estrutura, o número de unidades da camada de entrada é variável, sendo determinado pelo número de variáveis de entrada consideradas. O número de unidades da camada de saída é também variável dependendo das saídas que se pretende prever. Nesta dissertação, o número de saídas será apenas a taxa de alarmes.

Relativamente ao número de camadas escondidas, é usual encontrar na literatura a afirmação de que uma ANN com uma camada escondida pode aproximar-se a uma qualquer função contínua, com um desejado nível de precisão, desde que seja utilizado um número suficiente de unidades escondidas (como referências para esta afirmação, citam-se os trabalhos apresentados em [15] e [16]).

Na escolha do número de unidades da camada escondida, utilizou-se a regra descrita pela equação 3.1 [17]. Efectivamente, se esse número for muito pequeno, a ANN não

terá capacidade para se aproximar da função pretendida. Em contrapartida, se esse número for muito grande, a ANN perderá capacidade de generalização.

$$nu = 2 \times n + 1 \quad (3.1)$$

Onde

nu : número de unidades escondidas;

n : número de entradas;

Posto isto, é necessário especificar as funções de activação para as unidades da camada escondida e para as unidades de saída. Para as unidades escondidas, utilizou-se a função tangente hiperbólica e para as unidades de saída optou-se por utilizar a função linear pura. Ambas as funções estão representadas na Figura 24.

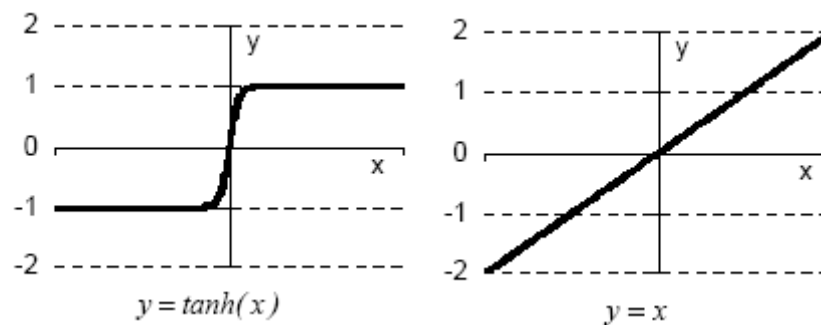


Figura 24 – funções de activação das unidades escondidas e de saída usadas [13]

Definida a estrutura da ANN, o processo de treino, visa encontrar o valor dos parâmetros que melhor se adaptam à amostra utilizada para treino. O treino consiste na resolução de um problema de optimização, no qual, em cada iteração, o verdadeiro valor da saída para cada exemplo do conjunto de treino é comparada com a previsão efectuada pela ANN, sendo o resultado dessa comparação usado para ajustar o valor de cada parâmetro com o intuito de minimizar as diferenças observadas entre a previsão e o conjunto de treino. Este processo termina quando a solução que maximiza a precisão da ANN é encontrada, sendo esta avaliação feita em cada iteração com um conjunto de validação.

Neste trabalho, o algoritmo de treino usado foi o de Levenberg-Marquardt. É de salientar, que são feitos 30 treinos para cada tipo de ANN, pelo facto de em cada treino, os valores das soluções iniciais serem diferentes para os parâmetros da ANN e, por isso, levarem a resultados diferentes.

É necessário, assim, realçar a evolução típica dos erros de treino e de validação, expressa na Figura 25. Verifica-se que nas primeiras iterações há uma diminuição de ambos os erros e que, a partir de um determinado ponto, o erro de validação começa a aumentar com o número de iterações. Se este aumento, ou não diminuição, acontecer algumas vezes consecutivas, o processo de treino deverá parar, pois a rede corre o risco de ficar sobre adaptada (perdendo capacidade de generalização). Assim, neste trabalho, os critérios de paragem do treino de uma ANN foram:

- A magnitude do gradiente do erro de validação é inferior a 10^{-10} ;
- O erro de validação sofreu, pelo menos, 5 aumentos consecutivos.

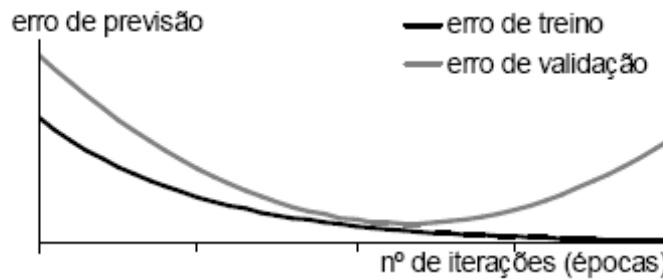


Figura 25 – Informação da evolução típica dos erros de treino e de validação [10]

Para se obter uma estimativa final da capacidade de generalização da ANN, resultante do processo de treino, deverá ser utilizada uma terceira amostra denominada por conjunto de teste.

Estes conjuntos, o de treino, o de validação e o de teste, são escolhidos a partir da amostra de dados, tipicamente, da seguinte maneira:

- Para o conjunto de treino, é utilizado 70% da amostra, sendo este dividido em conjunto de treino (70% dos 70% da amostra) e conjunto de validação (30% dos 70% da amostra)
- Para o conjunto de teste, são utilizados os restantes 30% da amostra

Para estes conjuntos serem utilizados na *Toolbox* de Redes Neurais do programa MATLAB [13], é necessário a normalização dos mesmos. Optou-se por uma normalização entre -1 e 1 utilizando a função do matlab “PREMNMX”.

Nesta procura de uma ANN que ofereça bons resultados para a taxa de alarmes, foram testadas várias alternativas. Em cada alternativa foram modificadas as entradas e, como consequência, a estrutura que depende do número de entradas.

Para cada alternativa testada, foram realizados 30 treinos. Isto deve-se ao facto de, cada vez que se treina a rede neuronal, os valores das soluções iniciais serem diferentes, obtendo-se assim resultados também diferentes.

Para cada conjunto foi feita uma avaliação do desempenho de cada ANN treinada, através do cálculo de um índice numérico (RE), de seguida explicado, que caracteriza o erro de previsão fornecido para os exemplos do conjunto de teste. A seguir, para cada conjunto de erros de previsão foi calculada a média amostral, \bar{E} , e a variância amostral, S^2_E .

Para o cálculo de RE, calcula-se, previamente, o erro quadrático médio (MSE), que é um erro de regressão pois o problema é de regressão (variável de saída do tipo numérico), com o intuito de quantificar estimativas para a precisão do modelo de previsão.

$$MSE(f) = \frac{1}{ne} \sum_{i=1}^{ne} (Y_i - \hat{Y}_i(f))^2 \quad (3.2)$$

Onde:

ne : número de exemplos da amostra utilizada;

$\hat{Y}_i(f)$: valor previsto pelo modelo funcional;

Y_i : verdadeiro valor da variável de saída

- Erro Quadrático Médio Relativo

$$RE(f) = \frac{MSE(f)}{MSE(\bar{Y})} = \frac{\frac{1}{ne} \sum_{i=1}^{ne} (Y_i - \hat{Y}_i(f))^2}{\frac{1}{ne} \sum_{i=1}^{ne} (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.4)$$

Onde:

\bar{Y} : valor médio amostral de y

$MSE(\bar{Y})$: desvio quadrado médio amostral de y

Também é usual recorrer-se ao cálculo dos seguintes erros de regressão:

- Erro Absoluto Médio:

$$MAE(f) = \frac{1}{ne} \sum_{i=1}^{ne} |Y_i - \hat{Y}_i(f)| \quad (3.3)$$

O RE corresponde a um erro de previsão relativo, com um valor máximo de 1, que calcula a razão do MSE em relação ao erro que seria obtido se a função de previsão correspondesse ao valor médio amostral. Assim, um valor de RE inferior a 1 indica que o modelo funcional fornece previsões mais precisas do que a simples utilização do valor médio da saída.

Por último, realizou-se o teste de hipóteses, onde se supõe que os valores esperados das amostras de duas populações desconhecidas de erros de previsão se designam $\mu_{E,A}$ e $\mu_{E,B}$ e foi testada a seguinte hipótese nula:

$$H_0 : \mu_{E,A} = \mu_{E,B} \quad (3.5)$$

a qual considera que duas alternativas fornecem erros de previsão semelhantes. Se for possível supor, com uma elevada probabilidade, que H_0 é falsa, então considera-se válida a seguinte hipótese alternativa:

$$H_1 : \mu_{E,A} > \mu_{E,B} \quad (3.6)$$

a qual considera que, de entre as duas alternativas, a A fornece pior desempenho de previsão.

Esta inferência foi realizada através do cálculo da seguinte estatística de teste:

$$ET = \frac{\bar{E}_A - \bar{E}_B}{\sqrt{\frac{s_{E,A}^2}{N_A} + \frac{s_{E,A}^2}{N_B}}} \quad (3.7)$$

Onde N_A e N_B representam as dimensões das amostras de erros de previsão (que, no presente trabalho, foi 30).

Admitindo que H_0 é verdadeira, então ET segue uma distribuição Normal padronizada, ou seja, uma distribuição $N(0,1)$. Partindo deste pressuposto, será possível obter, por consulta dos valores da distribuição $N(0,1)$, um valor crítico para ET , denominado $ET(\alpha)$, como sendo o valor para o qual a variável ET tem uma probabilidade de ter um valor superior a $ET(\alpha)$. Se o valor calculado para ET através da equação (3.7) for maior do que $ET(\alpha)$, então H_0 é rejeitada com um nível de confiança de $(1-\alpha) \times 100\%$.

Neste processo, α denomina-se nível de significância do teste. Ao maior valor de α com o qual se pode rejeitar H_0 dá-se o nome de valor de prova. Quanto menor for o valor de prova, mais forte será a confiança $(1-\alpha) \times 100\%$ com que se pode aceitar H_1 por consequência de se ter rejeitado H_0 . Neste tipo de testes é costume aceitar-se H_1 se o valor de prova for, no máximo, de 5% (nível de confiança mínimo de 95%). Para maiores valores de prova, a hipótese H_0 não é geralmente rejeitada, considerando-se que o teste é inconclusivo.

3.3 Apresentação de resultados

Neste capítulo, são apresentados os resultados da aplicação da metodologia anteriormente descrita, nas várias áreas de rede, tendo em foco, a área de Ave e Sousa. Este destaque, foi motivado por não ter havido tempo suficiente para se aplicarem todas as experiências efectuadas para Ave e Sousa, às restantes áreas de rede da Região Norte.

3.3.1 Resultados relativos à área Ave e Sousa

Com o objectivo da previsão, foi necessário encontrar uma entrada possível para a rede neuronal. Por isso, utilizou-se o programa SPSS, que permite verificar, para uma série temporal, a sua auto-regressividade e respectiva ordem. Para Janeiro de 2008, utilizaram-se as taxas de alarmes obtidas para a área de Ave e Sousa, área mais em foco nesta dissertação, e concluiu-se que era uma série temporal auto-regressiva e que dependia essencialmente dos 15 minutos anteriores. Em [18] pode-se encontrar uma descrição genérica sobre séries temporais. Esta conclusão é fundamentada, pela análise da Figura 26 composta por dois gráficos, obtidos pelo SPSS [9]. O primeiro, ACF, indica que é um modelo auto-regressivo pelo seu decaimento exponencial, enquanto que o segundo, Partial ACF, indica que depende essencialmente dos 15 minutos anteriores, pelo facto de no lag1, que corresponde aos 15 minutos anteriores, ter informação muito mais relevante que nos outros períodos que estão ligeiramente acima dos limites, isto é, de ser considerado ruído.

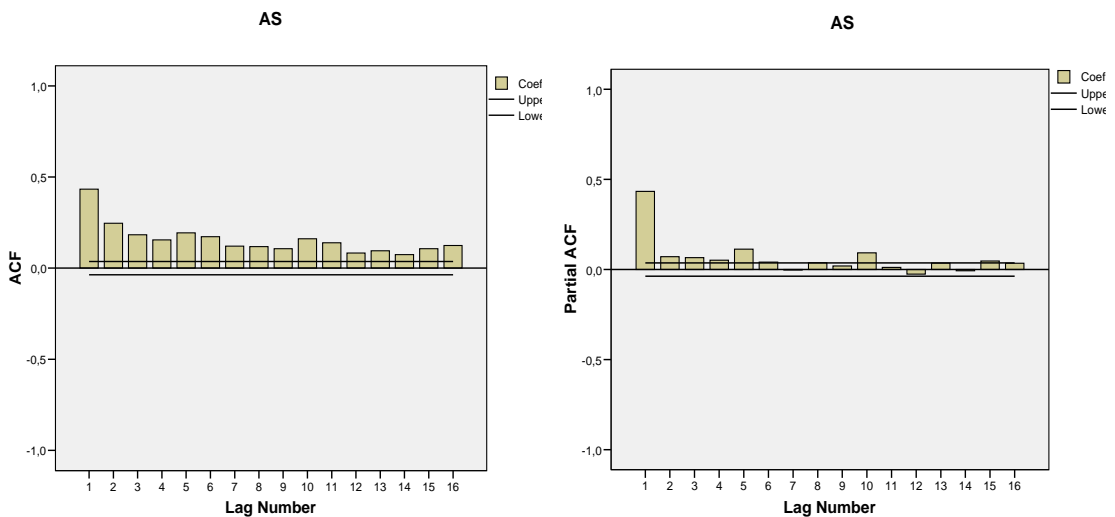


Figura 26 – Informação sobre a série temporal das taxas de alarmes na área AS.

Análise de Janeiro de 2008 (entrada: X_{t-1})

Assim, para fazer o primeiro treino de uma rede neuronal, utilizou-se apenas, como entrada, a taxa de alarmes que ocorreram nos 15 minutos anteriores, X_{t-1} e como saída, alvo, o valor real, y_t da taxa de alarmes que irá ocorrer nos próximos 15 minutos.

Atendendo à metodologia descrita na secção 3.2, para a estrutura da rede, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 16 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para Janeiro 2008

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	Max	Desvio Padrão
MAE (NA)	4.69156	4.45503	4.93059	0.08179
RMSE (NA)	12.23654	12.06086	12.43904	0.10035
RE (adim)	0.97540	0.94753	1.00788	0.01603

Onde $RMSE = \sqrt{MSE}$ e NA significa número de Alarmes.

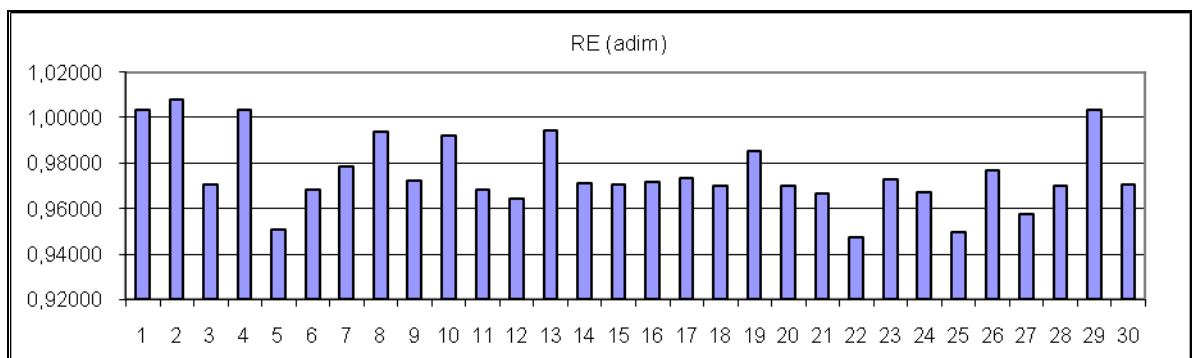


Figura 27 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para Janeiro 2008

Facilmente se verifica que os resultados não são satisfatórios pelo facto da média do índice RE ser próximo de 1.

Análise de 15 de Fevereiro a 15 de Abril de 2008 (entrada: X_{t-1})

No sentido de reduzir o erro, a primeira medida tomada foi aumentar a amostra de dados para dois meses. O período utilizado foi então o de 15 de Fevereiro a 15 de Abril, pelo facto do registo, dos primeiros dias de Fevereiro, estar sem informação.

Para este período, tendo apenas como entrada o vector X_{t-1} , registaram-se os seguintes resultados:

Tabela 17 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.81798	3.53887	4.01115	0.13333
RMSE (NA)	11.53144	11.38484	12.16896	0.15202
RE (adim)	0.89136	0.86869	0.99247	0.02393

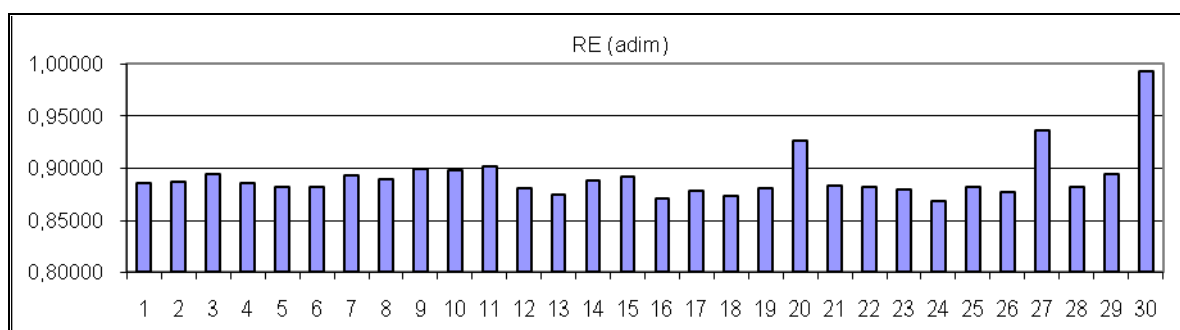


Figura 28 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Denota-se uma pequena melhoria dos resultados, com o aumento da amostra de dados. Atendendo ao período de tempo disponível para a realização da presente dissertação apenas foi possível retirar da lista de eventos a informação relativa a mais dois meses (para além do mês de Janeiro). Efectivamente o programa desenvolvido para retirar esta informação da base de dados, demorou diversas horas e, a aplicação em Excel, desenvolvida para tratar a informação retirada da base de dados, demorou cerca de dois dias só para obter as séries temporais das taxas de alarmes. Assim, treinaram-se as ANN sempre com este período, variando apenas nas entradas.

Como consequência, do anteriormente descrito e das conclusões retiradas da análise feita na secção 2.3.3, isto é, que existem alarmes que poderão ser considerados como ruído, pois perturbam o operador bastantes vezes e por vezes de forma consecutiva, sem contudo serem de importância relevante para este (ex. dos alarmes de porta aberta verificados na secção 2.3.3). A primeira tentativa de reduzir o erro anterior consistiu em retirar alguns alarmes passíveis de reduzir o ruído.

Desta feita criou-se uma pequena rotina em VBA, que permite retirar da lista de alarmes os alarmes pretendidos, para de seguida, se obter as novas taxas de alarmes. Foram assim realizadas dois tipos de experiências:

- Retirando os alarmes de Porta aberta (três últimos caracteres do TAG “POR”)

Tabela 18 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes Porta aberta para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.79647	3.49108	4.26569	0.16302
RMSE (NA)	11.47961	11.31982	11.70029	0.08426
RE (adim)	0.89008	0.86543	0.92458	0.01311

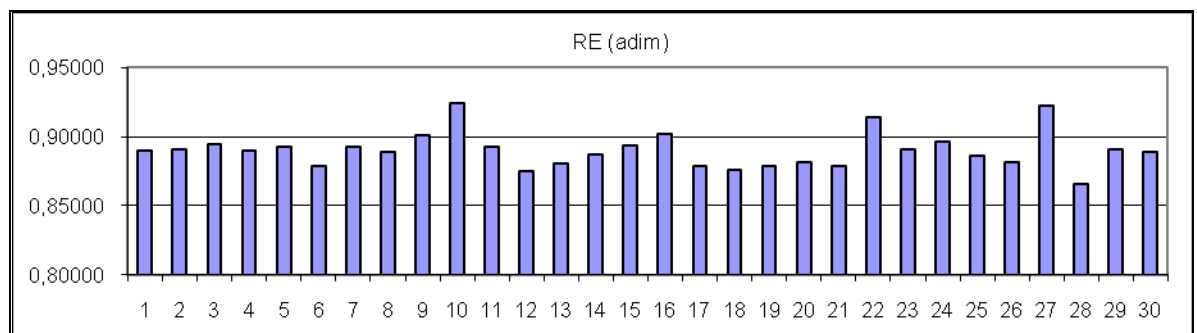


Figura 29 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes Porta aberta para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Retirando os alarmes do tipo URINF (perda de informação):

Tabela 19 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes URINF para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.67576	3.36370	3.94550	0.14952
RMSE (NA)	9.47064	9.38787	9.58096	0.03609
RE (adim)	0.92396	0.90786	0.94559	0.00705

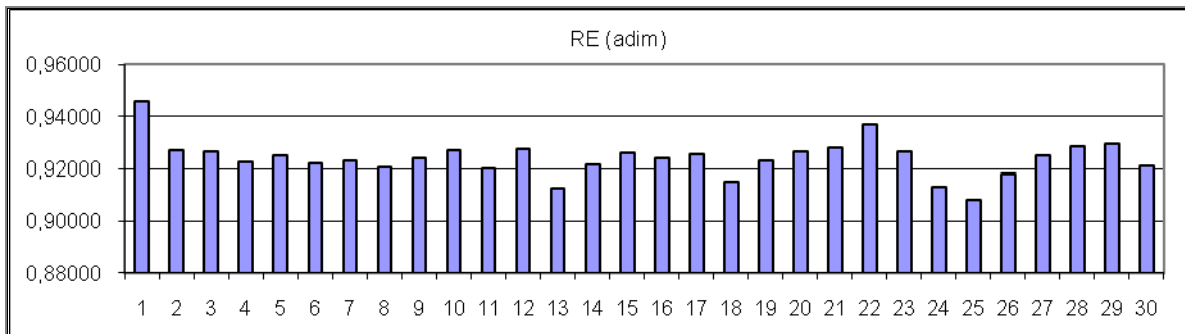


Figura 30 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} sem alarmes URINF para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Posteriormente, através de alguns dados fornecidos pela DAT, com a conjugação de algum conhecimento adquirido sobre a cadência de alarmes, construiu-se uma variável de entrada denominada “estado do sistema”. Esta variável toma o valor “0” se o sistema de informação está estável e o valor “1” se o sistema está instável. Como se verificará esta variável poderia ser mais complexa mas com a falta de informação, foi usada nestes moldes. Desta forma a ANN, que terá duas entradas, irá modificar a sua estrutura tal como demonstrado na secção anterior, registando-se os seguintes resultados:

- ANN com duas entradas (X_{t-1} , estado do sistema)

Tabela 20 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com a entrada X_{t-1} e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.85259	3.61526	3.94425	0.07578
RMSE (NA)	11.49691	11.38568	11.82437	0.08872
RE (adim)	0.88593	0.86882	0.93706	0.01377

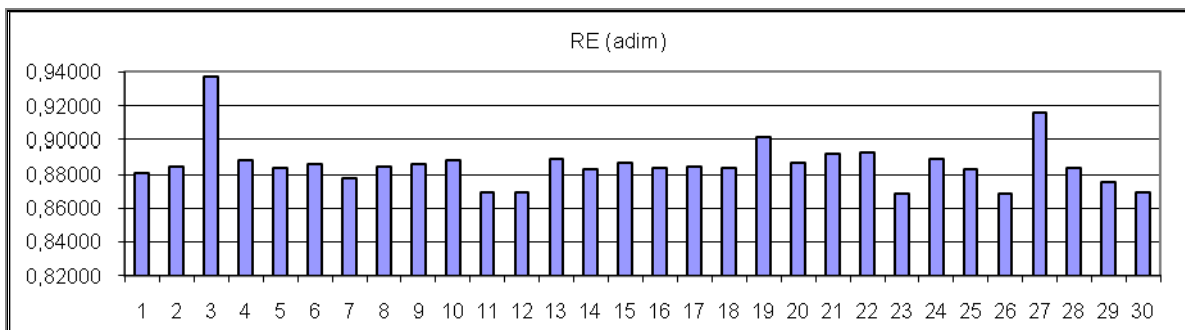


Figura 31 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Na constante procura da redução do erro, foram realizadas ainda as seguintes experiências, onde apenas se modifica o número e o tipo de entradas:

- ANN com duas entradas (X_{t-1} , Hora)

A hora foi codificada utilizando quatro dígitos de números inteiros. Os dois primeiros para a hora e os dois últimos para os minutos. Por exemplo para a descodificação das 15:45h utilizou-se o código 1545.

Tabela 21 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Hora para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.85963	3.58890	4.15810	0.10495
RMSE (NA)	11.55816	1q.33752	11.97618	0.13828
RE (adim)	0.89547	0.86148	0.96128	0.02155

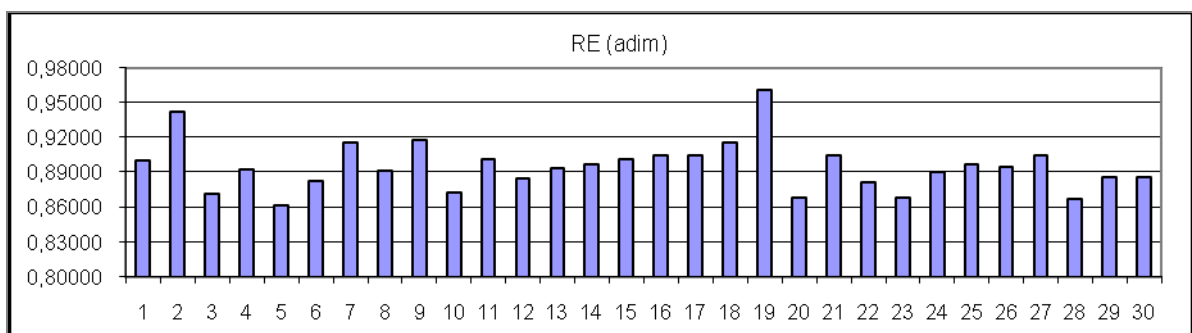


Figura 32 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Hora para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com duas entradas (X_{t-1} , Dia da semana)

Tabela 22 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.87203	3.68187	4.15747	0.11046
RMSE (NA)	11.57112	11.30833	12.94135	0.32275
RE (adim)	0.89803	0.85706	1.12246	0.05224

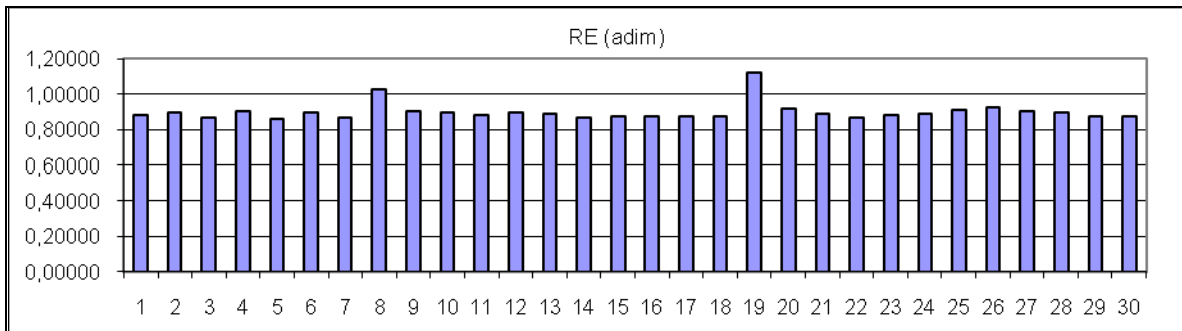


Figura 33 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e Dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com duas entradas (X_{t-1} , X_{t-2}).
Onde X_{t-2} é o valor que ocorreu há dois períodos atrás, isto é, há 30 minutos.

Tabela 23 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.90692	3.54640	4.37706	0.16404
RMSE (NA)	11.65160	11.42029	12.57355	0.23959
RE (adim)	0.91025	0.87411	1.05956	0.03837

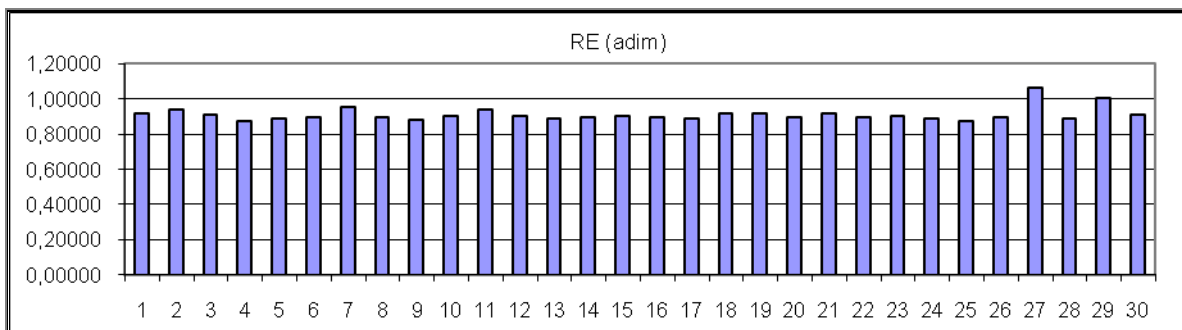


Figura 34 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com três entradas(X_{t-1} , Hora, dia da Semana)

Tabela 24 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, Dia da Semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.87736	3.62829	4.37325	0.14897
RMSE (NA)	11.55066	11.34874	12.29571	0.21525
RE (adim)	0.89448	0.86319	1.01326	0.03395

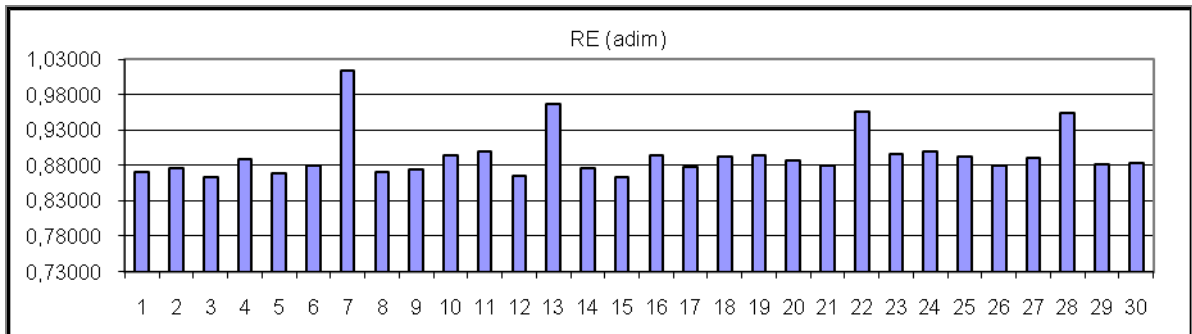


Figura 35 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, Dia da Semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com três entradas (X_{t-1} , X_{t-2} , Hora)

Tabela 25 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.97696	3.69034	4.29484	0.17833
RMSE (NA)	11.76484	11.43264	13.63774	0.41507
RE (adim)	0.92881	0.87604	1.24657	0.06933

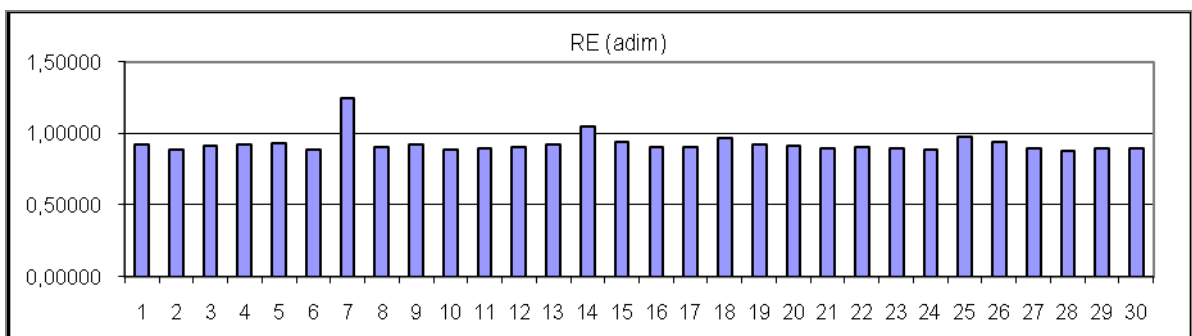


Figura 36 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com três entradas (X_{t-1} , Estado do sistema, Hora)

Tabela 26 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.87135	3.72631	4.02242	0.07464
RMSE (NA)	11.56231	11.35250	11.87973	0.11985
RE (adim)	0.89576	0.86376	0.93628	0.01780

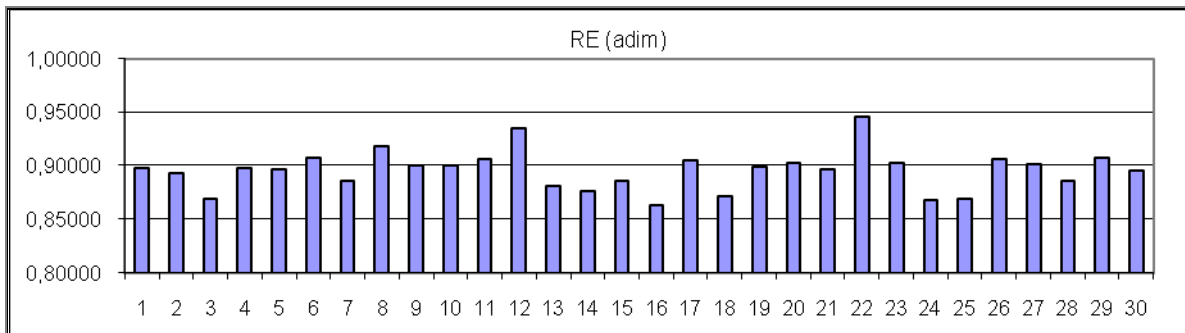


Figura 37– Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora e estado do sistema para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- ANN com quatro entradas(X_{t-1} , Estado do sistema, Hora, dia da Semana)

Tabela 27 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, estado do sistema e dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.83434	3.56874	4.13570	0.13041
RMSE (NA)	11.54573	11.35203	12.00815	0.13839
RE (adim)	0.89354	0.86369	0.96642	0.02155

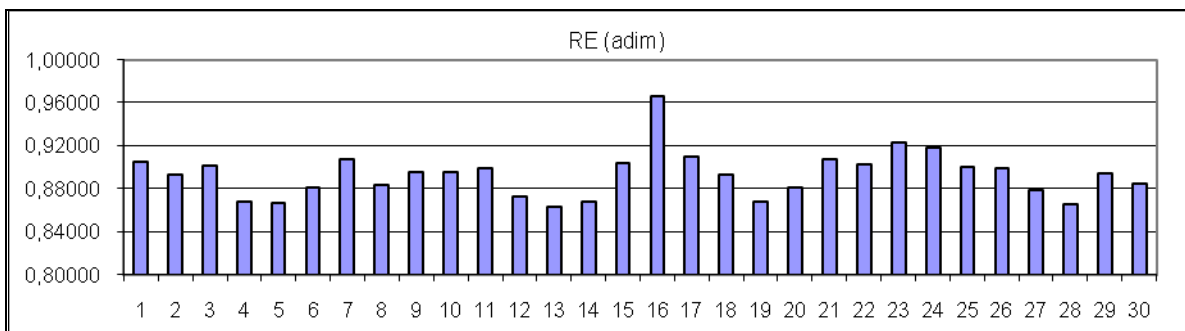


Figura 38 – Índice RE para as 30 ANN da área AS com as entradas X_{t-1} , Hora, estado do sistema e dia da semana para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

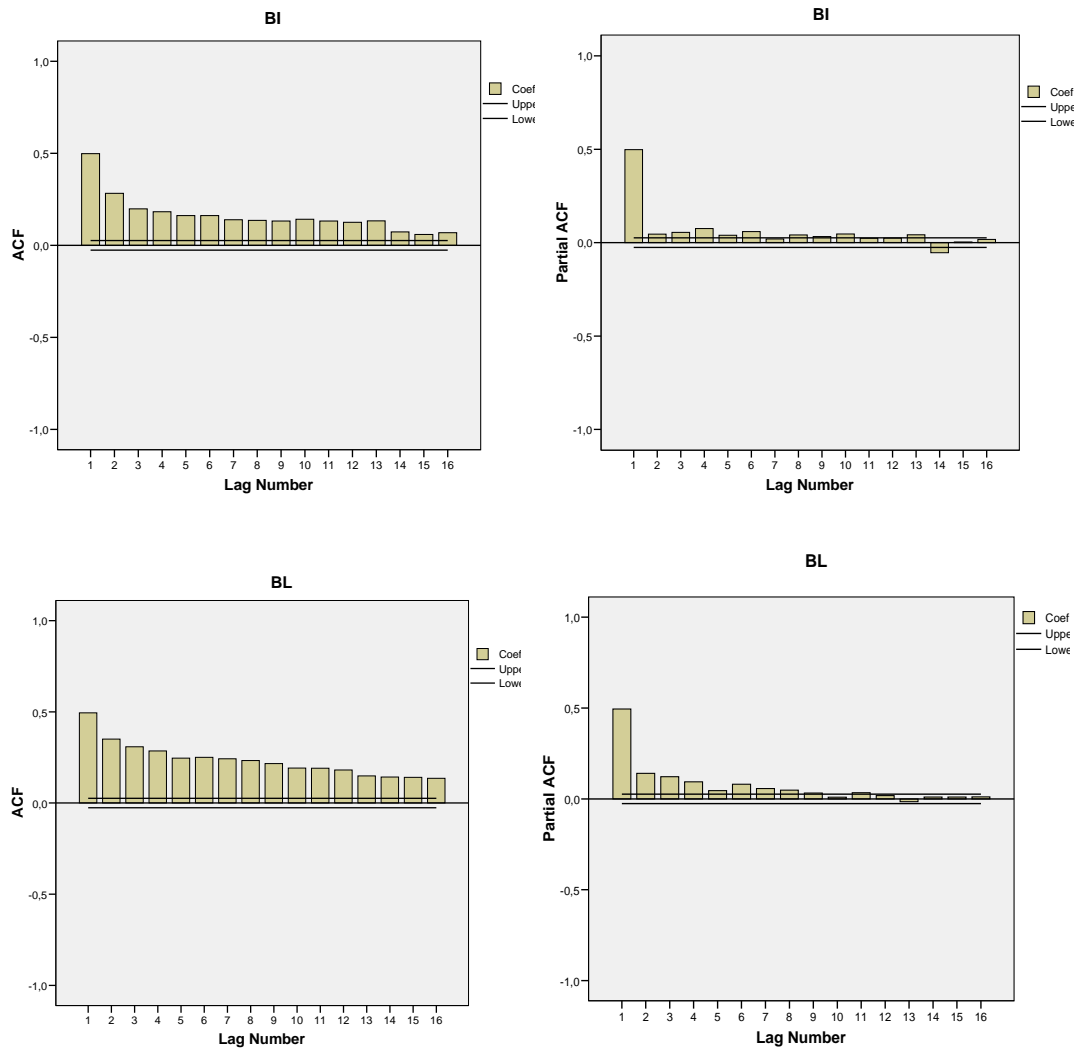
Dos resultados apresentados, salientam-se os valores médios do índice RE. São de facto menores que um, indicando assim que é melhor fazer a previsão com uma ANN do que fazer, simplesmente, a média de alarmes. Contudo os valores do índice RE estão na ordem dos 0,8 a 0,9, o que demonstra que a previsão terá erros elevados.

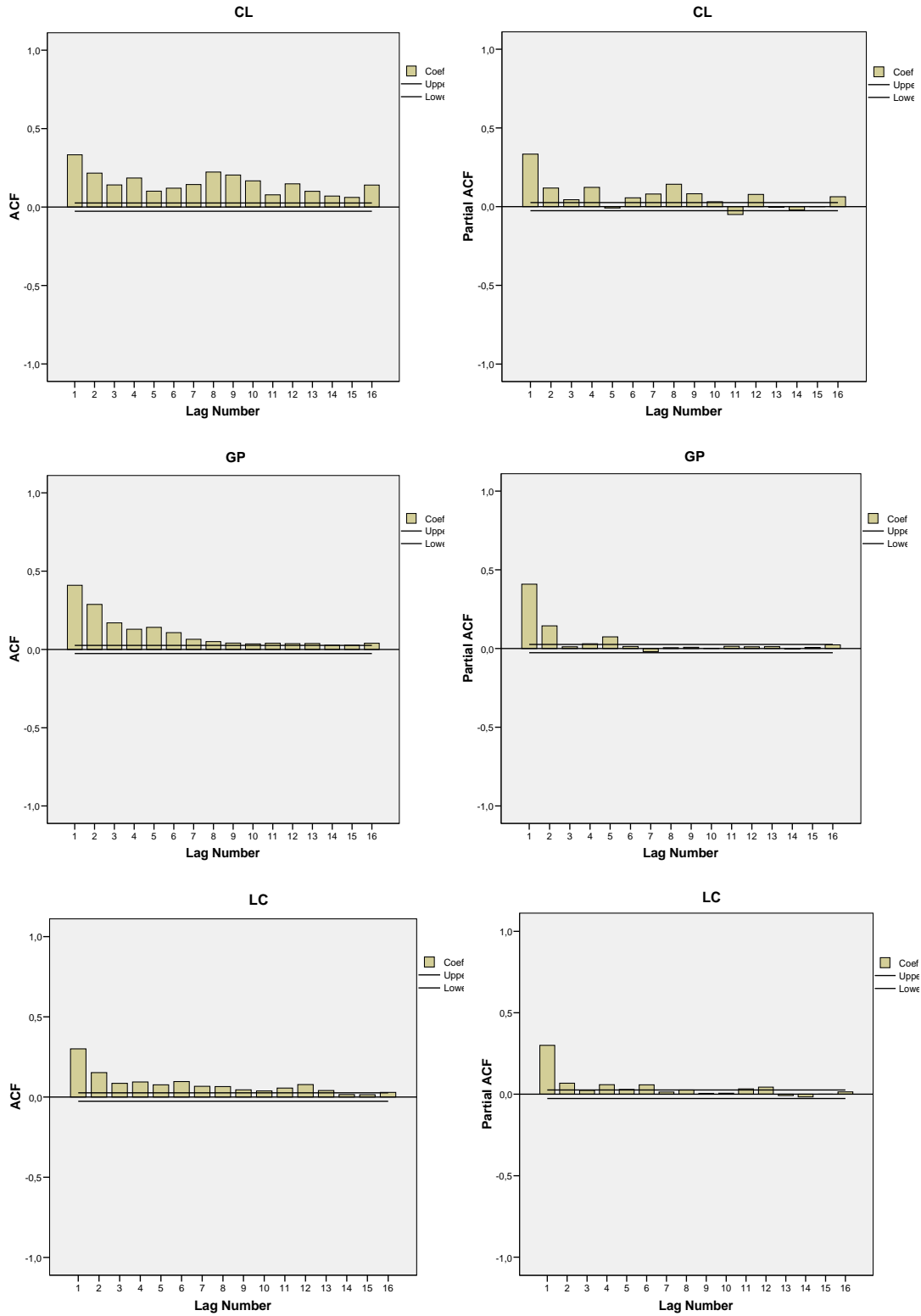
No capítulo 3.3.3, é feita a comparação estatística destas possíveis soluções, da qual se determina a melhor opção.

3.3.2 Resultados relativos às restantes áreas de rede

Tendo em conta o mesmo período de dois meses, 15 Fevereiro a 15 de Abril, foram realizados várias experiências para as outras áreas de rede.

Contudo, tendo em vista a verificação do tipo de dados para as outras áreas tal como foi feito para a área AS, utilizou-se o SPSS [9], obtendo-se os gráficos ilustrados na Figura 39.





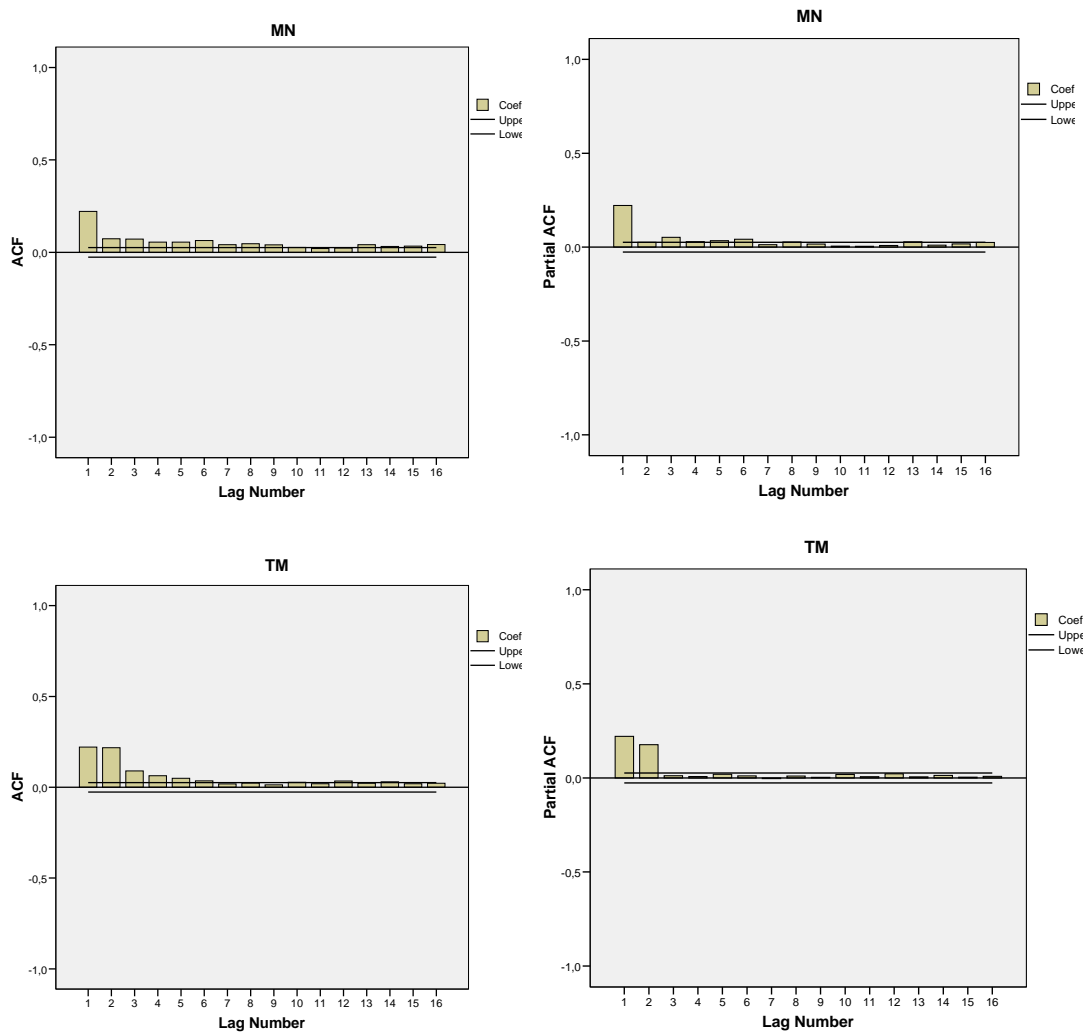


Figura 39 – Informação sobre a série temporal das taxas de alarmes nas áreas BI, BL, CL, GP, LC, MN, TM

Depreende-se, tal como se verificou para a zona AS, que o decaimento exponencial nos gráficos ACF indica que a série é auto-regressiva. Pelos gráficos Partial ACF, verifica-se, mais uma vez, que o lag com mais informação é o primeiro, o que significa que depende da taxa de alarmes dos 15 minutos anteriores.

Assim realizaram-se as seguintes experiências:

- Para a área BI:
 - ANN com uma entrada (X_{t-1})

Tabela 28 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BI com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	5.68947	5.48731	5.96199	0.11785
RMSE (NA)	15.63007	14.83825	18.14481	0.65504
RE (adim)	0.75544	0.67968	1.01635	0.06616

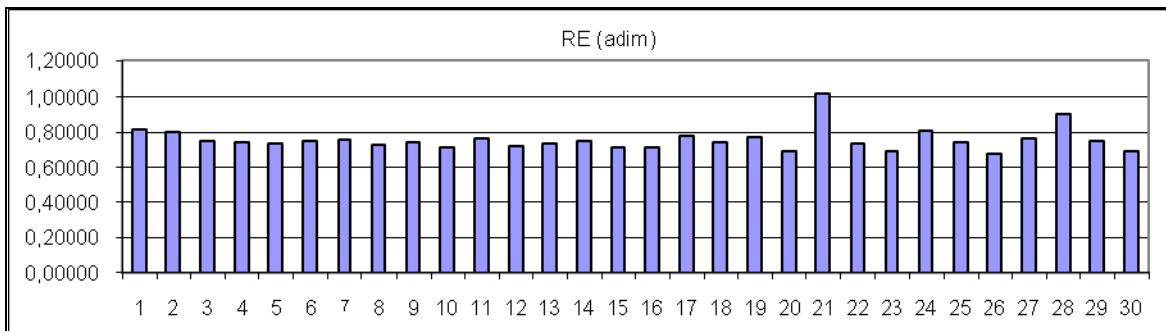


Figura 40 – Índice RE para as 30 ANN da área BI com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área BI
 - ANN com duas entradas (X_{t-1} , X_{t-2})

Tabela 29 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BI com as entradas X_{t-1} , X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	5.82680	5.38878	6.60064	0.28369
RMSE (NA)	15.82675	14.62393	20.74681	1.42325
RE (adim)	0.77928	0.66019	1.32875	0.15259

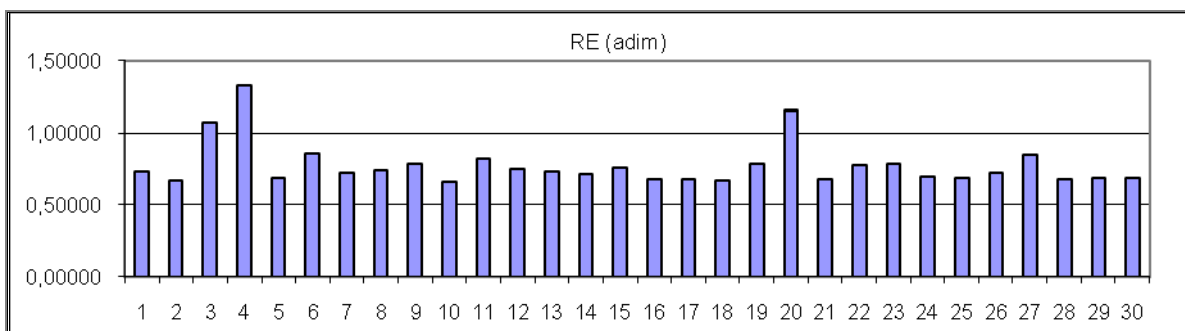


Figura 41 – Índice RE para as 30 ANN da área BI com as entradas X_{t-1} , X_{t-2} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área BL
 - ANN com uma entrada (X_{t-1})

Tabela 30– Valores dos erros médios para as 30 ANN da área BL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	6.85787	6.63206	7.69146	0.17453
RMSE (NA)	14.44751	14.37172	14.60303	0.04293
RE (adim)	0.76353	0.75553	0.78005	0.00455

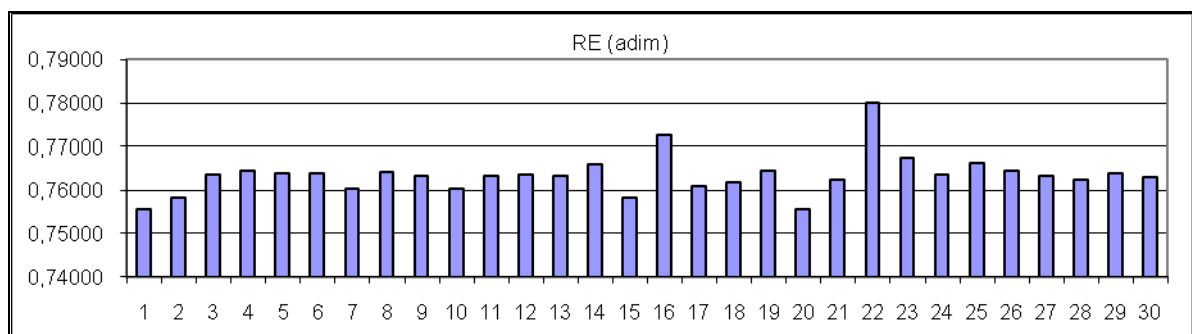


Figura 42 – Índice RE para as 30 ANN da área BL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área CL
 - ANN com uma entrada (X_{t-1}):

Tabela 31 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área CL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MSE (NA)	5.29196	5.08532	5.63492	0.15721
RMSE (NA)	19.18826	18.91336	20.24390	0.33949
RE (adim)	0.93118	0.90442	1.03614	0.03360

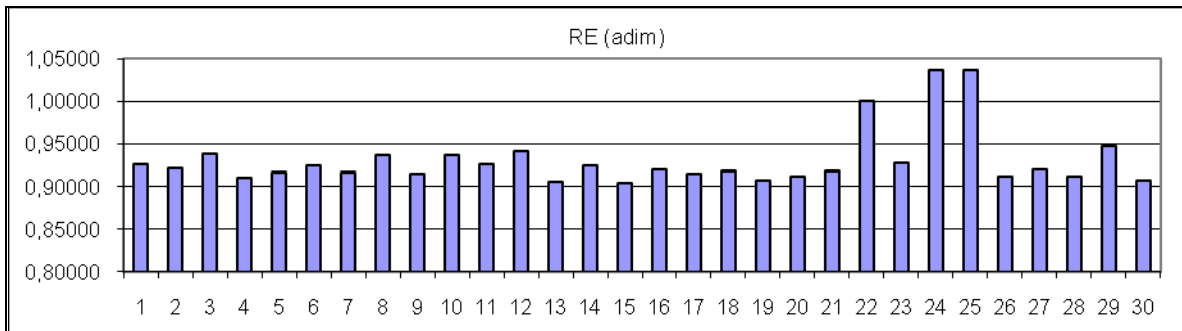


Figura 43 – Índice RE para as 30 ANN da área CL com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área GP
 - ANN com uma entrada (X_{t-1})

Tabela 32 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área GP com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MSE (NA)	4.19966	3.92959	4.34573	0.09222
RMSE (NA)	8.73926	8.65022	8.89288	0.05294
RE (adim)	0.78255	0.76666	0.81027	0.00952

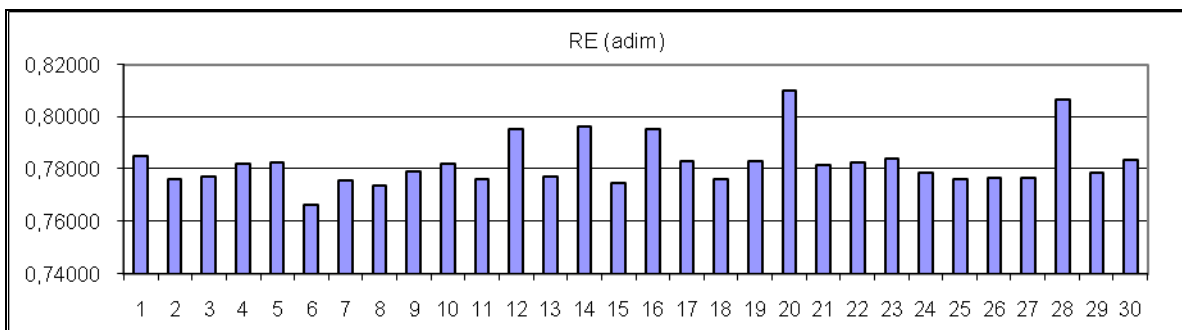


Figura 44 – Índice RE para as 30 ANN da área GP com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área LC
 - ANN com uma entrada (X_{t-1})

Tabela 33 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área LC com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.66180	3.11901	4.29373	0.27241
RMSE (NA)	9.28082	9.03060	9.68868	0.18180
RE (adim)	0.86508	0.81875	0.94243	0.03397

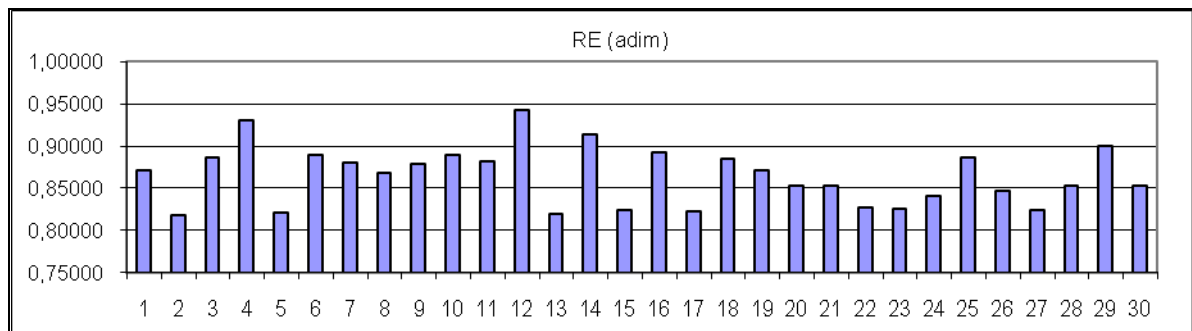


Figura 45 – Índice RE para as 30 ANN da área LC com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área MN
 - ANN com uma entrada (X_{t-1}):

Tabela 34 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área MN com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	2.96121	2.75116	3.33052	0.11167
RMSE (NA)	9.78811	9.64962	10.52446	0.15967
RE (adim)	0.96867	0.94121	1.11961	0.03245

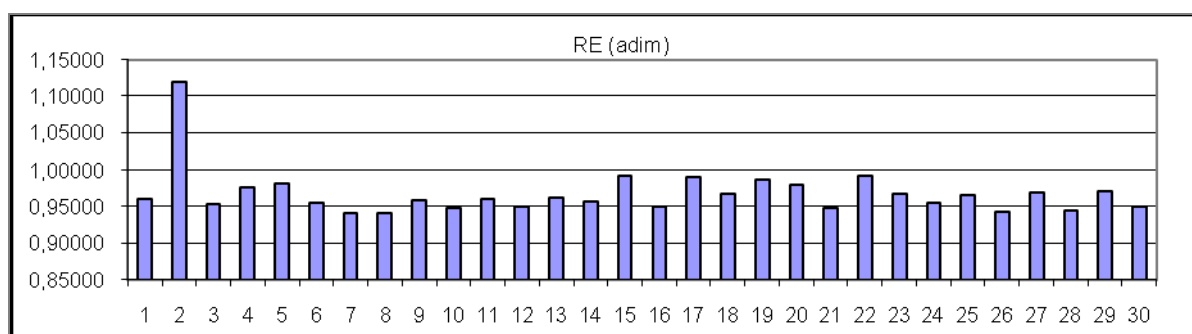


Figura 46 – Índice RE para as 30 ANN da área MN com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

- Para a área TM
 - ANN com uma entrada (X_{t-1})

Tabela 35 – Valores dos erros médios para as 30 ANN da área TM com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Valor Médio do Erro	Valor Médio(30ANN)	min	max	Desvio Padrão
MAE (NA)	3.89029	3.61093	4.17172	0.12925
RMSE (NA)	19.44147	12.73232	29.52469	3.97014
RE (adim)	2.32028	0.96364	5.18168	0.96572

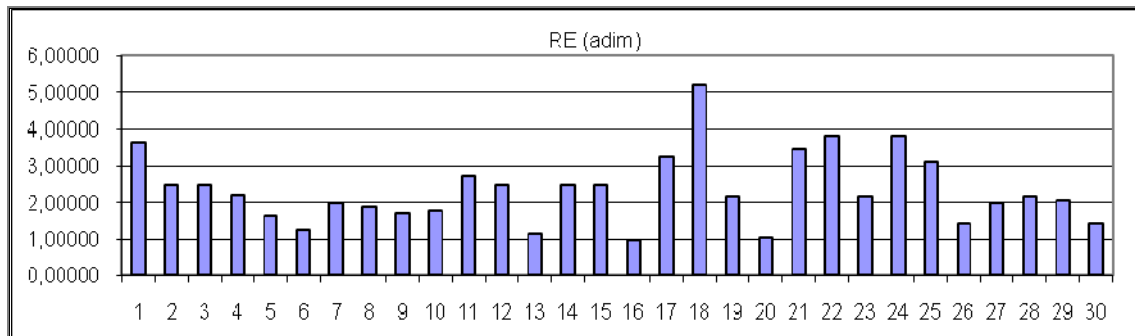


Figura 47 – Índice RE para as 30 ANN da área TM com a entrada X_{t-1} para o período de 15 de Fevereiro a 15 Abril

Constata-se que há áreas de rede que têm um índice RE menor de que na área AS, sendo que os resultados obtidos na área TM são muito piores que em todas as outras áreas.

Após um estudo mais aprofundado, conclui-se que, para cada treino de uma rede neuronal, quanto mais picos (grande número de alarmes em 15 minutos) tiver o conjunto de teste pior é a resposta da rede neuronal.

3.3.3 Análise estatística dos resultados da área Ave e Sousa

Recorreu-se então a uma análise estatística das hipóteses para a área de Ave e Sousa com o objectivo de verificar qual das ANN estudadas seria a melhor opção.

Para as hipóteses:

A: ANN (1-3-1) para Janeiro 08

B: = A mas para o período de 15 Fevereiro a 15 de Abril

C: = B sem alarmes de porta aberta

D: = B sem alarmes de perda de informação

Obtiveram-se os seguintes resultados expressos na Figura 48.

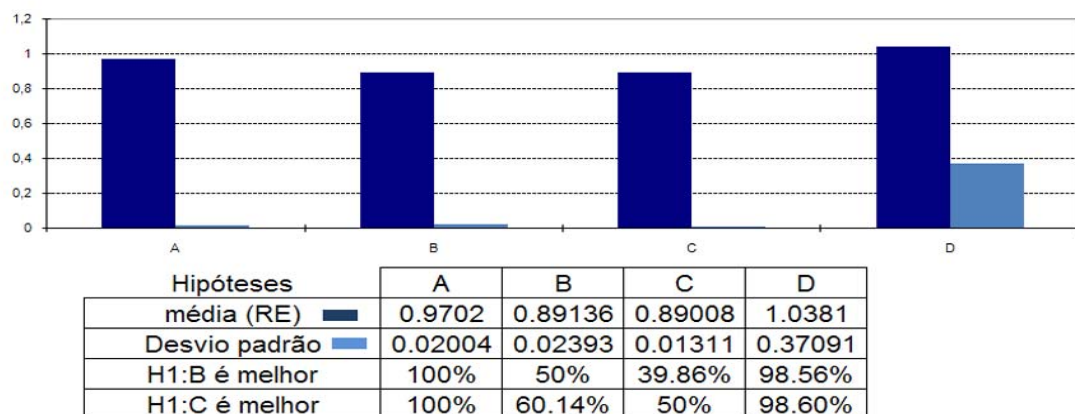


Figura 48 – Teste estatístico para a hipótese A, B, C e D na área AS

Ao fazer o teste “H1: B é melhor”, verifica-se que a hipótese B é melhor do que a hipótese A com um grau de confiança de 100% e melhor do que D com um grau de confiança de 98,47%. A hipótese B não é melhor em relação a hipótese C. Realizando o teste “H1: C é melhor” constata-se também que a hipótese C é melhor que A e D, mas não é melhor que a hipótese B.

Assim Mostra-se que B e C são indiferentes.

Para as hipóteses:

E: = B mais a entrada: estado do sistema

F: = B mais a entrada: dia da semana

G: = B mais a entrada: hora do dia

H: = B com a entrada: X_{t-2}

I: = B com as entradas: dia da semana e hora do dia

J: = B com as entradas: X_{t-2} e hora do dia

K: = B com as entradas: hora do dia e estado do sistema

Obtiveram-se os seguintes resultados expressos na Figura 49.

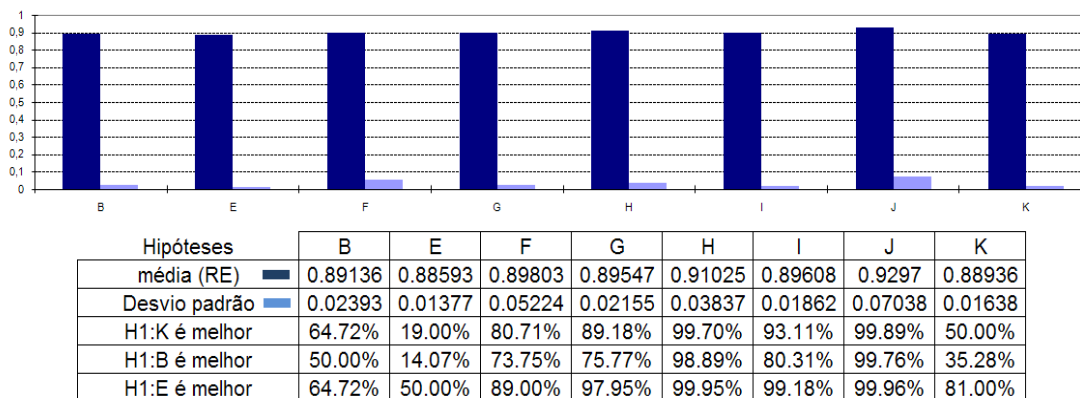


Figura 49 – Teste estatístico para a hipótese B, E, F, G, H, I, J e K na área AS

A partir da análise estatística, considerando as hipóteses analisadas na secção 3.3.1, do teste “H1:K é melhor” constata-se que a hipótese K não é melhor em relação às hipóteses B, E, F e G, mas é melhor que as hipótese H com 99,70% de certeza, melhor que a I com 93,11% de certeza e melhor que a J com um grau de confiança de 99,89%.

Verifica-se, pela análise da Figura 49 do teste “H1: B é melhor” que a hipótese B é melhor que a H e J mas não é melhor que E e K. Da mesma figura, do teste “H1:E é melhor”, conclui-se que a hipótese E é melhor que a maior parte das hipóteses testadas com graus de confiança elevados. Contudo, em relação à hipótese B, pode-se afirmar que são hipóteses indiferentes pois no teste (B melhor), B não é melhor que E e no teste (E melhor), não se pode afirmar com certeza que E é melhor que B. É também possível afirmar que as hipóteses B, E e K são indiferentes aplicando o raciocínio anterior.

3.4 Conclusões

Neste capítulo, constata-se que, para a área AS, o índice RE é menor do que 1, o que significa que será melhor fazer a previsão do que, simplesmente, a média. Contudo, os valores de RE obtidos são ainda bastante elevados, o que indica que a previsão está longe de ser precisa.

Comparando os índices RE para as diversas áreas de rede, verifica-se que são todos diferentes sendo o valor deste índice para a área TM superior a todos os outros. A partir deste ponto, concluiu-se que, quantos mais picos de taxa de alarmes o conjunto de teste possuir, maior é o erro da previsão.

Por fim, pela análise estatística, conclui-se que a melhor solução seria optar por uma ANN que tenha como entradas o X_{t-1} (hipótese B), pelo facto da opção E ser mais trabalhosa ao implicar o emprego da variável Estado do Sistema.

É opinião do autor da presente dissertação que a pouca qualidade observada para a precisão de alarmes resulta essencialmente, dos seguintes factores:

- Os alarmes que foram contabilizados para definir a taxa de alarmes englobam um elevado número de diferentes tipos de alarme que, por sua vez, dependem de condições de operação muito distintas. Uma alternativa que deveria ser

testada, na tentativa de melhorar o desempenho das ANN, seria efectuar uma previsão por tipo de alarme. Isto implicaria uma análise mais cuidada de todo o tipo de alarmes que podem ocorrer, de modo a conseguir fazer a separação por grupos de alarmes que dependem do mesmo tipo de condições de operação (como por exemplo as condições atmosféricas e o estado do sistema de informação).

- O curto período de tempo analisado.
- A falta da inclusão, no conjunto de entradas da ANN, de informação que caracterize adequadamente as condições de operação que são relevantes para explicar a ocorrência de cada tipo de alarme.

CAPITULO 4

Conclusão

4.1 Principais contribuições

Nesta dissertação, foi proposto encontrar uma metodologia de previsão de alarmes com base em métodos de aprendizagem automática (AA) e um modelo de suavização do número de alarmes a serem tratados pelo operador, em tempo real.

A previsão da taxa de alarmes seria importante, tendo em vista a possibilidade de antecipar os problemas que poderão acontecer em termos de necessidades de recursos humanos e informáticos, quer no centro de comando quer no terreno, podendo, assim, melhorar o desempenho do operador.

É de salientar que, de facto, os resultados não são muito satisfatórios, obtendo-se erros elevados para os períodos de 15 minutos em que a taxa de alarmes aumenta significativamente.

Com o objectivo de melhorar o desempenho do operador, isto é, tomar as melhores decisões em menos tempo possível, concluiu-se que é importante reduzir, de uma forma geral, os alarmes que aparecem ao operador, em que este não tem que intervir. Contudo, deverá haver algo que lhe permita aceder, de uma forma rápida, à lista de eventos. Desta forma, partindo da análise do capítulo 2, e com o intuito de encontrar um modelo de suavização, apresentam-se várias considerações sobre alguns tipos de alarmes:

- Em Regime perturbado, os alarmes do tipo arranque de protecção só deveriam aparecer caso causassem, realmente, algum disparo, isto é, deveria aparecer o alarme da protecção caso provocasse a abertura de um disjuntor, permitindo ao operador tomar a melhor opção em menos tempo. Isto porque, actualmente, nos períodos anteriores e posteriores a uma ocorrência de disparo, existe uma quantidade enorme de informação que dificulta o trabalho do operador.
- Alarmes que provêm de “switchs” ON-OFF, nos momentos em que a sua situação “ON – OFF” não fica bem definida, poderão aparecer ao operador bastantes vezes. Estes tipos de alarmes, relativos às situações de porta aberta, teriam que ser tratados de uma forma diferente, para que, a cada mudança de estado do “switch”, dentro de um determinado intervalo de tempo, não seja enviado mais do que um alarme ao operador. Assim, quando estes alarmes

são provenientes do mesmo local, dentro de um determinado intervalo de tempo, apenas deveriam ser apresentados uma vez o ao operador. A causa possível, para a repetição forçada deste tipo de alarmes, corresponde à situação de uma porta de uma instalação se encontrar mal fechada.

- Quando “caiem” alarmes do tipo falha de comunicações, falha de sincronismo, falta de informação, que ocorram nas diferentes unidades de uma área de rede, pode indicar problemas ao nível da ligação entre SCADA e o “Frontend”, ou então no próprio “Frontend” dessa área. Neste caso, como observado em 2.3.3 no dia 29 na área CL, a quantidade de alarmes deste tipo para o operador foi significativa. Estes alarmes poderiam ser substituídos por um global que fornecesse a mesma informação.

Em termos gerais é da opinião do autor da presente dissertação que o modelo de suavização deverá obedecer a um conjunto de requisitos que se descrevem a seguir.

Considera-se, então, estado perturbado, quando a taxa de alarmes no período de 15 minutos passa os 30 alarmes (por operador). Este número é definido como se fosse viável o operador processar 2 alarmes por minuto, devido à capacidade humana de os processar.

De facto, o modelo de suavização poderia funcionar como um filtro automático, processando e actualizando a lista de alarmes em tempo real. Assim, à chegada de vários alarmes seriam em background processados, de modo a ficarem ordenados por prioridade (127-0) decrescente e, dentro dessas prioridades, ordenados por ordem cronológica, sendo de seguida apresentados ao operador. Esta lista deveria ser actualizada em tempo real.

Dentro desta ordenação no momento em que o número de alarmes fosse superior a 30, acima do trigésimo alarme, estes passariam a ser aceites automaticamente pelo sistema (via modelo de suavização de dados). Sempre que tal acontecesse, deveria ser-lhe colocada uma “etiqueta” que informasse o sucedido com o objectivo de realizar posteriores estudos do sistema.

Podendo-se juntar isto a algumas considerações já atrás feitas, a alguns tipos de alarmes, nesta secção, para além de suavizar a taxa de alarmes conforme foi descrito no parágrafo anterior, o modelo deveria previamente realizar um pré-processamento de alguns tipos de alarmes tal como os que se já se especificaram no início desta secção. Desta forma, o operador iria obter uma redução do seu stress em períodos perturbados e melhorar o seu desempenho, em tempo e qualidade.

4.2 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Na perspectiva da previsão da taxa de alarmes e com o objectivo de melhorar os resultados obtidos, seria interessante aumentar o conjunto de treino, com o intuito da rede neuronal se poder adaptar melhor a picos de alarmes. Também deveria passar a haver informação meteorológica por área de rede, pois o mau estado do tempo pode implicar um aumento da taxa de alarmes, principalmente alguns alarmes de arranque de protecção. Assim, poderia ser criada uma nova entrada, o estado do tempo, que poderia assim, reduzir o erro principalmente nos períodos de picos de alarmes.

Com um conjunto maior poder-se-ia confirmar se os fins-de-semana têm importância significativa, para serem introduzidos como uma variável “dia da semana”, bem como uma variável “feriados”.

Outra possibilidade seria melhorar a entrada, estado do sistema, com informação mais precisa sobre o que realmente aconteceu, isto é, se houve falha de “frontend”, falha dos servidores, ou entrada de uma nova instalação. Cada uma das situações provoca reacções diferentes como, por exemplo, a entrada de uma nova instalação que implica uma acção de controlo geral e os operadores “levam” com uma avalanche de alarmes.

Outro aspecto que deverá ser tratado em mais detalhe, consiste na definição de um regime perturbado. Da análise de dados que foi efectuada no presente trabalho resultou um conjunto de sugestões para este modelo que se detalharam na secção 4.1 anterior. No entanto, estas são apenas algumas sugestões que deverão ser analisadas com mais detalhe, uma vez que dependem de muitos factores como, por exemplo, os critérios utilizados para definir a prioridade entre alarmes e critérios para definir que eventos geram alarmes.

Assim, o modelo de suavização de alarmes, para um regime perturbado, tem como base perceber, antecipadamente, se o sistema está, ou não, a ficar perturbado e com isso serem “filtrados” os alarmes apresentados ao operador, por nível de prioridade. Isto, seria colocar um pouco mais de “inteligência” ao sistema SCADA.

REFERÊNCIAS

- [1] EDIS, Apresentação “Estruturas Organizativas das Empresas participadas ” disponível em <http://www.intranet.edp.pt>
- [2] EDIS, Apresentação “Aplicação de sistemas de comando e controlo nas redes de distribuição de energia”.
- [3] Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico “ SCADA supervisão e controlo”
- [4] EDIS, Apresentação da EDIS na FEUP, Março de 2006
- [5] Denise M Gosnell “Beginning Access 2007 VBA”, ISBN: 978-0-470-04643-2, publishing, Inc.
- [6] VBA Access disponível em <http://www.functionx.com/access/index.htm>, acedido em Março de 2008
- [7] VBA Excel disponível em <http://www.functionx.com/vbaexcel/index.htm>, acedido em Março de 2008
- [8] John Green, Stephen Bullen, Rob Bovey, Michael Alexander, “Excel 2007 VBA Programmer's Reference”, ISBN: 978-0-470-04684-5 publishing, Inc.
- [9] SPSS Inc., <http://www.spss.com/>
- [10] L. Wehenkel, “Automatic Learning Techniques in Power Systems”, ISBN: 0792380681, Kluwer Academic Publishers, 1998
- [11] Cláudio Monteiro, “Previsão de Produção eólica”, FEUP, 2007.
- [12] F. Fernandes, “Contribuições para a Avaliação em Tempo Real da Estabilidade de Tensão num sistema eléctrico de energia”, tese de doutoramento, FEUP, 2001.
- [13] MathWorks Inc. (<http://www.mathworks.com>), “MATLAB® Neural Network Toolbox User's Guide” Version 6.0.
- [14] M.H. Vasconcelos, “ Avaliação de segurança de redes interligadas com grande penetração eólica com base em métodos de aprendizagem automática”, FEUP, 2007.

- [15] K. Hornik, M. Stinchcombe, H. White, “Multilayer feedforward networks are universal approximators”, *Neural Networks* 2, nº 5, 359-366, 1989.
- [16] James A. Freeman, David M. Skapura, “Neural Networks – Algorithms, Applications and Programming Techniques”, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1991.
- [17] Cláudio Monteiro, “Redes Neurais – Treino por retropropagação”, FEUP, 2007.
- [18] Cláudio Monteiro, “Séries Temporais”, FEUP, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1

AMOSTRA DO REGISTO DE ALARMES DIGITAIS PARA O DIA 29 DE JANEIRO DE 2008 (ÁREA CL)

Tabela A 1.1– Representação de umas horas do dia 29 de Janeiro de 2008

EVDATE	TAG	DESC0	Atributo
29-01-2008 04:41:18	EOARCL20C2BO1BDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 05:38:09	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 05:38:09	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 05:38:12	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 05:38:12	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 05:38:13	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 05:38:13	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 05:38:23	FOARCL20C03IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 05:38:23	FOARCL20C03IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:01:41	FOARCL22B0BO2BFL	LIMITE BATERIAS	DEFEITO
29-01-2008 06:16:22	FDFCBR-SAUXXXTNS	TENSAO NORMAL	AUSENTE
29-01-2008 06:38:07	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:38:07	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:38:07	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:38:07	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:38:10	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:38:10	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:38:41	AOARCL21028IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:38:41	AOARCL21028IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:38:55	FDBRNH-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:38:55	FDBRNH-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:39:30	FOARCL20C0EIAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 06:39:30	FOARCL20C0EIASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 06:40:46	EOARCL20C2BO1BDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 06:42:54	FOARCL20C0EIABDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 07:16:48	FSAFR--SERCRLCIC	CICLO RELIGACAO	INICIO
29-01-2008 07:20:27	FSCNT--SERCRLCIC	CICLO RELIGACAO	INICIO
29-01-2008 07:29:54	FSALG-2219-PRIIA	MAX INT FASE INS	ACTUADO

29-01-2008 07:29:55	FSALG-2219-PRRID	HOM DIR TERR INS	ACTUADO
29-01-2008 07:29:57	FSASJ-2208-PRIIA	MAX INT FASE INS	ACTUADO
29-01-2008 07:36:47	FDOLVS-SERCXXPOR	PORTA	ABERTA
29-01-2008 07:38:07	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:07	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:07	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:07	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:08	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:08	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:20	FOARCL20C03IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:20	FOARCL20C03IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:28	EOARCL2100EIAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:28	EOARCL2100EIASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:40	EOARCL2100FIAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:40	EOARCL2100FIASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:38:41	FOARCL20C22O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:38:41	FOARCL20C22O2SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:40:33	FOARCL21022O1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:40:33	FOARCL21022O1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 07:42:31	FOARCL22B08O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 07:42:31	FOARCL22B08O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 07:50:08	FSFRN--SAUXXXDIS	FALHA ISOLAMENTO	ACTUADO
29-01-2008 08:01:35	FSCDS--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 08:04:23	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 08:12:51	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 08:16:26	FSALG--SAUX10FCC	AL. ALIM. 110V	FALHA
29-01-2008 08:30:25	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 08:38:09	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:38:09	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:38:10	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:38:10	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:38:19	FOARCL20C03IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:38:19	FOARCL20C03IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:38:22	EOARCL21008IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:38:22	EOARCL21008IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:38:24	AOARCL20C27O1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:38:24	AOARCL20C27O1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:39:55	FOARCL20C1AO2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:39:55	FOARCL20C1AO2SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:40:22	FSMDL3-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:40:32	AOARCL20C1EO2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:40:32	AOARCL20C1EO2SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 08:40:33	EOARCL23355O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:40:33	EOARCL23355O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 08:41:35	FOARCL22B00O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA

29-01-2008 08:41:35	FOARCL22B00O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 08:41:42	EOARCL23355O2BDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 08:43:41	OSVDN-3REG1RUFNS	FALH SINCRONISMO	FALHA
29-01-2008 08:44:47	AOARCL23326O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 08:44:47	AOARCL23326O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 08:47:24	FDFAJA-SAUXQCFS	SERV. AUX. CC	FALHA
29-01-2008 09:03:06	FSFRN--SAUXXXDIS	FALHA ISOLAMENTO	ACTUADO
29-01-2008 09:13:58	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 09:38:12	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 09:38:12	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 09:38:26	FOARCL20C06IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 09:38:26	FOARCL20C06IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 09:40:43	FSMDL3-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 09:41:14	FSMDL3-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 09:42:53	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 09:44:08	FSMDL3-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 09:49:30	FSMDL3-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 09:56:41	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 09:57:49	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 10:01:24	JOARCL21009IRPOR	PORTA	ABERTA
29-01-2008 10:01:30	JOARCL21009IRPOR	PORTA	ABERTA
29-01-2008 10:01:30	JOARCL21009IRPOR	PORTA	FECHADA
29-01-2008 10:04:18	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 10:06:32	JOARCL21009IRFSA	SERV. AUXILIARES	AVARIADA
29-01-2008 10:08:10	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 10:12:14	JOARCL21009IRFSA	SERV. AUXILIARES	AVARIADA
29-01-2008 10:17:18	JOARCL21009IRFSA	SERV. AUXILIARES	AVARIADA
29-01-2008 10:17:31	JOARCL21009IRFSA	SERV. AUXILIARES	AVARIADA
29-01-2008 10:33:06	JOARCL21009IRPOR	PORTA	FECHADA
29-01-2008 10:33:10	JOARCL21009IRPOR	PORTA	ABERTA
29-01-2008 10:33:10	JOARCL21009IRPOR	PORTA	FECHADA
29-01-2008 10:33:59	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 10:34:24	FSCDS--URT-URFCM	COMUNICACAO	FALHADA
29-01-2008 10:35:46	FSCDS--SERCURINF	PERDA INFORMACAO	INICIO
29-01-2008 10:35:46	FSCDS--URT-URBDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 10:35:46	FSCDS--URT-URINF	PERDA INFORMACAO	INICIO
29-01-2008 10:35:48	FSCDS--SERCIMDEF	DEF. IMPRESSORA	INICIO
29-01-2008 10:38:09	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:09	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:38:09	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:09	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:38:09	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:09	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:38:21	EOARCL21008IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:21	EOARCL21008IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA

29-01-2008 10:38:21	FOARCL20C03IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:21	FOARCL20C03IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:38:21	FOARCL20C04IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:21	FOARCL20C04IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:38:22	AOARCL20C27O1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:38:22	AOARCL20C27O1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:39:20	FDQSDM-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:39:20	FDQSDM-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:40:52	FOARCL20C20IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 10:40:52	FOARCL20C20IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:40:59	FSMDL3-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 10:55:55	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 10:59:29	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 11:04:09	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 11:07:40	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 11:23:19	FSVRB-2208-PRIIA	MAX INT FASE INS	ACTUADO
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2BC1-DJEST	DISJUNTOR	ABERTO
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2BC1-XXDSC	BAT. EM DESCARGA	ACTUADO
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2BR1-PRUNA	FALHA TENSAO	FALHA
29-01-2008 11:23:20	FSVRB--SAUX10FCC	AL. ALIM. 110V	FALHA
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2208-DJEST	DISJUNTOR	ABERTO
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2208-PRITA	MAX INT FASE TEM	ACTUADO
29-01-2008 11:23:20	FSVRB-2208-PRRID	HOM DIR TERR INS	ACTUADO
29-01-2008 11:23:33	FOARCL20C06IATNS	TENSAO NORMAL	AUSENTE
29-01-2008 11:24:16	FOARCL20C06IAFSA	SERV. AUXILIARES	AVARIADA
29-01-2008 11:24:16	FOARCL20C06IATNS	TENSAO NORMAL	PRESENTE
29-01-2008 11:24:21	FSVRB-2208-PRIIA	MAX INT FASE INS	ACTUADO
29-01-2008 11:24:21	FSVRB-2208-PRRID	HOM DIR TERR INS	ACTUADO
29-01-2008 11:26:23	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 11:26:30	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 11:38:09	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:09	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:38:09	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:09	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:38:09	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:09	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:38:22	FOARCL20C04IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:22	FOARCL20C04IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:38:46	FDSBRR-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:46	FDSBRR-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:38:55	EOARCL21011O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:38:55	EOARCL21011O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 11:39:15	JOARCL2102CO2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:39:15	JOARCL2102CO2SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:39:17	FDQSDM-URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA

29-01-2008 11:39:17	FDQSDM-URT-URSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:39:17	FOARCL21005IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:39:17	FOARCL21005IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:39:38	FOARCL20C0EIAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 11:39:38	FOARCL20C0EIASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 11:51:43	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 12:01:44	FSCDS--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 12:09:02	FSGAL--URT-URFCM	COMUNICACAO	FALHADA
29-01-2008 12:09:16	FSGAL--SERCURINF	PERDA INFORMACAO	INICIO
29-01-2008 12:09:16	FSGAL--URT-URBDI	BASE DE DADOS	INVALIDA
29-01-2008 12:09:16	FSGAL--URT-URINF	PERDA INFORMACAO	INICIO
29-01-2008 12:38:09	AOARCL20C24IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:38:09	AOARCL20C24IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:38:12	EOARCL20C2BO1FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:38:12	EOARCL20C2BO1SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:38:12	FOARCL20C01IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:38:12	FOARCL20C01IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:38:24	FOARCL20C03IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:38:24	FOARCL20C03IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:38:28	FOARCL20C04IAFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:38:28	FOARCL20C04IASIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:39:20	FOARCL21005IRFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:39:20	FOARCL21005IRSIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:40:32	EOARCL23355O2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:40:32	EOARCL23355O2SIN	ESTADO DO IAT	NAO SINCRONO
29-01-2008 12:40:42	AOARCL20C1FO2FCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:40:42	AOARCL20C1FO2SIN	SINCRONISMO UNID	NAO SINCRONA
29-01-2008 12:42:08	ASMGF--REG1RUFNS	FALH SINCRONISMO	FALHA
29-01-2008 12:42:22	ASMGF-5TP1-RUBQ-	REGUL TENS. BLOQ	INICIO
29-01-2008 12:42:24	FSGAL--SERCXXPOR	PORTA	ABERTO
29-01-2008 12:43:48	FOARCL21036O2CCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:44:09	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:44:09	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:44:42	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:44:42	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:44:52	FSMV3--URT-URCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:44:52	FSMV3--URT-URFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:44:54	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:44:54	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:45:00	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:00	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:45:09	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:09	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:45:22	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:22	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA

29-01-2008 12:45:33	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:33	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:45:41	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:41	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:45:53	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:45:53	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA
29-01-2008 12:46:02	FDFALA2SERCURCCI	CANAL	INDISPONIVEL
29-01-2008 12:46:02	FDFALA2SERCURFCM	DISPONIBIL. UNID	FALHADA

Tendo em conta a Tabela 3 (secção 2.2), onde se explica a constituição do TAG, verifica-se que a primeira letra do TAG mostra a área geográfica do alarme (ver tabela A1.2) e a segunda, o tipo de instalação (ver tabela A1.3).

Tabela A 1.2– Descodificação da primeira letra do TAG

Área Geográfica	TAG
Aveiro	A
Braga	C
Bragança	D
Castelo Branco	E
Coimbra	F
Guarda	I
Leiria	J
Porto	N
Santarém	O
Viana do Castelo	Q
Vila Real	R
Viseu	S

Tabela A 1.3 – Descodificação da segunda letra do TAG

Tipo de Instalação	TAG
Subestação	S
Subestação Cliente	K
Saída de Subestação	Z
Subestação REN	I
Linhas	L
Posto de Seccionamento/Corte	P
Transformador	T
Posto de Transformação de Distribuição	D
Posto de Transformação Cliente	C
Circuito de BT	B
Armário de Rede BT	A
Posto de Comando	E
Centro de Condução	F
OCR	O
Estação Repetidora	R
Outro	X

Ao observar o dia 29, tendo em atenção à coluna do TAG, verifica-se que os alarmes provêm de diferentes unidades.

