

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Previsão de Tempos de Reposição de
Serviço em Rede Elétricas de MT**

Tiago Costa Lopes

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Domingos Martins Monteiro
Coorientador: Eng. Pedro Terras Marques

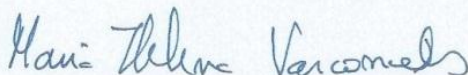
Julho de 2012

A Dissertação intitulada

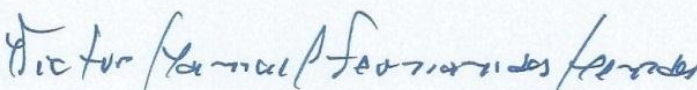
“Previsão de Tempos de Reposição de Serviço em Rede Elétricas de MT”

foi aprovada em provas realizadas em 17-07-2012

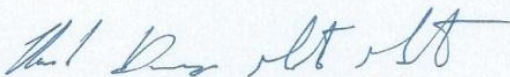
o júri



Presidente **Professora Doutora Maria Helena Osório Pestana de Vasconcelos**
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor Victor Manuel Fernandes Mendes
Prof. Coordenador C/Agregação do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e
Automação da ISEL - Inst. Superior de Eng. De Lisboa



Professor Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - Tiago Costa Lopes

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

O funcionamento estável e contínuo no fornecimento de energia elétrica é uma preocupação dos operadores do sistema. Na ocorrência de um incidente, está associada a uma interrupção no fornecimento de energia. A duração destas interrupções depende de diversas variáveis, tais como a causa ou o componente afetado. É de grande importância para o operador de sistema ter uma previsão de duração total de incidente, de forma a poder esclarecer os clientes afetados do tempo de reposição de serviço.

Esta dissertação propõe a construção de um modelo de previsão de tempos de reposição de serviço nas redes elétricas de MT. Esta dissertação começa por identificar as variáveis influenciadoras da duração de incidente. Essas variáveis serão parametrizadas recorrendo a uma análise estatística de séries históricas de incidentes. De seguida, serão criados modelos que relacionam diferentes variáveis influenciadoras. Por fim, obtém-se um modelo capaz de fazer uma previsão do tempo de reposição de serviço com informações inseridas pelo operador do sistema.

O resultado desta dissertação, proporciona resposta a uma necessidade da EDP, que com a utilização de histórico de incidentes, dá informação ao cliente da duração de um incidente, tornando-se numa empresa mais próxima deste.

Palavras-chave: Interrupção, Rede Elétrica, Modelo de Previsão, Duração de Incidente, Reposição de Serviço

Abstract

The stable and the continuous operation of supply of electricity is a worry of systems operators. In the event of an incident, is associated with an interruption in power supply. The duration of these breaks depends on several variables, such as the cause or the affected component. To this end, it is of great importance for the system operator has a total duration of prediction of an incident, in order to clarify the customers impacted the time of replacement service.

This dissertation proposes the construction of a forecasting model from time replacement service in the electricity networks of MT. This dissertation begins by identifying the variables that influence the duration of the incident. These variables will be parameterized using a statistical analysis of historical series of incidents. Then will be created models that relate the different influence variables. Finally, a model is obtained capable of predicting a time of replacement service with information entered by the system operator.

The result of this dissertation, provides response to a need for EDP, which with the use of historical incidents, provides customer information on the duration of an incident, making it a company closer to customers.

Keywords: Interruption, Electrical Power Grid, Forecast Model, Duration of the Incident, Replacement Service

Agradecimentos

Agradeço, ao meu orientador, Professor Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro, por todo empenho e dedicação prestados ao longo do projeto. Obrigado pela disponibilidade, conselhos e sugestões que se relevaram cruciais para um trabalho bem-sucedido.

Ao Coorientador Engenheiro Pedro Terras Marques, por me facultar toda a informação necessária para elaboração deste projeto. Agradeço também, a disponibilização das instalações da EDP Distribuição, para desenvolvimento do projeto e todo o acompanhamento atento feito no decorrer da minha dissertação.

Aos meus pais e irmã por toda a força, incentivo, apoio e toda a confiança depositada em mim, fazendo-me acreditar que sou capaz de tudo, através das suas palavras e ações.

À minha avó por comigo explorar todo um mundo, ensinando a dar, partilhar e receber tudo o que a vida tem de melhor.

A toda a minha família em especial ao meu padrinho, por todos os conselhos, incentivos, experiência e maturidade, por me ter ajudado a chegar onde cheguei e por acreditar incondicionalmente em mim sem nunca ter duvidado das minhas capacidades.

A todos os meus amigos e colegas, por me ajudarem sempre que necessitei e por estarem presentes ao longo deste percurso. Um muito obrigado por toda a amizade, apoio e conselhos.

À Mara, pela ajuda na revisão de toda a dissertação, sendo este de todos os gestos até hoje o mais insignificante. Agradeço tudo o que fez, faz e fará.

À minha namorada Sandra, por me ter apoiado sempre que mais precisei, pela paciência, pelo amor e carinho apresentado ao longo destes anos.

*“A arte da previsão consiste em antecipar o que
acontecerá e depois explicar o porque não aconteceu”
Winston Churchill*

Índice

Resumo	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice	xiii
Lista de figuras	xvii
Lista de tabelas	xxi
Abreviaturas e Símbolos.....	xxv
Capítulo 1.....	1
Introdução.....	1
1.1. Considerações Gerais e Motivação	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Estrutura	2
Capítulo 2.....	3
Incidentes e Tempos de Reposição	3
2.1. Introdução.....	3
2.2. Tipos de interrupções	3
2.3. Estados de incidente	4
2.3.1 Início da Ocorrência	4
2.3.2 Atribuição do piquete	5
2.3.3 Entrega do piquete	5
2.3.4 Enviado piquete	6
2.3.5 Chegada do piquete	6
2.3.6 Manobra	6
2.3.7 Primeira reposição.....	6
2.3.8 Reposição total.....	6

2.3.9 Completo no Local.....	7
2.3.10 Fecho da Ocorrência.....	7
2.4. Tempos de incidente	8
2.4.1 Descriminação de tempos médios de estados de tempo	8
2.4.2 Duração de incidente	10
2.5. Processo de resposta e condicionamento do tempo de incidente	12
2.5.1 Equipas de piquetes.....	12
2.5.2 Dificuldade na localização do incidente.....	12
2.5.3 Impossibilidade de chegar ao local do incidente	12
2.5.4 Falta de recursos pratica e ou técnicos	12
2.5.5 Impossibilidade por condições meteorológicas adversa	12
2.5.6 Outros fatores.....	13
Capítulo 3.....	15
Modelização do Tempo de Reposição	15
3.1. Introdução	15
3.2. Desagregação do modelo	16
3.2.1. Variável dependente.....	16
3.2.2. Variáveis independentes	18
3.3. Parametrização do Modelo.....	26
Parametrização para o caso geral	29
3.3.1. Parametrização das variáveis explicadoras.....	30
3.3.2. Parametrização em aglomeração de intervalos das variáveis explicadoras	49
3.3.3. Parametrização de variáveis condicionadas	56
3.3.4. Reformulação das Parametrizações.....	61
3.4. Modelo de Previsão de Tempo Estimado de Incidente	68
3.5. Aplicação do Modelo Tempo Estimado.....	71
3.5.1. Avaliação de tempos e informação.....	71
3.5.2. Caso Prático	72
3.5.3. Representação gráfica do modelo com todas as variáveis	75
3.5.4 Evolução dos tempos estimados em função das variáveis	77
Capítulo 4.....	79
Validação do Modelo de Previsão Tempo Incidente	79
4.1. Introdução	79
4.2. Indicadores de validação	80
4.3. Fase 1 - Registos de 2010 e 2011.....	82
4.3.1. Fase 1.1 - Aplicação do modelo a todos registos	82
4.3.2. Fase 1.2 - Aplicação do modelo a registo sem extremos	84
4.4. Fase 2 - Registo de 2012, Janeiro a Maio.....	86

4.4.1. Fase 2.1 - Aplicação do modelo a todos os registos	87
4.4.2. Fase 2.2 - Aplicação do modelo a todos os registos sem extremos	88
Capítulo 5.....	91
Conclusões e Trabalhos Futuros	91
5.1. Conclusões	91
5.2. Trabalhos Futuros.....	93
Referências	95

Lista de figuras

Figura 2.1 - Fluxograma de Estados de Incidentes	7
Figura 2.2 - Histograma estado "Atribuição Piquete"	8
Figura 2.3 - Histograma estado "Entrega Piquetes"	8
Figura 2.4 - Histograma estado "Primeira Manobra"	9
Figura 2.5 - Histograma estado "Primeira Reposição"	9
Figura 2.6 - Histograma estado "Envio Piquete"	9
Figura 2.7 - Histograma estado "Chegada Piquete"	9
Figura 2.8 - Histograma estado "Total Reposição"	9
Figura 2.9 - Comparação percentual de tempos médios de "Estados de Incidentes"	11
Figura 3.1 - Aproximação linear de tempo estimado ao tempo real.....	16
Figura 3.2 - Distribuição de frequências para duração de incidente	17
Figura 3.3 - Fluxograma de identificação de variáveis independentes.....	18
Figura 3.4- Distribuição de frequência para variável "Dia do Mês"	19
Figura 3.5 - Distribuição de frequência para variável "Mês"	20
Figura 3.6 - Distribuição de frequência para variável "Dia da Semana"	20
Figura 3.7 - Distribuição de frequência para variável "Hora"	21
Figura 3.8 - Distribuição de frequência para variável "Clientes Afetados"	22
Figura 3.9 - Distribuição de frequência para variável "Potência Afetada"	23
Figura 3.10 - Distribuição de frequência para variável "Tipo de Incidente"	24
Figura 3.11 - Distribuição de frequência para variável "Equipamento Afetado"	26
Figura 3.12 - Modelo de parametrização de variáveis.....	27
Figura 3.13 - Influência do parâmetro "K" na curva de distribuição de Weibull (A=100)	28

Figura 3.14 - Distribuição de Weibull de forma exponencial	28
Figura 3.15 - Distribuição de Weibull de forma Normal	28
Figura 3.16 - Parametrização da distribuição de Weibull para “Caso Geral”	30
Figura 3.17 - Parametrização da distribuição de Weibull para "Domingo"	31
Figura 3.18 - Parametrização da distribuição de Weibull para "2ªFeira"	31
Figura 3.19 - Parametrização da distribuição de Weibull para "3ªFeira"	31
Figura 3.20 - Parametrização da distribuição de Weibull para "4ªFeira"	32
Figura 3.21 - Parametrização da distribuição de Weibull para "5ªFeira"	32
Figura 3.22 - Parametrização da distribuição de Weibull para "6ªFeira"	32
Figura 3.23 - Parametrização da distribuição de Weibull para "Sábado"	33
Figura 3.24 - Variação de parâmetros para variável "Dia da Semana"	33
Figura 3.25 - Variação de parâmetros para variável "Hora"	36
Figura 3.26 - Variação de parâmetros para variável "Clientes Afetados"	37
Figura 3.27 - Variação de parâmetros para variável "Potência Afetada"	38
Figura 3.28 - Modelo de parametrização complementar do modelo geral	38
Figura 3.29 - Variação de parâmetros para variável "Tipo de Incidente"	42
Figura 3.30 - Variação de parâmetros para variável "Equipamento Afetado"	47
Figura 3.31 - Modelo de aglomeração de parametrizações semelhantes	49
Figura 3.32 - Distribuições de parametrizações para desaglomerado da variável "Dia da Semana"	51
Figura 3.33 - Visualização gráfica da validade da condição de aglomeração	52
Figura 3.34 - Visualização gráfica da não validade da condição de aglomeração	52
Figura 3.35 - Distribuições finais da aplicação do modelo de aglomeração da variável “Dia da Semana”	53
Figura 3.36 - Modelo de parametrização de variáveis condicionadas	57
Figura 3.37 - Forma de onda para "Tipo de Incidente", animais não aves	62
Figura 3.38 - Modelo de previsão de tempo estimado de incidente	69
Figura 3.39 - Processos realizados para a previsão do tempo estimado do subcapítulo 3.5.2.5.	76
Figura 3.40 - Evolução de tempos estimados	77
Figura 4.1 - Correspondência dos tempos estimados aos tempos reais	79

Figura 4.2 - Modelo de testes do modelo de tempos estimados de incidente	81
--	----

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Tempo médio Estados de Incidentes	8
Tabela 2.2 - Tempo médio de "Estados de Incidentes"	11
Tabela 3.1 - Valores distribuição de frequências da variável dependente	17
Tabela 3.2 - Identificação de todos os "Tipos de Incidentes"	23
Tabela 3.3 - Identificação de todos os "Equipamentos Afetados"	25
Tabela 3.4 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para "Caso Geral"	30
Tabela 3.5 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Dia da Semana"	33
Tabela 3.6 - Erros associados a diferentes tempos estimados	34
Tabela 3.7 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Hora"	35
Tabela 3.8 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Clientes Afetados"	36
Tabela 3.9 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Potência Afetada"	37
Tabela 3.10 - Identificação de "Tipos de Incidentes" que não verificam condição de 20 registros.....	39
Tabela 3.11 - Aglomeração de "Tipos de Incidentes" por aplicação do modelo complementar de parametrização	40
Tabela 3.12 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Tipo de Incidente"	40
Tabela 3.13 - Quantificação de tempos médios de "Tipo de Incidente"	42
Tabela 3.14 - Quantificação de nº registros de "Tipo de Incidente"	43
Tabela 3.15 - Identificação de "Equipamento Afetado" que não verificam condição de 20 registros.....	44
Tabela 3.16 - Aglomeração de "Equipamento Afetado " por aplicação do modelo complementar de parametrização	45
Tabela 3.17 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Equipamento Afetado" ..	45

Tabela 3.18 - Quantificação de tempos médios de "Equipamento Afetado"	48
Tabela 3.19 - Quantificação de nº registros de "Equipamento Afetado "	48
Tabela 3.20 - Valores de erros entre distribuições	51
Tabela 3.21 - Parâmetros aglomerados da variável "Dia da Semana"	53
Tabela 3.22 - Parâmetros aglomerados da variável "Hora"	54
Tabela 3.23 - Parâmetros aglomerados da variável "Clientes Afetados"	55
Tabela 3.24 - Parâmetros aglomerados da variável "Potência Afetada"	55
Tabela 3.25 - Codificação para as variáveis aglomeradas "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados e "Potência Afetada"	57
Tabela 3.26 - Combinações de duas variáveis	58
Tabela 3.27 - Combinações com três variáveis	59
Tabela 3.28 - Combinações com quatro variáveis	59
Tabela 3.29 - Combinações com quatro variáveis	60
Tabela 3.30 - Combinações para as variáveis "Tipo de Incidente" e "Equipamento Afetado" ..	61
Tabela 3.31 - Parâmetros "Caso Geral"	62
Tabela 3.32 - Parâmetros desaglomerado com uma variável	63
Tabela 3.33 - Parâmetros com variáveis duas variáveis condicionadas. "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados e "Potência Afetada"	63
Tabela 3.34 - Parâmetros com variáveis três e quatro variáveis condicionadas. "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados e "Potência Afetada"	64
Tabela 3.35 - Parâmetros para desaglomerados da variável "Tipo de Incidente"	65
Tabela 3.36 - Parâmetros para desaglomerados da variável "Equipamento Afetado"	66
Tabela 3.37 - Parâmetros com variáveis condicionadas. "Tipo de Equipamento" e "Equipamento Afetado"	67
Tabela 3.38 - Tempo de chegada da informação ao modelo	72
Tabela 3.39 - Tempo estimado de incidente para o "Caso Geral"	73
Tabela 3.40 - Tempo estimado de incidente com variáveis "Dia da Semana" e "Hora"	73
Tabela 3.41 - Tempo estimado de incidente com variáveis "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados" e "Potência Afetada"	74
Tabela 3.42 - Tempo estimado de incidente com variáveis "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados", "Potência Afetada" e "Tipo de Incidente"	74
Tabela 3.43 - Tempo estimado de incidente com variáveis "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados", "Potência Afetada", "Tipo de Incidente" e "Equipamento Afetado"	75

Tabela 3.44 - Tempos estimados em função das variáveis de entrada do modelo	77
Tabela 4.1 - Testes fase 1 - Valores de erros com todos os registos	83
Tabela 4.2 - Testes fase 1 - Aplicação do modelo a 1. ^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos.	84
Tabela 4.3 - Testes fase 1 - Aplicação do modelo a 2. ^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos	85
Tabela 4.4 - Testes fase 2 - Valores de erros com todos os registos	87
Tabela 4.5 - Testes fase 2 - Aplicação do modelo a 1. ^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos	88
Tabela 4.6 - Testes fase 2 - Aplicação do modelo a 2. ^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos	89

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem Alfabética)

ATR	Atribuição do piquete
CHG	Chegada do Piquete
CPL	Completo no Local
DF	Distribuição de Frequências
DW	Distribuição de Weibull
EDP	Energias de Portugal
ENT	Entrega do Piquete
ENV	Envio do Piquete
FEC	Fecho da Ocorrência
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
IA	Interrupções Acidentais
IP	Interrupções Programadas
MT	Média tensão
OMS	<i>Operation Management System</i>
PAR	Primeira Reposição
PdE	Ponto de entrega
PED	Início da Ocorrência
RND	Rede Nacional de Distribuição
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SEE	Sistema Elétrico de Energia
TOT	Reposição Total
VD	Variável dependente
VI	Variável Independente

Capítulo 1

Introdução

1.1. Considerações Gerais e Motivação

As redes de energia são atualmente um sistema de grande complexidade. Cada vez mais, as empresas têm em vista uma melhor qualidade de serviço, sendo uma prioridade dos operadores do sistema a continuidade de fornecimento de energia elétrica. Durante a ocorrência de falhas nas redes de distribuição, é preocupação dos operadores do sistema conseguirem responder aos clientes sobre o tempo que demorará a repor o serviço. Para obter essa informação, com o máximo de precisão possível, os operadores dispõem de um vasto conjunto de casos de histórico e de um profundo conhecimento dos protocolos e procedimentos. No entanto, os tempos de reparação dependem de múltiplas variáveis, sendo que a informação que vai chegando ao operador em tempo real, vai redefinindo o tempo estimado para a falha.

A EDP, com o intuito de se tornar numa empresa mais próxima do cliente, pretende com a informação adquirida até ao momento, ser possuidora de uma ferramenta que disponibilize a informação referente à duração prevista do incidente.

Nesta senda, o tema da presente dissertação surgiu de uma proposta da EDP distribuição, para desenvolvimento de um modelo de previsão de tempos de reposição de serviço em redes elétricas de MT. A EDP disponibiliza para tal, toda a informação referente a incidentes relativamente aos anos de 2010 e 2011. Esta informação constitui a base estatística para desagregar a informação existente e parametrizar todas as variáveis relevantes para modelo de previsão de duração total do incidente.

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo desenvolver modelos de previsão do tempo de reposição de serviço em redes elétricas de MT. Os modelos, de base estatística e de inteligência computacional, deverão ser adaptativos integrando nova informação que vai chegando ao operador.

Para obtenção dos modelos mencionados, este trabalho tem em conta as seguintes etapas e propósitos:

- Tratamento estatístico dos incidentes na rede elétrica de MT;
- Criação de parametrizações para toda a informação existente;
- Identificação das principais causas de incidentes na rede elétrica de MT;

- Identificação dos principais equipamentos afetados na rede elétrica de MT;
- Criação de um modelo estatístico para estimar tempo de reparação de incidentes em função das diversas variáveis existentes;
- Criação do modelo dinâmico de representação dos tempos;
- Implementação e testes do modelo de previsão criado.

1.3. Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. Cada um deles aborda os seguintes conteúdos:

No Capítulo 1, apresenta-se uma introdução do trabalho a realizar, dos objetivos propostos para a dissertação bem como a estruturação adotada.

No capítulo 2, aborda-se o tema dos incidentes e a sua duração. Começa-se por explicar tipos de interrupções fazendo-se referência ao Regulamento da Qualidade de Serviço. Posteriormente, fala-se do método utilizado pela EDP distribuição, na classificação e na duração total de um incidente em diferentes estados de tempo.

No capítulo 3, procede-se à análise e tratamento dos registos históricos de falhas fornecidos pela EDP distribuição. Estas falhas, correspondem a interrupções do tipo acidentais registadas nos anos de 2010 e 2011. Num primeiro ponto, desagrega-se os dados identificando a variável dependente e as variáveis independentes ou explicadoras. No segundo ponto, realiza-se a parametrização das variáveis explicadoras nos seus diversos intervalos, recorrendo às características da função de Weibull. Posteriormente, desenvolve-se um critério para integrar as diversas variáveis explicadoras de forma a completar o modelo. Após isto, num terceiro ponto, faz-se uma reformulação do modelo criado de forma a permitir uma melhor previsão. Num quarto ponto, recorrendo a um fluxograma e a um exemplo demonstrativo, pretende-se exemplificar o funcionamento do modelo criado e a evolução do tempo previsto da duração de incidente aquando a chegada de informação ao operador do sistema.

No capítulo 4, desenvolve-se um procedimento para validação do modelo. Num primeiro ponto, aplica-se o modelo a todas as falhas utilizadas na sua construção, falhas referentes a 2010 e 2011. Num segundo ponto, procede-se à aplicação do modelo a todas as interrupções acidentais registadas no ano de 2012, de janeiro a maio. Para cada ponto, serão incluídos histogramas de variação de tempo previsto em relação ao real, bem como o erro absoluto de cada previsão em relação ao tempo real registado.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas todas as principais conclusões retiradas do trabalho realizado nesta dissertação. Será feita ainda uma análise onde se contemplará sugestões para desenvolvimentos futuros do modelo.

Capítulo 2

Incidentes e Tempos de Reposição

2.1. Introdução

As ocorrências de incidentes na rede elétrica de MT, são responsáveis por grandes falhas de fornecimento de energia. Entende-se por incidente, qualquer sucessão de ocorrência de corte e de reposição de consumos correlacionados elétrica e temporalmente, afetando um ou mais ponto de entrega (PdE), desde que não contenha qualquer período de continuidade do abastecimento de todos os pontos afetados com duração superior a 10 minutos [1]. Aquando um incidente, deve ser recolhida informação referente à origem, à data e hora do início e fim, à causa, entre outros elementos complementares à identificação deste. A reposição de serviço pode ser feita, de forma gradual, em escalonamento de tempo.

2.2. Tipos de interrupções

A falha no fornecimento de energia elétrica deve-se, em grande parte, a interrupções de componentes e podem ter causas diversas [2]. As interrupções de energia podem ser classificadas em dois grupos [1]:

- Interrupção Previstas (Programadas) [3], são interrupções do fornecimento ou entrega de energia elétrica por acordo com os clientes ou, ainda, por razões de serviço ou de interesse público. Nestes casos, os clientes são informados da interrupção com a antecedência mínima fixada no Regulamento de Relações Comerciais [1].
- Interrupções Acidentais (Imprevistas), são interrupções do fornecimento ou da entrega de energia elétrica não programadas, contingentes [1].

A atual dissertação assenta sobre as interrupções acidentais, mais especificamente, na duração total destas interrupções. A duração de cada interrupção depende diretamente das causas, estando estas divididas em “Casos fortuitos ou de força maior” e em “Casos próprios”. Para o primeiro tipo de casos referidos, representam casos que reúnam as condições de exterioridade, imprevisibilidade e irresistibilidade, nomeadamente, temos identificados as seguintes causas de interrupção no fornecimento de energia elétrica: vento de intensidade excecional, inundações imprevisíveis, descargas atmosféricas diretas,

incêndio, terramoto, greve geral, alteração da ordem pública, sabotagem, malfeitoria e intervenções de terceiros. Dentro dos “casos próprios”, são identificados todos os casos que não são caracterizados pelo “Casos fortuitos ou de força maior”. Identificamos como causas de interrupção: a ação atmosférica, a ação ambiental, origem interna, razão de serviços e de causa desconhecida. [1]

2.3. Estados de incidente

O tratamento de um incidente, dependendo da área em que este se insere, é analisado num centro de operações que está encarregue da resolução do mesmo. Os centros de operações são três e possuem sede no Porto, em Coimbra e em Lisboa.

Independentemente do local, os tempos de incidentes são tratados no software “Rede ativa”, sendo este um sistema OMS (*Operation Management System*) que recebe o incidente de um SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) onde se dá o controlo da rede de MT. Esta interligação de informação é automática (podendo ser manual), e sempre que ocorre a deteção de um incidente é criado um novo incidente no “Rede Ativa”.

O tempo total de um incidente é constituído por vários tempos parciais aos quais se dá o nome de “Estados de Incidentes”. Estes estados de incidentes representam os vários estados de evolução de um incidente em função do tempo. O tempo de um incidente é constituído por dez “Estados de Incidentes”, sendo eles:

1. Início da ocorrência (PED)
2. Atribuição do piquete (ATR)
3. Entrega do piquete (ENT)
4. Enviado piquete (ENV)
5. Chegada do piquete (CHG)
6. Primeira manobra (MAN)
7. Primeira reposição (PAR)
8. Reposição total (TOT)
9. Completo no Local (CPL)
10. Fecho da Ocorrência (FEC)

Estes estão organizados cronologicamente pela ordem de ocorrência. Os incidentes são tratados por um operador de sistema que insere todos os valores de tempo dos estados de incidentes. De seguida, importa analisar cada estado do incidente referindo os seus processos.

2.3.1 Início da Ocorrência

Este é o primeiro estado de incidente caracterizado como sendo o início do incidente. A deteção da ocorrência e início do tempo de incidente pode ser feita por:

- Atuação de órgãos de proteção da rede de MT
- Clientes afetados. Quando, no sistema, não há informação do incidente dada por atuação de órgãos de proteção, a deteção da ocorrência pode dar-se por contacto dos clientes afetados. Geralmente, esta situação ocorre quando o número de clientes ou de potência afetada é reduzida. Neste caso o incidente terá tempo de

início aquando o contacto do cliente, não sendo possível determinar o seu início exato. Será criado de forma manual um novo incidente no “Rede Ativa”.

2.3.2 Atribuição do piquete

Na ocorrência de uma incidente, o operador verificará o troço de rede afetado, a consequência, potência e clientes afetados. Este, por manobras de telecomando (consiste no seccionamento da rede nos seus extremos, que permitem atrevas de órgãos de manobras abrir ou fechar um troço, alterando a exploração desta), tenta restabelecer parte ou totalidade da energia por troços alternativos, sempre que a rede possuía telecomando e características técnicas para tal. Aquando o restabelecimento de energia, há locais que têm prioridade, tais como [4]:

- Hospitais
- Forças de segurança
- Serviços públicos sensíveis (Sedes de Câmaras Municipais, Palácio da Presidência, Assembleia da República)
- Grandes núcleos industriais
- Empresas que pela sua dimensão e processos de fabricos associados, sejam sensíveis a interrupções de longa duração
- Locais onde se realizam eventos que pela sua dimensão e visibilidade, necessitem de reposição rápida de energia

Independentemente do restabelecimento parcial ou total da potência por manobras de telecomando, há sempre atribuição de piquetes ao incidente. No caso de ser restabelecida a totalidade da potência através de manobras de telecomando, o incidente é considerado “controlado”, a interrupção de energia cessou e, neste momento, afere-se o tempo de incidente total, não existindo mais nenhum estado de incidente. O piquete desloca-se ao local da ocorrência mas esta intervenção já não é contabilizada, como bem se compreende, para a duração da interrupção no fornecimento da energia uma vez que a mesma já foi restabelecida. A deslocação do piquete, justifica-se para o restabelecimento do normal funcionamento do sistema. Na impossibilidade de reposição da energia por manobras de telecomando, é, então, atribuída a equipa técnica destacada para a resolução da ocorrência e entramos no estado de incidente seguinte.

Este estado de incidente, tem como tempo característico de 1 ou 3 minutos. Estes valores variam consoante o operador tem ou não a possibilidade de efetuar a reposição de potência através de manobras de telecomando na rede, sendo que o primeiro tempo corresponde ao valor de uma rede sem possibilidade de telecomando e o segundo tempo a possibilidade de alimentar cargas por manobras de telecomando.

2.3.3 Entrega do piquete

Aquando o restabelecimento parcial da potência feito por manobras de telecomando, o incidente é entregue ao piquete para identificar, avaliar e repor a potência afetada. A entrega do incidente ao piquete (equipa técnica) é feita pelo operador do sistema sendo, geralmente, este estado do incidente caracterizado com tempo de 1 minuto. O operador tem de ponderar a escolha pelas equipas disponíveis e mais próxima da zona de incidente.

2.3.4 Enviado piquete

O envio do piquete corresponde ao estado em que os piquetes preparam a deslocação para as manobras de reparação. Geralmente este estado de tempo tem valores típicos de 1 minuto, sendo que este pode variar devido à equipa estar ou não ocupada a resolver um outro incidente.

2.3.5 Chegada do piquete

Com os piquetes no terreno, este estado de incidente corresponde ao tempo despendido na procura da causa da interrupção no fornecimento da energia, ou seja, o tempo que demora até identificar o tipo de incidente. Com a causa localizada do incidente, o piquete estabelece contacto com o operador do sistema e é estabelecido um plano de restabelecimento de potência afetada.

2.3.6 Manobra

Com a identificação de que tipo de incidente se trata, começa-se o trabalho de restabelecimento de energia. Antes de se resolver o incidente propriamente dito, os piquetes no terreno tentam isolar a zona do incidente do resto da rede. Após isso, estes analisam o incidente em função do tipo de equipamento afetado para procederem à substituição do mesmo e restabelecerem o normal funcionamento da rede.

2.3.7 Primeira reposição

A primeira reposição de energia pode dar-se aquando a intervenção dos piquetes para isolar o incidente, a rede torna-se estável, podendo permitir o restabelecimento de energia, por manobras no terreno ou por manobras de telecomando. Dá-se, desta forma, o restabelecimento de parte da energia ainda que por um caminho alternativo não havendo, no entanto, qualquer avanço no que diz respeito à resolução de incidente.

Não sendo possível o restabelecimento da energia por manobras no terreno ou telecomando, inicia-se o trabalho para a resolução do incidente, nomeadamente através da substituição de equipamentos afetados.

Em ambos os casos, pode o restabelecimento de potência ser parcial ou total. No caso de estarmos perante um restabelecimento parcial da potência, avança-se para o estado de incidente seguinte, pelo contrário, se o restabelecimento de potência for total o incidente é dado como finalizado e o tempo total do incidente é o tempo até o atual estado de incidente.

2.3.8 Reposição total

O estado de tempo de reposição total, como o próprio nome indica, ocorre quando há o restabelecimento total da potência afetada. Este estado inicia-se sempre que não há restabelecimento total da potência no estado anterior. Há semelhança desse, a reposição total é um estado onde ocorrem as alterações necessárias na rede bem como a substituição do equipamento afetado até que seja reposta a potência afetada na sua totalidade. Podemos caracterizar este estado, TOT, como sendo a repetição do estado PAR tantas vezes quanto as necessárias até que seja restabelecida a potência total afetada pelo incidente.

Este estado de incidente, é o último da série de estados de incidente para efeitos de cálculo da duração total do incidente. Contudo, temos mais dois estados de incidentes, CPL e

FEC, sendo que estes não contribuem para a contabilização da duração total de incidente pois a potência esta totalmente restabelecida no final deste estado.

2.3.9 Completo no Local

O estado de incidente completo no local é caracterizado como sendo o estado onde se dá o restabelecimento da rede no seu funcionamento normal. Apesar da rede estar a alimentar todos os clientes, estes podem estar a ser alimentados por caminhos alternativos enquanto se dá a reparação do incidente. Este estado tem valores de tempo na média aproximadamente de 3500 minutos, pois pode o incidente ser de grandes dimensões, ou seja, uma área vasta de incidente (reposição de conjunto de apoios e cabos) ou substituições de equipamentos de grandes dimensões (substituição de um transformador).

2.3.10 Fecho da Ocorrência

O fecho da ocorrência é o último estado de incidente. Este estado é onde se reúne toda a informação por parte do operador e piquetes referente ao incidente. Após a análise da mesma, esta informação é arquivada para futuras análises estatísticas.

A duração total do incidente é, como descrito, aferida em função dos oito primeiros estados de incidentes embora este seja constituído por dez estados de incidentes. No entanto, os dois últimos estados de incidentes não são inseridos na duração total do incidente. O desenvolvimento da duração total de incidente pode, então, ser demonstrado pelo seguinte fluxograma de estados de incidente.

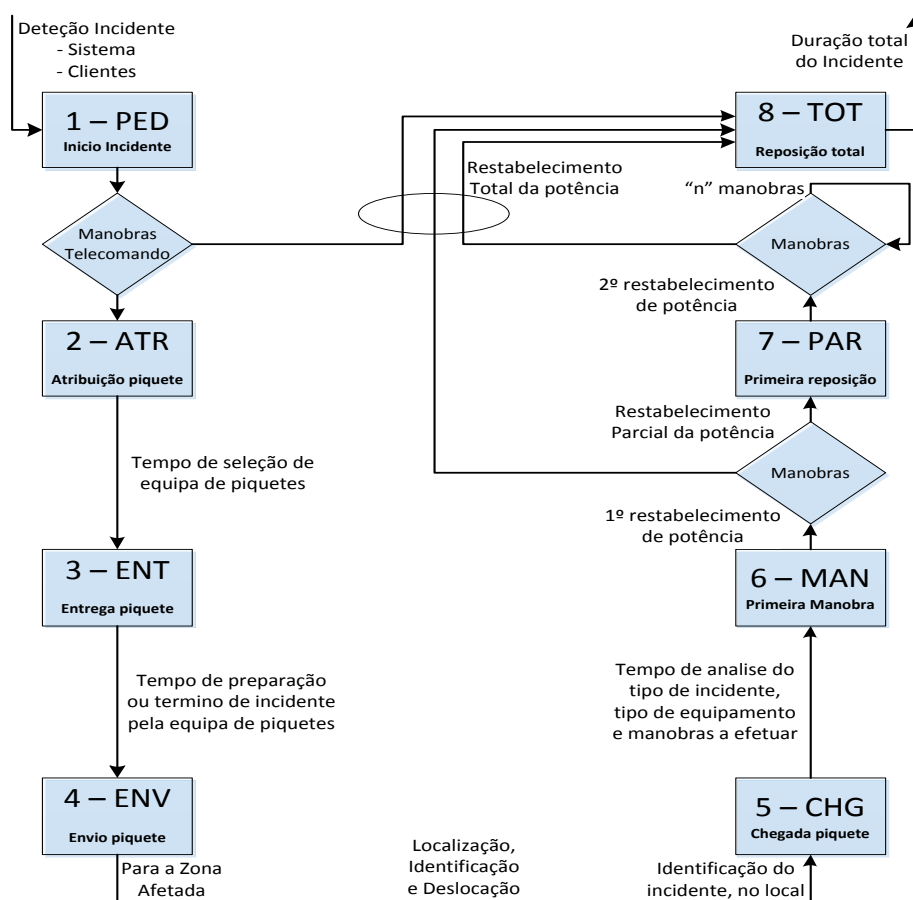


Figura 2.1 - Fluxograma de Estados de Incidentes

2.4. Tempos de incidente

Como podemos verificar pela representação anterior, cada estado de incidente tem tempos distintos. Para melhor caracterizar o tempo de cada estado de incidente, procedemos à análise do registo de incidentes, dessa análise obtemos uma distribuição que nos indica um valor médio de estados de tempo [5].

2.4.1 Descriminação de tempos médios de estados de tempo

As análises são feitas recorrendo a análise gráfica de distribuições de frequência, designadas de Histogramas. Começa-se por filtrar o estado de incidente pretendido, realização da distribuição de frequências, que apresenta de forma ordenada o número de ocorrências num intervalo de tempo especificado pelo utilizador (intervalo de passo), e posterior análise gráfica, histograma.

Os valores da média de cada estado de tempo estão representados na tabela seguinte

Tabela 2.1 - Tempo médio Estados de Incidentes

Estado de Incidente	Média de tempo (minutos)
PED	0,00
ATR	2,44
ENT	0,15
ENV	0,24
CHG	53,36
MAN	14,77
PAR	5,18
TOT	222,00

Temos de igual forma as distribuições de cada estado de incidente:

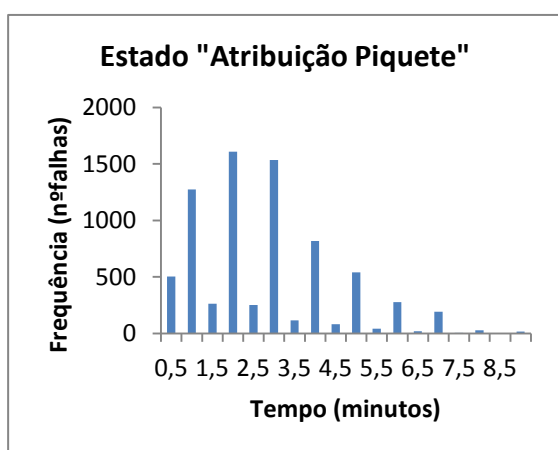


Figura 2.2 - Histograma estado "Atribuição Piquete"

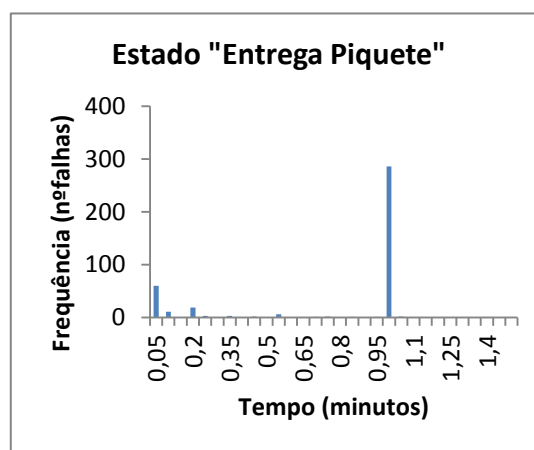


Figura 2.3 - Histograma estado "Entrega Piquetes"

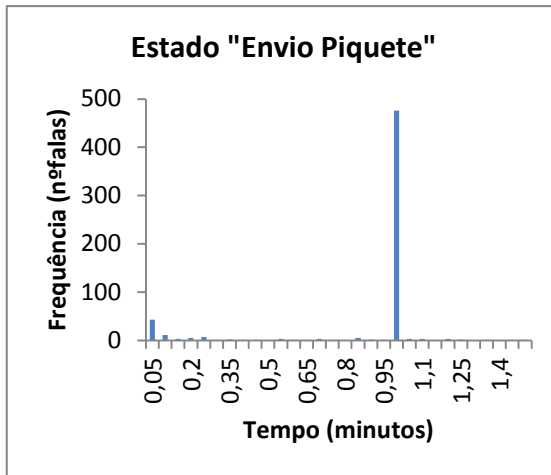


Figura 2.6 - Histograma estado "Envio Piquete"

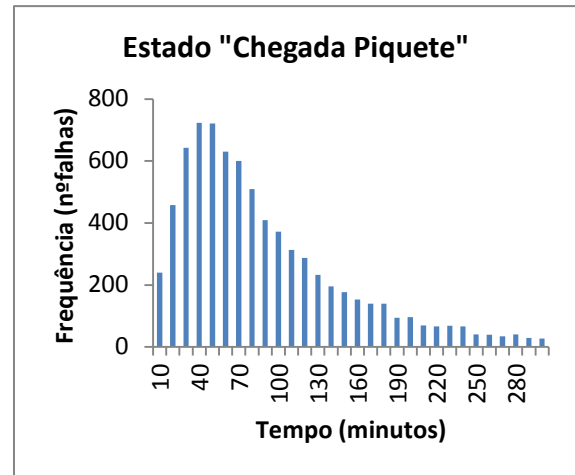


Figura 2.7 - Histograma estado "Chegada Piquete"

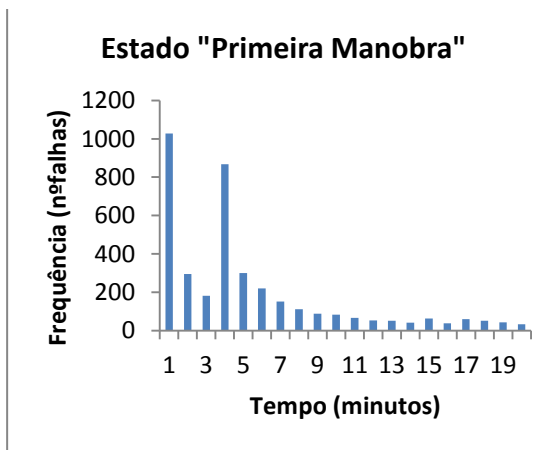


Figura 2.4 - Histograma estado "Primeira Manobra"

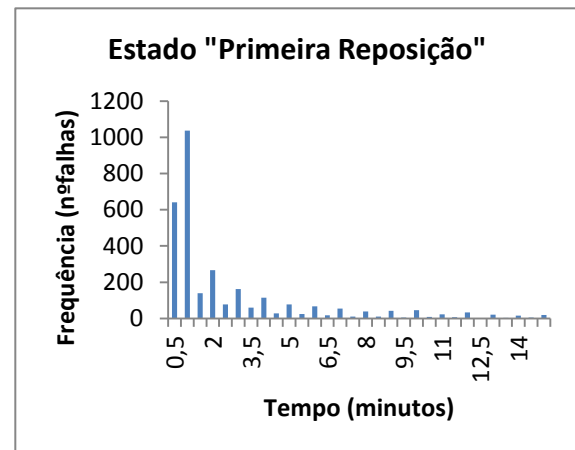


Figura 2.5 - Histograma estado "Primeira Reposição"

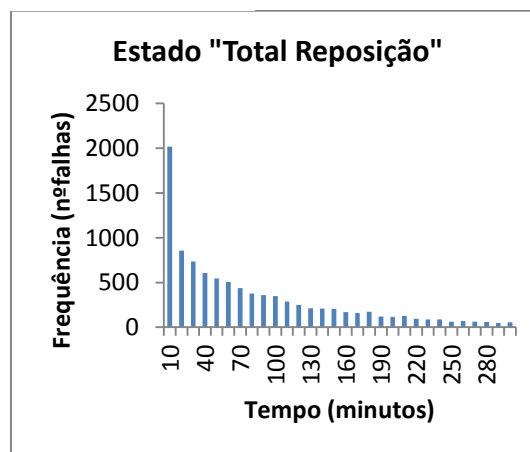


Figura 2.8 - Histograma estado "Total Reposição"

Da análise da informação apresentada da média e histograma, podemos tirar algumas conclusões relacionando os tempos com a descrição apresentada para cada estado de incidente.

O estado de incidente PED, é o início do processo e, por esse motivo, apresenta o valor de zero (daí a sua não apresentação de histograma).

O segundo estado de incidente, ATR, apresenta valor de média de 2,4 minutos. Este valor, como supra se explicou, caracteriza-se pelo tempo de 1 minuto para o caso da rede não ter possibilidade de manobras de telecomando e de 3 minutos no caso de possuir esses recursos. Pela sua distribuição podemos ainda verificar que os números inteiros de tempo apresentam maior ocorrência que os restantes, isto pelo facto de os valores serem inseridos pelo operador de sistema, logo tendem a ser inteiros.

A entrega a piquete, ENT, tem como média de tempo 0,15 minutos. Todavia, pela análise do histograma, verifica-se que é ocorrente atribuir a este estado de incidente o valor de 1 minuto. À semelhança deste, o estado de incidente seguinte, ENV, apresenta-se com média semelhante (0,24 minutos) bem como o seu histograma.

O estado de incidente CHG, apresenta valor para média de 53,36 minutos. Como podemos ver pelo histograma, este apresenta uma maior variação de valores comparativamente aos anteriormente analisados. Isto justifica-se porque é durante este estado de incidente que se localiza a sua causa. Com a análise visual no software, consegue ver-se qual a zona que está a ser afetada pelo incidente, mas não qual o troco de linha ou equipamento que está a provocar o incidente. O terreno a analisar pode por vezes ser vasto bem como várias as possíveis causas de incidente. Todos estes fatores concorrem para que esta análise seja, por vezes, demorada.

O estado de incidente MAN, apresenta média de 14,77 minutos e a sua distribuição é a caracterizada por um pico de tempo em 1 minuto e o restante uma distribuição do mesmo tipo que a anteriormente especificada.

A primeira reposição de potência, PAR, apresenta valor médio de 5,18 minutos, sendo restabelecida apenas parte da potência afetada.

O último estado de incidente, TOT, tem em vista a reposição total da potência e apresenta-se com um valor médio de 222 minutos. Este valor elevado de tempo apresenta-se com uma distribuição em forma de exponencial. Note-se que, este valor de média e distribuição depende do número de manobras necessárias bem como do equipamento afetado, podendo inclusive tratar-se de diversos equipamentos.

2.4.2 Duração de incidente

A duração total de um incidente corresponde à soma de tempos dos oito primeiros estados de incidente. Como já tivemos oportunidade de verificar, esses apresentam valores muitos distintos de tempos médios. Vamos analisar a cota de percentagem que cada estado representa na duração total do incidente.

Tabela 2.2 - Tempo médio de "Estados de Incidentes"

Ordem cronológica	Código estado	Média Tempo (Minutos)	Tempo total (%)
1	PED	0,00	0,00
2	ATR	2,44	0,82
3	ENT	0,15	0,05
4	ENV	0,24	0,08
5	CHG	53,36	17,90
6	MAN	14,77	4,96
7	PAR	5,18	1,74
8	TOT	222,00	74,46
9	CPL	N/A.	
10	FEC	N/A.	

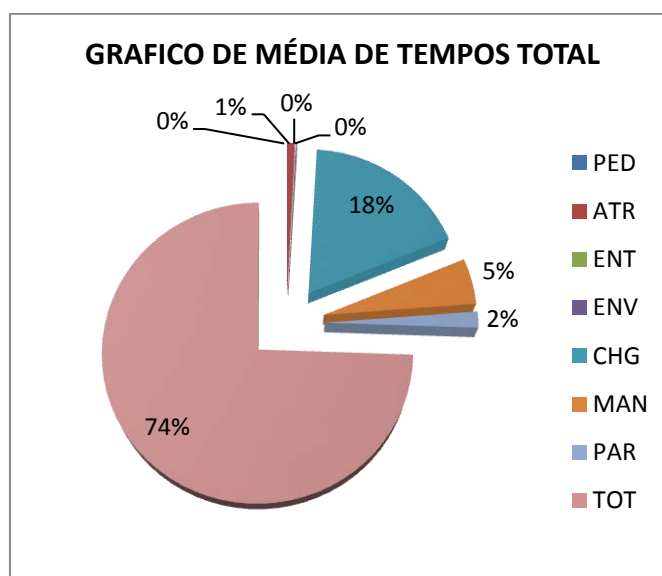


Figura 2.9 - Comparação percentual de tempos médios de "Estados de Incidentes"

Da conjugação de todas estas análises, apuramos que o tempo dos estados de incidentes PED, ATR, ENT, ENV apresenta valores de tempo médios muito baixos, sendo que a soma de todos representa uma percentagem inferior a 1% do tempo do incidente.

O estado de tempo CHG, apresenta um valor de 18% do tempo médio de incidente, de onde podemos concluir que da duração do incidente, 1/5 do tempo é geralmente despendido na procura da localização do incidente.

O restante tempo da duração de incidente, é dado pelos estados de tempos MAN, PAR e TOT, que representam mais de 80% da duração total do incidente. A soma de tempo despendido nestes estados de incidentes representam o tempo efetivo de reparação.

No âmbito desta dissertação, optou-se por numa primeira fase, efetuar a análise com a duração total de incidente sendo este o indicador de tempo mais robusto e fiável para o estudo. Em trabalhos futuros, se tal se justificar, podem ser estudados, os tempos desagregados para cada estado de incidente.

2.5. Processo de resposta e condicionamento do tempo de incidente

A ocorrência de um incidente é sempre um fenómeno inesperado e extrínseco à nossa vontade e, por maior que seja o empenho em dar uma resposta rápida e satisfatória, a verdade é que por vezes nos deparamos com situações adversas ou desfavoráveis. Assim, cada um dos estados de incidente exige um tempo específico, próprio. Muito desse tempo é gasto em processos de análise, estudo ou procura da melhor solução e, por isso, não nos parece “tempo útil” na verdadeira aceção do termo. De facto, é um tempo durante o qual não se verificam avanços práticos na resolução da ocorrência. Todavia, quer seja tempo útil ou não, trata-se sempre de tempo que inflaciona a duração de incidente, tempo este que por vezes é de difícil melhoria devido a estar relacionado com a questão de imprevisibilidade de situações ou de condições adversas.

2.5.1 Equipas de piquetes

O número de equipas de piquetes, bem como a disponibilidade destes vai influenciar diretamente a duração do incidente. Caso o número de ocorrências exceda o número de piquetes em serviço, estes vão acumular tarefas havendo assim um tempo extra na duração total do incidente.

2.5.2 Dificuldade na localização do incidente

A localização do incidente pode ser uma tarefa demorada por parte dos piquetes. Na ocorrência de um incidente nem sempre é evidente ou de fácil perceção a área abrangida por este. Por vezes esta área pode ser de grandes dimensões, e a avaliação desta, associada a inúmeras possibilidades de tipos de incidentes e equipamentos afetados, pode ser demorada.

2.5.3 Impossibilidade de chegar ao local do incidente

A ocorrência de um incidente em local de difícil acesso ou sem acesso, influenciará a duração do incidente. Primeiramente, influenciará na identificação da localização do incidente e posteriormente nos trabalhos de reparação.

2.5.4 Falta de recursos pratica e ou técnicos

Com a identificação da causa e ou equipamentos afetados, os piquetes podem não ser a equipa mais apta tecnicamente para a resolução do incidente. Pode suceder também que a equipa destacada não possua os recursos práticos e equipamentos exigidos para resolver o problema de imediato. A deslocação de pessoal técnico bem como o equipamento para resolver o incidente vai, desta forma, influenciar a duração total do incidente.

2.5.5 Impossibilidade por condições meteorológicas adversa

A presença de condições meteorológicas adversas tais como, neve/gelo, neve/gelo de intensidade excecional, chuva, vento, vento de intensidade excecional, nevoeiro, trovoadas, impossibilitam a deslocação e atuação por partes das equipas de piquetes. Estes são obrigados a aguardar a melhoria de tais situações, ou a avançar com mais precaução que o normal o que influenciará a duração de incidente.

2.5.6 Outros fatores

Para além dos fatores anteriormente identificados e descritos, existem ainda uma quantidade de fatores que podem influenciar a duração do incidente. Fatores como trabalhos extra por causa de quedas de árvores, deslizamentos de terras, incêndios, a má comunicação entre os operadores de sistema e piquetes, entre outros, estão na origem de tempos adicionais à duração total do incidente.

Capítulo 3

Modelização do Tempo de Reposição

3.1. Introdução

O principal objetivo da presente dissertação é a construção de um modelo de previsão de tempos de reposição de serviço em redes elétricas de MT. Para o desenvolvimento do trabalho, é fundamental possuir uma boa base de registos de ocorrências. Os registos devem conter informações pormenorizadas dos incidentes como o início da ocorrência, duração total do incidente, clientes e potência afetados, causa do incidente e equipamentos afetados.

Quanto maior o número de ocorrências dos registos, melhor será a parametrização do modelo. A EDP forneceu registos de todas as interrupções acidentais ocorridas durante os anos de 2010 e 2011 na rede elétrica de MT, contabilizando um total de 14302 incidentes.

Atualmente, na ocorrência de um incidente, o valor de tempo de reposição do serviço previsto pela EDP corresponde ao valor médio do registo dos históricos. A criação do modelo, propõe que haja uma distribuição linear que faça corresponder o tempo real de incidente ao tempo estimado pelo modelo, tal como representa a Figura 3.1. Nesta, está presente uma série de valor constante, barra a azul, que representa o valor médio do registo de ocorrências analisado. Na ocorrência de qualquer incidente, o valor de tempo para reposição do serviço apresentado é de 142 minutos. O que se pretende com a criação do modelo, é o desenvolvimento de parametrizações de todas as variáveis causais, de forma a realizar-se uma aproximação linear entre o valor de tempo estimado e o tempo real de incidente, ou seja, pretende-se a deslocação da previsão de tempos estimados de forma a fazê-los coincidirem com o tempo real de incidente.

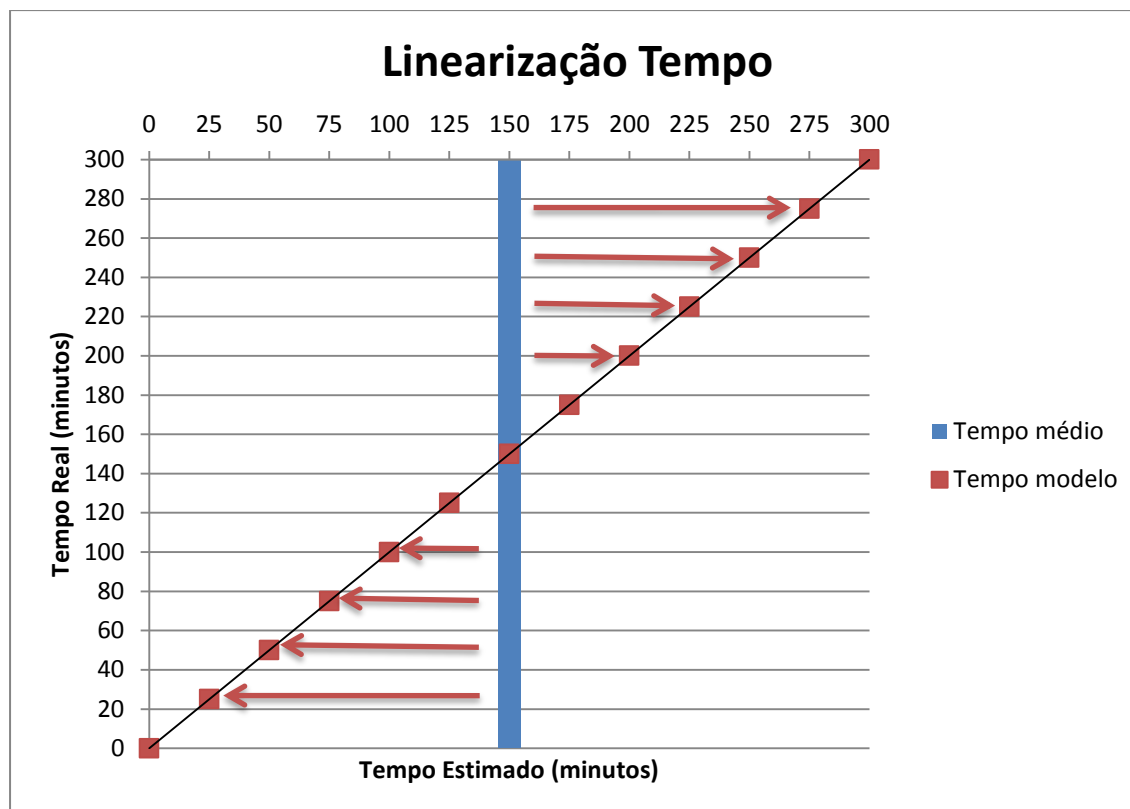


Figura 3.1 - Aproximação linear de tempo estimado ao tempo real

Neste capítulo opera-se a construção do modelo de previsão de tempo de reposição. Previamente à construção do modelo e de forma a possibilita-la, procedeu-se ao tratamento de dados. Depois do tratamento de dados, são vários os procedimentos levados a cabo. Começa-se pela desagregação das séries de dados caracterizando as variáveis influenciadoras de duração de incidente. De seguida, é feita a parametrização para cada variável e posteriormente para multivariáveis. Após a parametrização de todas as variáveis, dá-se a construção do modelo de previsão final. Por fim, será explicado todo o modelo de previsão recorrendo a um exemplo, mostrando a evolução da previsão de tempo em função das informações que chegam ao operador do sistema.

3.2. Desagregação do modelo

Com os registos das interrupções, procede-se à análise de relações causais entre as variáveis dependentes e variáveis explicadoras do tempo de reposição de serviço.

3.2.1. Variável dependente

A variável dependente representa uma variável que queremos modelizar com tratamento de variáveis independentes [6]. Neste caso, a variável dependente é a duração total do incidente, tal como já foi mencionado no subcapítulo de 2.4.2.. A análise poderia ser feita com várias variáveis dependentes sendo estas os tempos correspondentes aos diferentes estados de incidentes.

Com a realização de uma distribuição de frequências, pretende-se apresentar o número de casos existentes de uma classe ou intervalo de tempo característico. Na análise de distribuição da variável duração de incidente, foi necessário discriminar um intervalo de

passo de tempo, estabelecendo-se em 5 minutos. Assim, a distribuição de frequências, também designada de frequência relativa, representará os incidentes ocorridos em intervalos de tempo de 5 em 5 minutos.

Ao longo do presente trabalho, será feita a análise de distribuições de frequências em representação gráfica, designando-se por histograma.

Tabela 3.1 - Valores distribuição de frequências da variável dependente

Intervalo (minutos)	Frequência Relativa	Frequência Relativa (%)
0	0	0,00%
5	1586	11,09%
10	852	5,96%
15	429	3,00%
20	363	2,54%
25	274	1,92%
30	299	2,09%
35	256	1,79%
40	232	1,62%
45	245	1,71%
50	271	1,89%
...	...	...

A frequência relativa em “%”, representa o quociente da frequência relativa por número de casos total de incidentes dos registos, com valor de 14302 incidentes, podendo também designar-se por normalização da série, pois a série está contida entre valores de 0 e 1, ou no caso de se apresentar em percentagem, 0% e 100%.

A tabela de valores deveria ser construída até incluir todos os casos registados mas teríamos uma tabela demasiado extensa tendo em conta que o último caso registado possui valor de incidente de 7929 minutos. O histograma seguinte representa valores até ao minuto 500, estando representada, até esse valor, a distribuição do número de ocorrências com duração total de incidente.

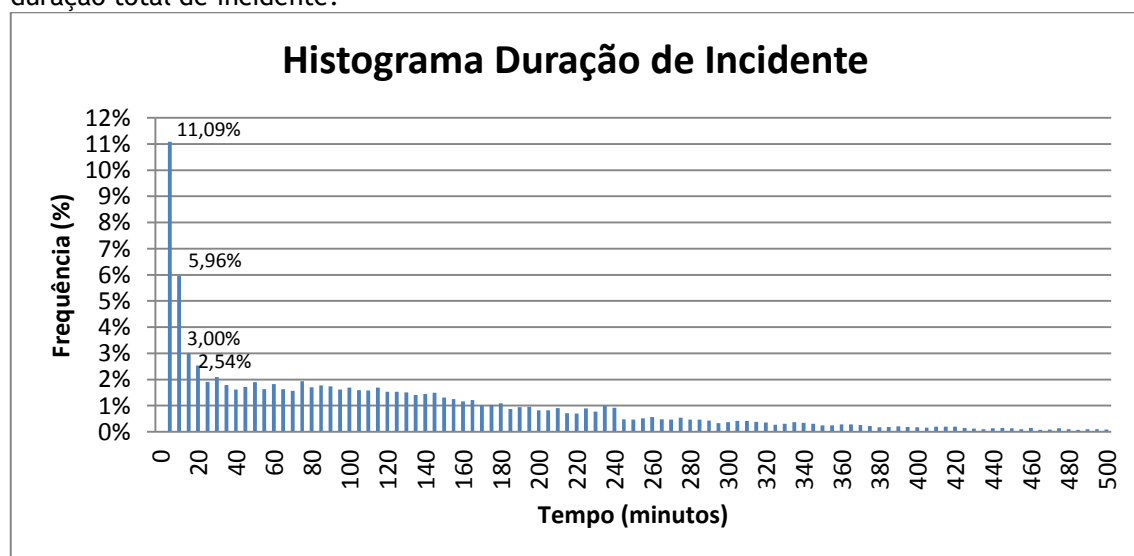


Figura 3.2 - Distribuição de frequências para duração de incidente

Pela análise do histograma, observa-se que há uma grande ocorrência de incidentes com duração total inferior à média. A distribuição apresenta a forma de uma função exponencial [7] (ou de uma distribuição de Weibull, como infra se desenvolverá).

Pela análise numérica, chega-se à conclusão que o tempo médio de duração de incidente é de 142 minutos. No entanto, pela análise do histograma, compreende-se que a frequência de duração de incidentes antes desse valor, não é a mesma que depois (distribuição normal). Do estudo dos registos, verifica-se que o número de ocorrências com duração de incidente inferior à média, é de 9056 representando 63% dos incidentes, ou seja, embora o valor médio seja de 142 minutos, 63% dos incidentes resolveram-se antes desse tempo. Este tipo de análise será feito ao longo da presente dissertação, de forma a parametrizar todas as distribuições com aproximação a funções.

3.2.2. Variáveis independentes

As variáveis independentes ou explicadoras, são variáveis que se relacionam de forma a determinar os seus efeitos noutras variáveis, neste caso na variável dependente duração total de incidente [6].

Para identificar as variáveis explicadoras, recorre-se ao modelo abaixo apresentado:

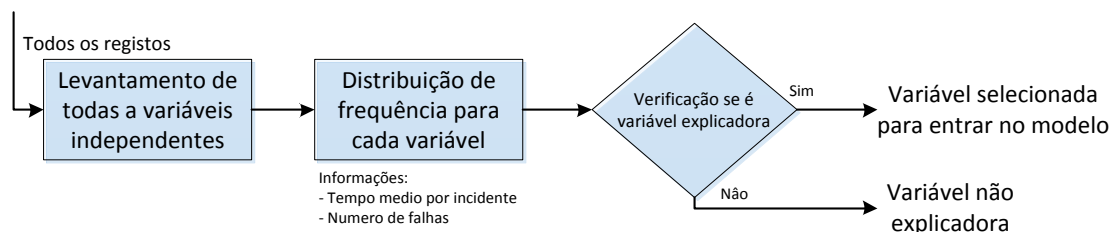


Figura 3.3 - Fluxograma de identificação de variáveis independentes

A identificação de variáveis independentes começa pelo levantamento, da informação registada, de todas as variáveis. Os levantamentos de todas as variáveis independentes são baseados em hipóteses de causalidade, como por exemplo, pressupõem-se como hipótese que a hora e o dia da semana, impliquem diferentes tempos de reposição. Outro aspeto a ter em conta no levantamento de variáveis, é a disponibilidade da informação associada à variável, tanto a informação histórica que possa ser relacionada com os incidentes como a informação de registos em tempo real que permitem alimentar o modelo de previsão. Por exemplo, o conhecimento de tipo de incidente, poderá ser uma variável causal importante mas esta informação tem de existir no registo histórico, para construção do modelo, e tem de existir em tempo real para alimentar como entrada o modelo. Este levantamento de variáveis é feito com base em hipóteses mas a sua verificação é conseguida pelos processos seguintes.

Após o levantamento de todas as hipóteses a analisar, são realizadas distribuições de frequências para cada variável. A distribuição de frequências pressupõe a desagregação da variável em classes ou partições, quantificando a ocorrência em cada partição. Teremos presente, para cada variável, a análise de tempos por incidentes e número de incidentes.

Com a representação gráfica das distribuições de frequências, histograma, será apresentada uma análise verificando a influência da variável na duração total do incidente.

Da observação da variação das desagregações das variáveis, nas distribuições de frequências, conclui-se relevante, se esta apresenta valores de tempo de duração de incidentes distintos e, a partir daí aferimos se a variável é explicadora ou não [8]. A variável

é explicadora, quando há uma variação da distribuição de frequências. Essa variação, representa que a ocorrência de um incidente em um intervalo apresenta valor diferente de ocorrência de um outro. É, portanto, nesta variação que se verifica a causalidade da variável dependente. Pelo contrário, se a distribuição de frequências se apresentar uniforme, isto é, apresentar número de ocorrências semelhantes para todos os intervalos, conclui-se que a variável não é explicadora.

O modelo anunciado e descrito, será aplicado às hipóteses levantadas ou obtidas pelo estudo de registos. As hipóteses apresentadas para variáveis explicadoras correspondem a informação de: dia do mês, mês, dia da semana, hora, clientes afetados, potência afetada, tipo de incidente e equipamento afetado. Para cada variável em análise, são apresentados os intervalos de distribuições de frequências, consequente e posteriormente concluiremos se se trata ou não de variáveis explicadoras.

3.2.2.1. Variável "Dia do Mês"

A variável dia do mês apresenta-se como sendo hipoteticamente uma variável explicadora. Justifica-se a sua avaliação pois é possível, pela pesquisa nos registos, estabelecer um nexos causal entre ela e a duração de incidente. A existência de informação relativa a esta variável torna possível a sua inserção no modelo. Será realizada a distribuição de frequências com a desaglomeração da variável em intervalos diários, correspondendo a trinta e um intervalos.

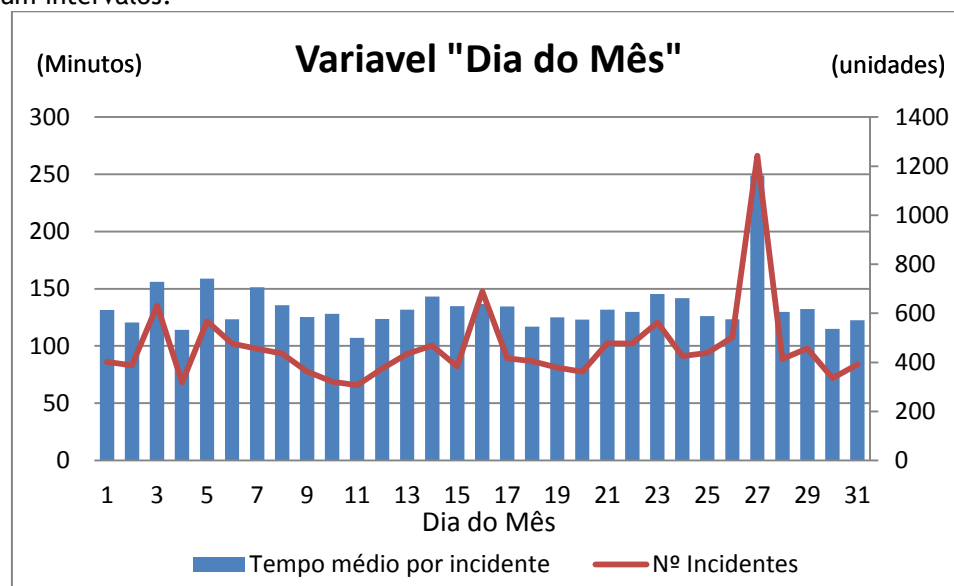


Figura 3.4- Distribuição de frequência para variável "Dia do Mês"

Por análise de dados, observamos com clareza que todos os dias apresentam valor de duração de incidentes semelhantes à exceção do dia 27 que se destaca no gráfico. Nos registos dos anos de 2010 e 2011, para o dia 27 foram contabilizados um total de 1241 incidentes. Analisando mais pormenorizadamente o dia 27 de cada mês, verificou-se que o dia 27 de fevereiro de 2010, foi um dia de exceção, tendo registados 901 incidentes. O valor médio de incidente é elevado mas justificado por tal ocorrência de incidentes registados.

A distribuição, à exceção do dia 27, apresenta uma distribuição de frequência uniforme não se justificando a atribuição de variável explicadora de duração de incidente.

3.2.2.2. Variável "Mês"

A variável mês, justifica-se como hipótese de variável explicadora pois esta pode apresentar uma causalidade na duração do incidente devido às condições meteorológicas distintas entre os meses. Neste sentido, realiza-se a distribuição de frequências com desagregação em meses, ficando representados doze intervalos.

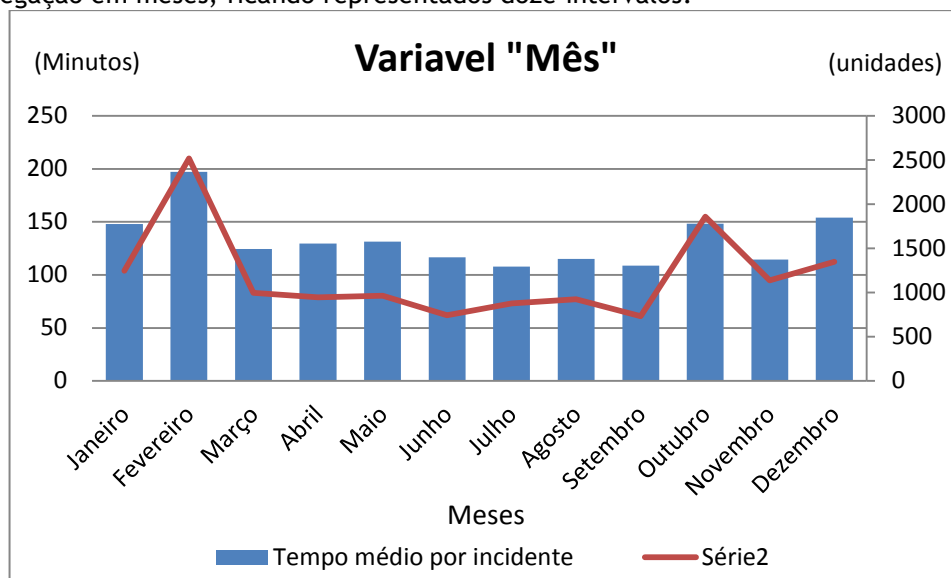


Figura 3.5 - Distribuição de frequência para variável "Mês"

Das informações acima, podemos retirar a ilação de que a distribuição apresenta tempos de duração de incidentes maiores nas estações de outono e inverno. Percebe-se que assim seja pois a rede de distribuições de MT é, maioritariamente, constituída por linhas aéreas, estando estas mais sujeitas a condições adversas neste período. No entanto, a informação de registos relativos a dois anos é insuficiente para a confirmação de causalidade entre esta variável e a duração de incidente. Desta forma, a variável "Mês" é considerada uma variável não explicadora.

3.2.2.3. Variável "Dia da Semana"

As distribuições de piquetes pelos dias da semana, faz da variável "Dia da Semana" uma hipotética variável explicadora. A distribuição de frequências terá como intervalos a desagregação em dias da semana.

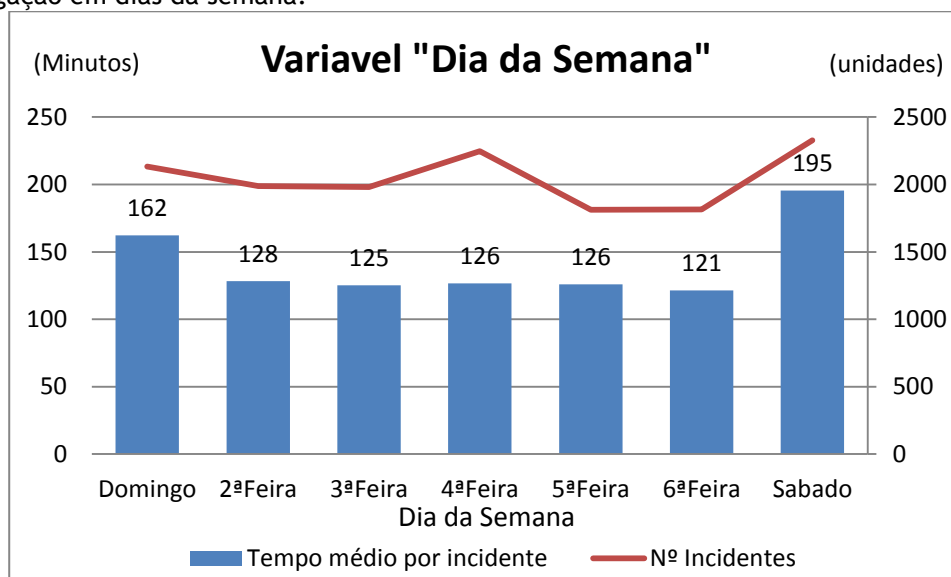


Figura 3.6 - Distribuição de frequência para variável "Dia da Semana"

A informação dada por esta variável evidencia a sua influência na duração de incidente. Verifica-se que nos dias da semana, de 2ªfeira a 6ªfeira, os tempos médios são muito semelhantes estando compreendidos entre os 121 e 128 minutos (correspondente ao valores reais de tempo de 6ªfeira e 2ªfeira). No caso do fim de semana, os tempos médios apresentam valores superiores aos registados durante a semana. Esta diferenciação permite concluir que a ocorrência de um incidente, à semana e ao fim de semana apresenta valores distintos, tornando esta variável, uma variável explicadora da duração de incidente.

3.2.2.4. Variável “Hora”

Para a variável “Hora”, será efetuada a análise com o intuito de se verificar se a distribuição de turnos de piquetes pelo dia tem alguma causalidade na duração do incidente. Portanto, a distribuição dos piquetes por turnos, torna a variável hora numa hipotética variável explicadora. A distribuição de frequências será realizada com a desagregação de horas, consistindo numa análise com 24 intervalos.

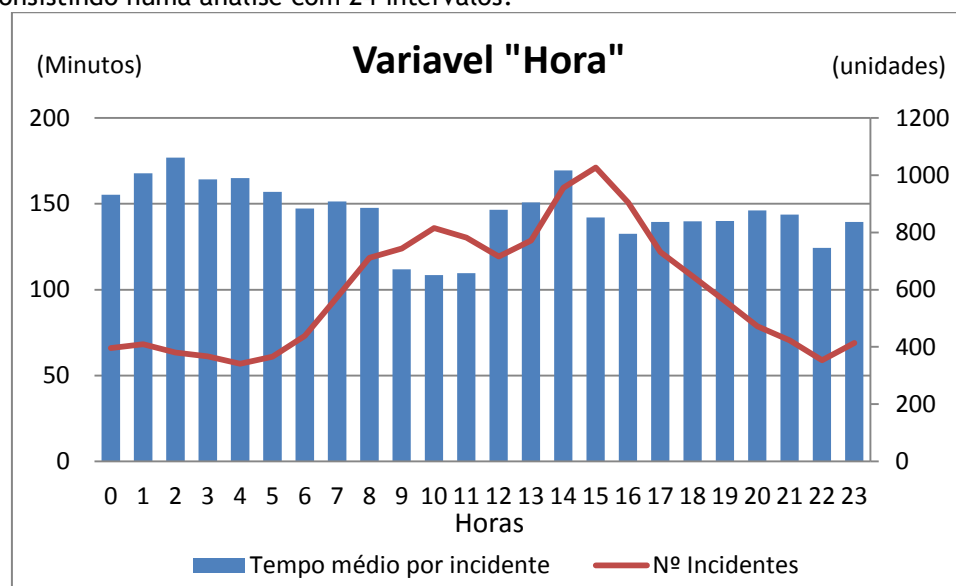


Figura 3.7 - Distribuição de frequência para variável “Hora”

Podemos verificar que, ao contrário do que sucede nas variáveis até agora analisadas, as distribuições de tempo médio de incidente e números de incidentes não estão a variar de igual forma, veja-se que quando aumenta o número de tempos de incidentes não aumenta o número de incidentes.

Pela análise da distribuição de tempos médios por incidentes, apuramos que existe variação nesta distribuição. É possível destacar também que o tempo médio de incidente entre as 9 e as 11 horas, apresenta tempos inferiores aos restantes intervalos da distribuição. Podemos ainda verificar que os maiores tempos de duração de incidentes ocorrem durante o período de horário noturno, justificando-se pela indisponibilidade de piquetes neste período. A variável “Hora”, é desta forma uma variável explicadora com influência no tempo de duração de incidente.

3.2.2.5. Variável “Clientes Afetados”

Justifica-se o estudo da variável “Clientes Afetados” no sentido de se aferir se é ou não uma variável explicadora, pois um grande número de clientes afetados pressupõe uma atuação prioritária na resolução do incidente sendo, nesses casos, menor o tempo médio por incidente.

A variável foi desaglomerada em intervalos de mil clientes, sendo aglomerados os valores superiores a quinze mil num único intervalo pelo número reduzido de registos após esse valor.

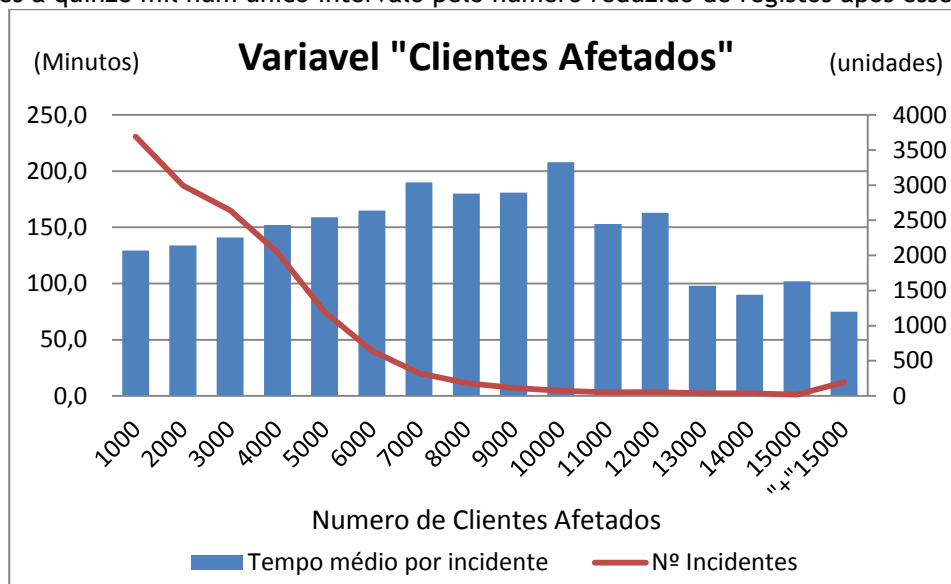


Figura 3.8 - Distribuição de frequência para variável “Clientes Afetados”

A distribuição de número de clientes afetados, exibe uma forma exponencial, apresentando uma diminuição de número de incidente com o aumento do número de clientes afetados.

A distribuição de tempo médio por incidente, apresenta um aumento gradual do tempo por incidente até aos dez mil clientes afetados, mostrando que com o aumento de clientes afetados, pressupõem-se um incidente de maior escala. Após os dez mil clientes afetados, a distribuição apresenta uma diminuição de tempo médio de incidente, comprovando a prioridade de resolução destes incidentes.

Esta variação de distribuição de frequências, faz com que a variável “Clientes Afetados” seja uma variável explicadora da duração de incidente.

3.2.2.6. Variável “Potência Afetada”

A variável “Potência Afetada”, apresenta uma variação proporcional à variável “Clientes Afetados”. À semelhança da variável “Clientes Afetados”, a hipótese da variável “Potência Afetada” se configurar como sendo uma variável explicadora, deve-se à diminuição de tempo médio por incidente para grandes valores de potência afetada.

A desagregação foi realizada em intervalos de dois mil, sendo que os valores superiores a trinta mil foram aglomerados num único. As distribuições ficam com as seguintes formas:

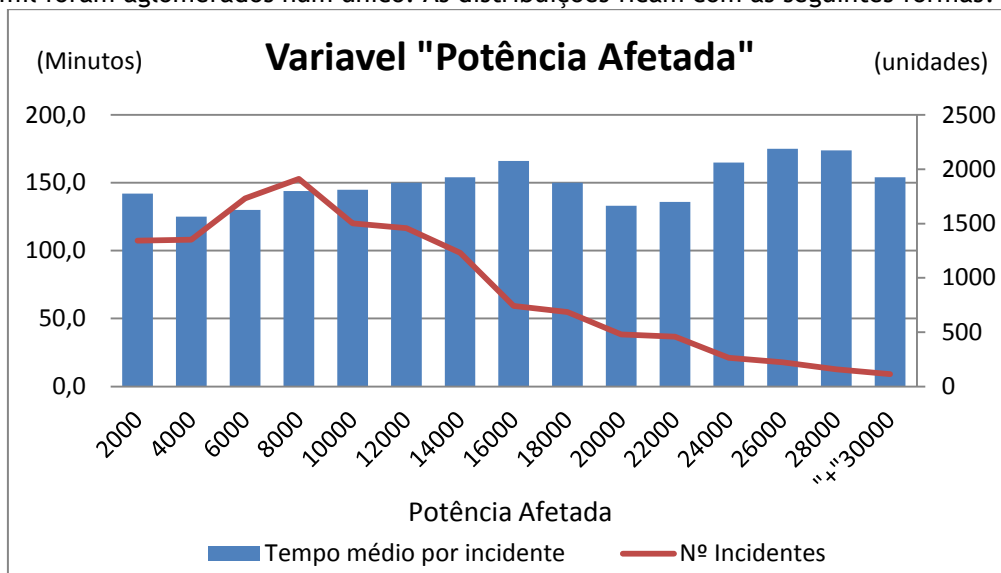


Figura 3.9 - Distribuição de frequência para variável “Potência Afetada”

Pela análise, verificamos que o número de incidentes não varia da mesma forma que o tempo médio de incidentes. A distribuição de número de incidentes tem uma forma crescente até aos oito mil sendo, após esse valor, decrescente com o aumento de potência afetada.

Quanto à distribuição do tempo médio de incidente, há variação da distribuição. Estas variações tornam a variável “Potência Afetada” relevante para uma análise mais aprofundada, fazendo desta uma variável explicadora do tempo médio de incidente.

3.2.2.7. Variável “Tipo de Incidente”

A variável tipo de incidente, apresenta tantas desaglomerações quantos os tipos de incidentes identificados, totalizando 61 tipos distintos.

Apresentam-se na tabela abaixo, a identificação de todos os tipos de equipamentos ordenados alfabeticamente.

Tabela 3.2 - Identificação de todos os “Tipos de Incidentes”

1 ABATE DE ÁRVORES	22 EM ANÁLISE	43 POLUICAO / CORROSAO
2 ACTUAÇÃO DE AUTOMATISMOS	23 ENSAIOS	44 PROJ. RAMOS P/ VENTO
3 ANIMAIS NÃO AVES	24 ENVELHECIM MATERIAIS	45 QUEDA ÁRV. P/COND. ATMOSF. ADVERSAS
4 AVES	25 ERRO CONCEP MATERIAIS	46 REE
5 CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO CLIENTE	26 ESCAVAÇÕES	47 RISCO IMINENTE PESSOAS E BENS (178º)
6 CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO PRODUTOR	27 FAIXAS PROT INSUFICIENTES	48 RUPTURA DE CANAL. DE FLUÍDOS
7 CHUVA	28 FALSA MANOBRA	49 TRAB EDP (ADM DIRECTA)

8	CONDUTORES DESREGULADOS	29	FALTA SELECT-LONGITUD	50	TRAB EDP (EMPREENHEIRO)
9	CONSERVAÇÃO PREVENTIVA	30	FALTA SELECT-TRANSV	51	TRAB TET (ADM DIRECTA)
10	CONTORNAMENTOS / CONDENSACAO	31	FASE A TERRA	52	TRAB TET (EMPREENHEIRO)
11	CORPOS ESTRANHOS NA REDE	32	INCÊNDIO	53	TRABALHOS DE LIG./DESLIGACÃO
12	DEF TELEACCAO/TELECOMANDO	33	INUNDAC/INFILTRACOES	54	TRABALHOS DE REPARAÇÃO
13	DEFEITO DE DISJUNTOR	34	INUNDAÇÕES IMPREVISÍVEIS	55	TRABALHOS DE TERCEIROS (GRUAS....)
14	DEFEITO DE FABRICO	35	MALFEITORIA (VANDALISMO)	56	TROVOADA
15	DEFEITO DE MONTAGEM	36	MANOBRAS	57	UTIL ACIMA CHARACTERIST
16	DEFEITO EM COMUNICACOES	37	MANUTENCAO DEFICIENTE	58	UTILIZ INAD MATERIAIS
17	DEFEITO ISOLAMENTO	38	MAU CONTACTO DE FASE	59	VEÍCULOS
18	DEFEITO PROT/AUTOMAT	39	MAU CONTACTO NEUTRO	60	VENTO
19	DESC- COND ATMOSF NORMAIS	40	NEVE/GELO	61	VENTO INTENSIDADE EXCEPCIONAL
20	DESCARGA ATMOSFÉRICA DIRECTA	41	NEVE/GELO COND EXCEPCIONAL		
21	DESLIZAMENTO DE TERRAS	42	NEVOEIRO		

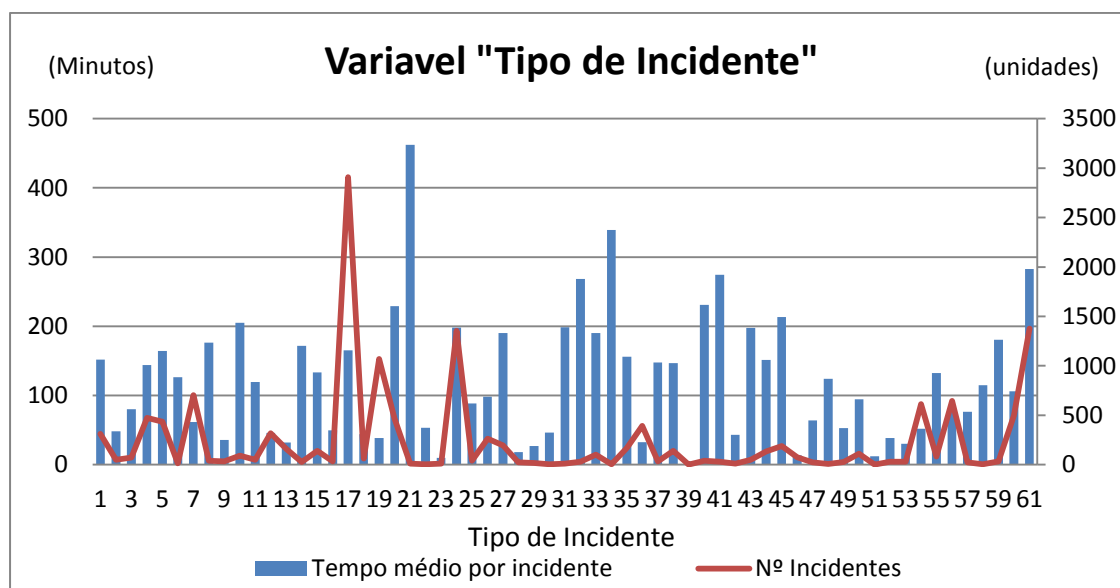


Figura 3.10 - Distribuição de frequência para variável "Tipo de Incidente"

O tipo de incidente é a representação da causa da ocorrência de um incidente. No gráfico está bem visível a grande diferença entre tempos médios de incidentes e número de ocorrências, fazendo desta variável uma das mais relevantes na duração média de incidente. A análise pormenorizada desta variável, a desenvolver no decurso deste trabalho, identifica-a como explicadora da duração de incidente.

3.2.2.8. Variável "Equipamento Afetado"

A análise da variável "Equipamento Afetado" é semelhante à análise da variável "tipo de incidente". Para a variável equipamento afetado, foram identificados 95 equipamentos distintos.

Tabela 3.3 - Identificação de todos os "Equipamentos Afetados"

1	ACESSORIO DE CADEIA	33	DISJ AR COMPRIM - MT	65	POSTE AO AT
2	ALVEOLO / BORNE	34	DISJ GVO - AT	66	POSTE BETAO MT
3	APARELHAGEM MEDIDA	35	DISJ GVO - MT	67	POSTE MADEIRA
4	ARMAÇAO P/ L.A.	36	DISJ PVO - AT	68	POSTE METALICO MT
5	AUTOMATO REG TENSAO	37	DISJ PVO - MT	69	QGBT - ABERTOS
6	BARRAMENTO PS E PT	38	DISJ SF6 - AT	70	QGBT - COM INVOLUCRO
7	BARRAMENTO PS E SE	39	DISJ SF6 - MT	71	REACTANCIA DE NEUTRO
8	BASE FUSIVEIS MT	40	DISJ VACUO - MT	72	REARME DISJ DIF/INT.
9	BOCA CX DIST SUBT BT	41	DST - CLASSICO	73	RELE DE TELECOMANDO
10	CABO ISOL PAP/OLE MT	42	DST - ZNO	74	RELE PROTECCAO
11	CABO ISOL SECO AT	43	ELECTROD/ACES P/TERRA	75	SECC - AT
12	CABO ISOL SECO MT	44	EQUIP PS E PT - BT	76	SECC - MT
13	CABO SECO N/TORC BT	45	EQUIP PS E PT - MT	77	SECC - UNIP BT
14	CABO/FIO NU AL	46	EQUIPA DE CONTAGEM	78	SEM DANOS
15	CABO/FIO NU AL-ACO	47	FECHADURA / CADEADO	79	TERMINAC EXTRAIV MT
16	CABO/FIO NU ALMELEC	48	FIADOR / ARCO	80	TERMINAL
17	CABO/FIO NU CU	49	FILACA / PINCA	81	TETRAPOLAR
18	CIRCUITOS AUX DE CC	50	FUSIVEL BT	82	TI - AT
19	COMANDO DE DISJ	51	FUSIVEL MT	83	TI - BT
20	COMB INT SEC FUS -MT	52	HASTE DE DESCARGA	84	TI - MT
21	CONDUTOR/ACES TELESERV	53	IAR	85	TP - AT/MT
22	CONTACTOR	54	IAT	86	TP - MT/MT
23	CONTADOR	55	INT SECC - MT	87	TP OLEO - MT/BT
24	CX D - FE FUNDIDO MT	56	ISOLADOR APOIO	88	TP SECO - MT/BT
25	CX J - FE FUNDIDO MT	57	ISOLADOR CADEIA	89	TT - MT
26	CX J - PREMOLD MT	58	ISOLADOR RIGIDO	90	UNIAO DE COMPRESSAO
27	CX J - TERMORET MT	59	ISOLADOR TRAVESSIA	91	UNIAO PREFORMADA
28	CX T - FE FUNDIDO MT	60	LIGAD BICO MOVEL (TET)	92	UNIAO REDE SUB AT/MT
29	CX T - OLEO MT	61	LIGADOR - CABO NU	93	UNIDADE COMPACTA SF6
30	CX T - PREMOLD MT	62	LIGADOR TORCADA	94	UNIDADE MODULAR SF6
31	CX T - TERMORET MT	63	PESQUIS TERRAS RESIST	95	URT-UNID REMOTA TELEACCAO
32	DAR	64	PORTA / GRELHA		

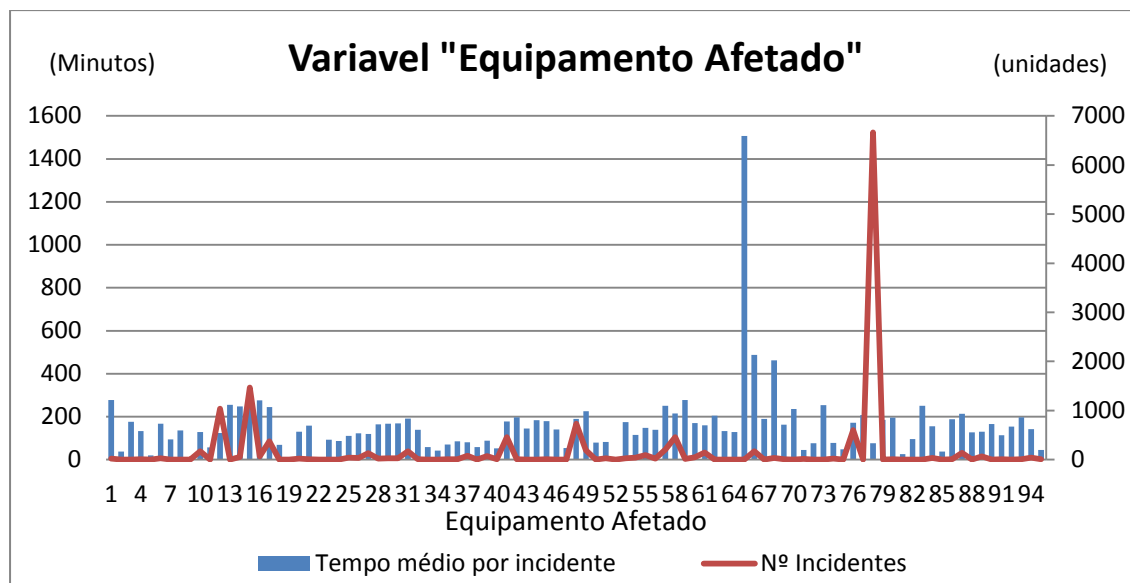


Figura 3.11 - Distribuição de frequência para variável "Equipamento Afetado"

A distribuição de tempo médio por incidente apresenta valores distintos para diferentes tipos de equipamentos fazendo desta uma variável explicadora de duração de incidente.

Da investigação supra explanada, podemos concluir que as variáveis explicadoras de tempo de duração de incidente são: dia da semana, hora, clientes afetados, potência afetada, tipo de incidente e equipamento afetado. Estas variáveis apresentam forma de distribuição de valores médios de incidentes distintos para diferentes desaglomerados da variável e por isso justifica-se uma análise mais aprofundada, consistindo no estudo de distribuição de frequências para cada intervalo.

3.3. Parametrização do Modelo

As variáveis explicadoras identificadas foram analisadas com a informação do seu valor médio de tempo por incidente. Quando referimos valor médio de uma série de valores, a referência é feita a nível estatístico [9]. Pretendemos, no entanto, a representação como uma distribuição de frequências para aproximar essa distribuição a uma função. A função será caracterizada por parâmetros que serão a base do modelo de previsão de tempos estimados.

Neste subcapítulo, pretende-se a construção de um modelo que parametrize cada variável nos seus desaglomerados (intervalos dentro da variável).

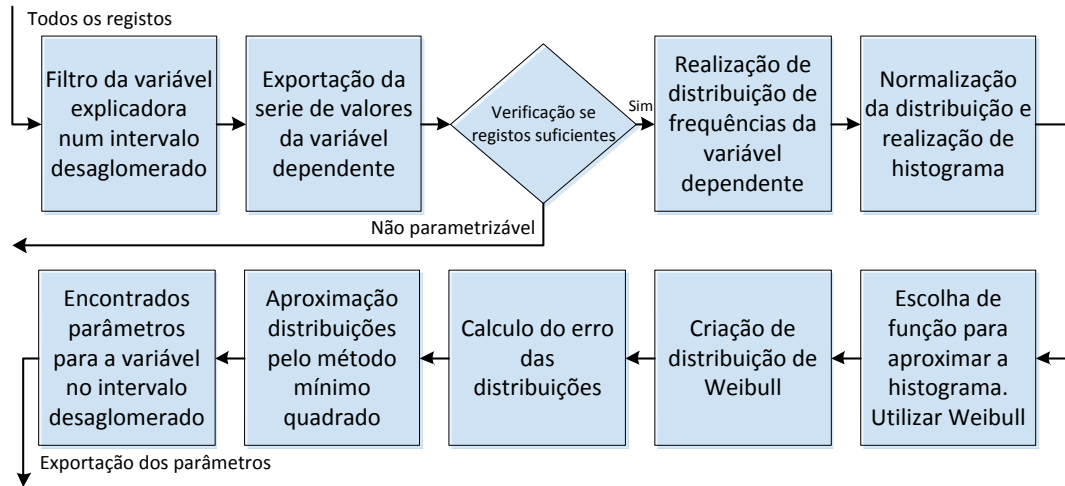


Figura 3.12 - Modelo de parametrização de variáveis

Este modelo contempla como entrada todos os registos de incidentes. O primeiro procedimento é realizar o filtro de registos para o desaglomerado de variável que queremos analisar. Dos registos seleccionados, procede-se à exportação de valores da variável dependente (duração de incidente), caracterizando o seu mínimo, máximo e média.

O procedimento que se segue é uma verificação que faz a contagem de registos existentes após o filtro. Foi estabelecido que, na presença de um número de registos inferior a 20, não há conteúdo suficiente para realizar uma distribuição de frequências e, como consequência, a desaglomeração da variável não é parametrizável (com exceção de algumas variáveis a explorar no subcapítulo 3.3.1.5.). Com a validação da condição de número mínimo de registo, segue-se o modelo para o próximo procedimento.

O procedimento seguinte, é a realização de uma distribuição de frequências para os registos filtrados. A realização de distribuição de frequências pressupõe a quantificação de ocorrências de incidentes num intervalo de tempo. Depois de obtermos a quantificação de ocorrências, procede-se à normalização da distribuição de frequências, ou seja, à representação de todos os valores, numa escala de probabilidade $[0;1]$ em que a soma de todas as distribuições apresenta valor 1 (“um”). A distribuição de frequências, é representada num “Histograma”.

No processo seguinte, pretende-se a identificação da função que melhor se aproxima à forma de onda apresentada pelo histograma. A forma de onda pode apresentar-se na forma de uma distribuição normal, uma distribuição lognormal, uma distribuição exponencial, uma distribuição de Weibull, entre outras [10]. A distribuição a ser utilizada na presente dissertação, é a distribuição de Weibull pois esta é a distribuição mais versátil, contendo características das distribuições Normal ou a Exponencial [11]. A distribuição de Weibull é o método mais utilizado para se realizar o tratamento estatístico de histogramas relativos ao comportamento de vida útil de equipamentos e estimativa de falhas e modelização de velocidades de vento para geração eólica [11] [12] [13]. A função densidade de probabilidade de Weibull é normalmente dada pela seguinte expressão:

$$g(T) = \frac{K}{A} \left(\frac{T}{A}\right)^{K-1} e^{-\left(\frac{T}{A}\right)^K} \quad (3.1)$$

A distribuição de Weibull é uma distribuição de dois parâmetros, representando o parâmetro “A” o fator de escala que representa o valor médio da série de valores, e o parâmetro “K” o fator de forma que fornece a informação sobre a curva de Weibull. [14] A influência do parâmetro “K” pode ser evidenciada no gráfico que se segue.

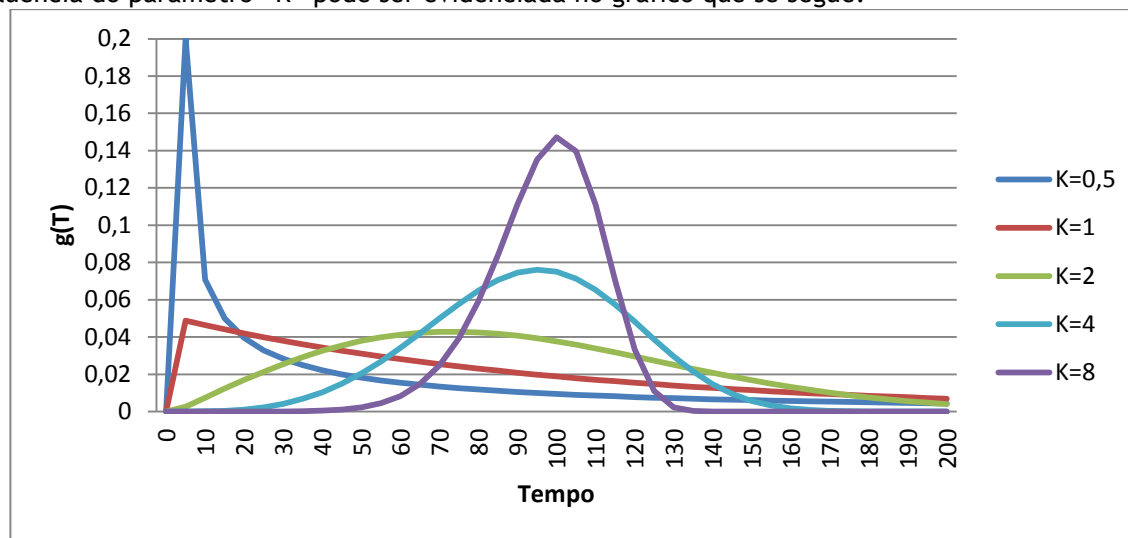


Figura 3.13 - Influência do parâmetro “K” na curva de distribuição de Weibull (A=100)

A distinção entre diferentes valores de parâmetro “K”, faz a representação da distribuição de Weibull aproximar-se a uma distribuição exponencial (“K”<1) [7] ou uma função normal [15]. O porquê da escolha da função de Weibull para aproximar a todas as distribuições das variáveis torna-se assim clara. Da distribuição de Weibull podemos retirar os valores de probabilidade que, depois de convertida em tempo, dará o tempo de duração de incidente [16].

Para demonstrar o até agora descrito, apresentam-se dois gráficos distintos de representação de distribuição do Weibull. A figura da esquerda, representa uma forma de distribuição exponencial, onde está selecionada a sombreado a probabilidade de ocorrência de “X” maior que 450 [17]. A figura da direita, representa uma forma de distribuição normal, representando a sombreado a probabilidade de ocorrência de “X” inferior a 95.

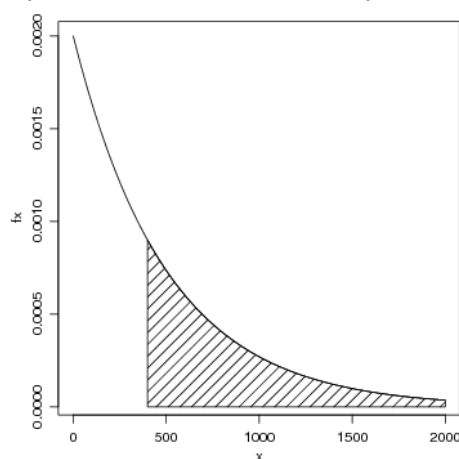


Figura 3.14 - Distribuição de Weibull de forma exponencial

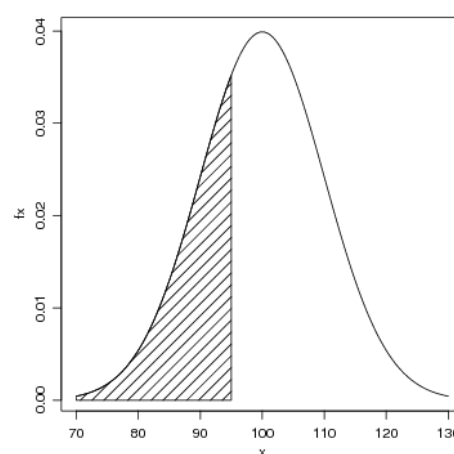


Figura 3.15 - Distribuição de Weibull de forma Normal

O processo que se segue, é a criação da distribuição de Weibull [18], com parâmetros iniciais indiferenciados (pois os valores exatos dos parâmetros serão dados pelo processo seguinte). Geralmente, para uma convergência de distribuições mais rápida, coloca-se para o

parâmetro “K” valor 1 (valor que apresenta o ponto de distinção entre uma distribuição exponencial e uma distribuição normal), e para o parâmetro “A” valor igual à média da distribuição da variável a analisar.

Com a série de distribuições de frequências normalizada e a distribuição de Weibull construída, é estabelecido um critério de cálculo do erro entre as distribuições. Para cada valor do intervalo de passo (intervalo estabelecido na realização das distribuições frequências) é calculada a diferença quadrática entre as distribuições. O erro total é dado pela soma de todos os erros parciais, ou seja:

$$Erro = \sum_{n=1}^{n=int} (DF_{normalizada_n} - DW_{normalizada_n})^2 \quad (3.2)$$

onde:

- $DF_{normalizada_n}$ - Distribuição de Frequências normalizadas no intervalo de passo “n”;
- $DW_{normalizada_n}$ - Distribuição de Weibull normalizadas no intervalo de passo “n”;
- n - Número de intervalos de passo. Inicia em 1 e como máximo de “int”;

No processo seguinte pretende-se a aproximação da distribuição de Weibull à distribuição de frequências normalizada do desaglomerar da variável. Recorre-se ao método dos mínimos quadrados [19] para proceder à minimização do erro entre as distribuições, por alteração dos parâmetros característicos da função de Weibull.

O último processo contempla a informação dos parâmetros da distribuição do Weibull que caracterizam o desaglomerado da variável analisada. Procede-se à exportação dessa informação que, posteriormente, será a base para o modelo de previsão de tempos de incidentes.

Parametrização para o caso geral

A aplicação do modelo apresentado anteriormente, tem como vista a parametrização de todas as variáveis explicadoras nos seus desaglomerados (intervalos). No entanto, na ausência de informação das variáveis por fatores diversos, como problemas no software, a informação de tempo estimado de incidente é dado por uma parametrização de distribuição geral. Foi com este intuito, que se procedeu à aplicação do modelo anterior, onde todos os registos foram utilizados na realização da distribuição de frequências, ficando com a seguinte informação:

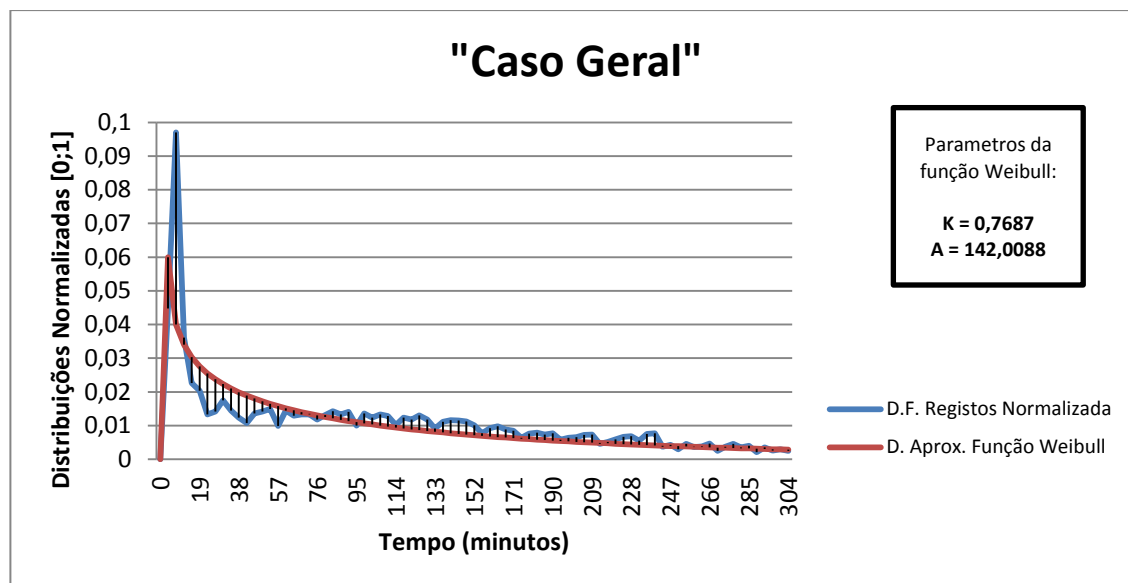


Figura 3.16 - Parametrização da distribuição de Weibull para “Caso Geral”

Tabela 3.4 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para “Caso Geral”

Registos			Distribuição de Weibull		
Mínimo	Máximo	Média	K	A	Média
3,02	7929	142,4	0,768661	142,0088	88,15

Com a aplicação do modelo, podemos verificar a aproximação da distribuição de Weibull à distribuição de frequências realizada para o caso geral. Os parâmetros associados a esta distribuição de Weibull, apresentam valores de 0,7687 para “K” e de 142,0088 para “A”. Estes são os valores a reter para o modelo de previsão de tempos de reposição de serviço.

Da análise da Tabela 3.4, podemos ainda verificar a grande discrepância entre o valor apresentado pela média dos registos e os apresentados pela distribuição de Weibull. O primeiro valor, o valor de média, corresponde a uma média estatística dos registos onde são contabilizados todos os valores, inclusive valores muito elevados que, apesar de ocorrerem apenas esporadicamente, são contabilizados influenciando a subida da média. Pelo contrário, a média da distribuição do Weibull, corresponde à quantificação de ocorrência, sendo a média de registos inferior mas mais “realista”.

3.3.1. Parametrização das variáveis explicadoras

Para parametrização das variáveis explicadoras, recorreu-se à aplicação do modelo apresentado na Figura 3.12. Será feita a análise de todas as variáveis nos seus desaglomerados mais elementares.

3.3.1.1. Variável Dia da Semana

A variável dia da semana, apresenta a desaglomeração nos dias constituintes de uma semana. Teremos, para esta variável explicadora, sete distribuições. Apresentamos de seguida para cada distribuição, a análise gráfica de frequência dos registos e a aproximação por distribuição de Weibull contendo os seus parâmetros característicos.

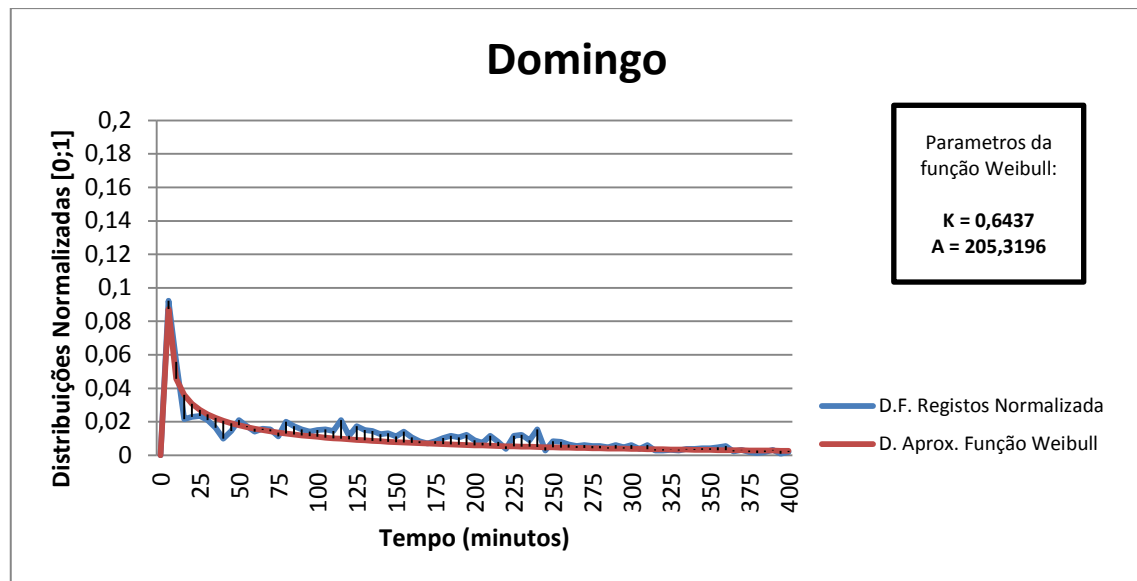


Figura 3.17 - Parametrização da distribuição de Weibull para "Domingo"

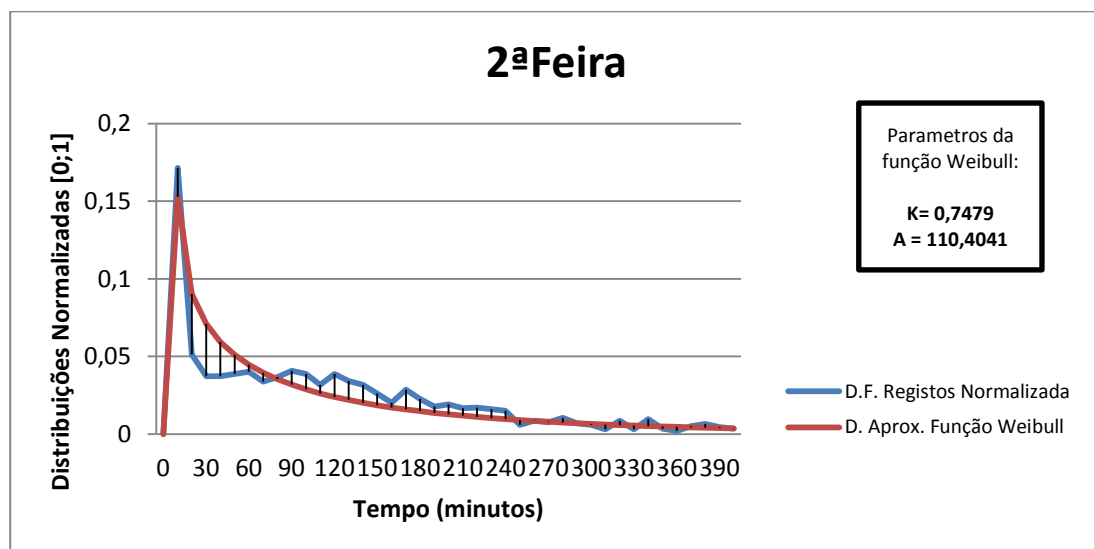


Figura 3.18 - Parametrização da distribuição de Weibull para "2ªFeira"

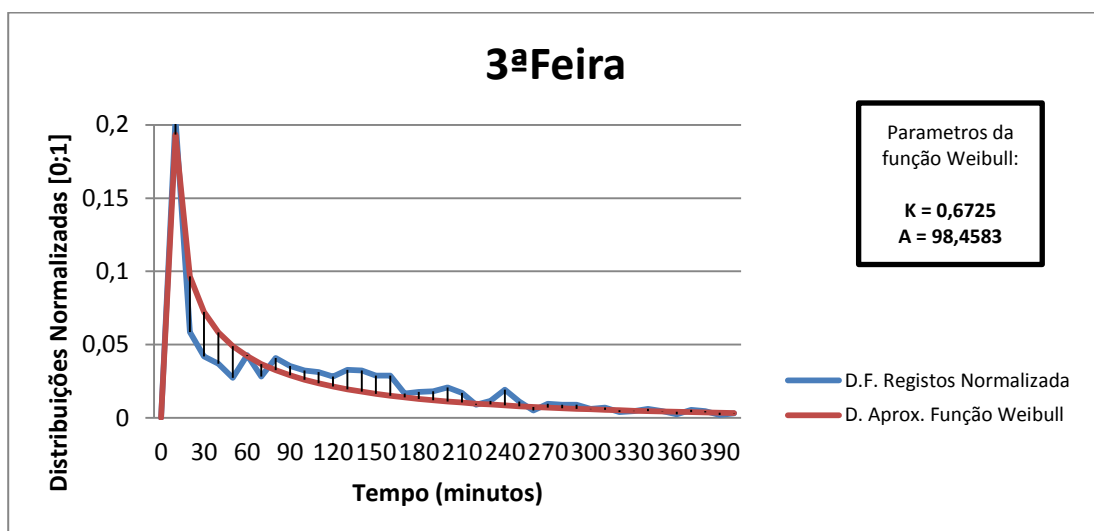


Figura 3.19 - Parametrização da distribuição de Weibull para "3ªFeira"

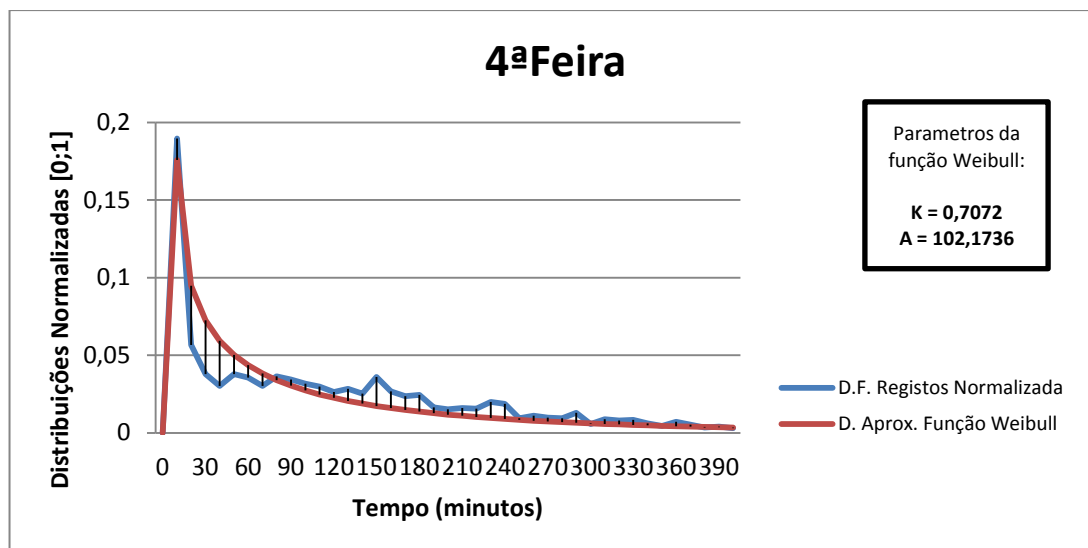


Figura 3.20 - Parametrização da distribuição de Weibull para "4ªFeira"

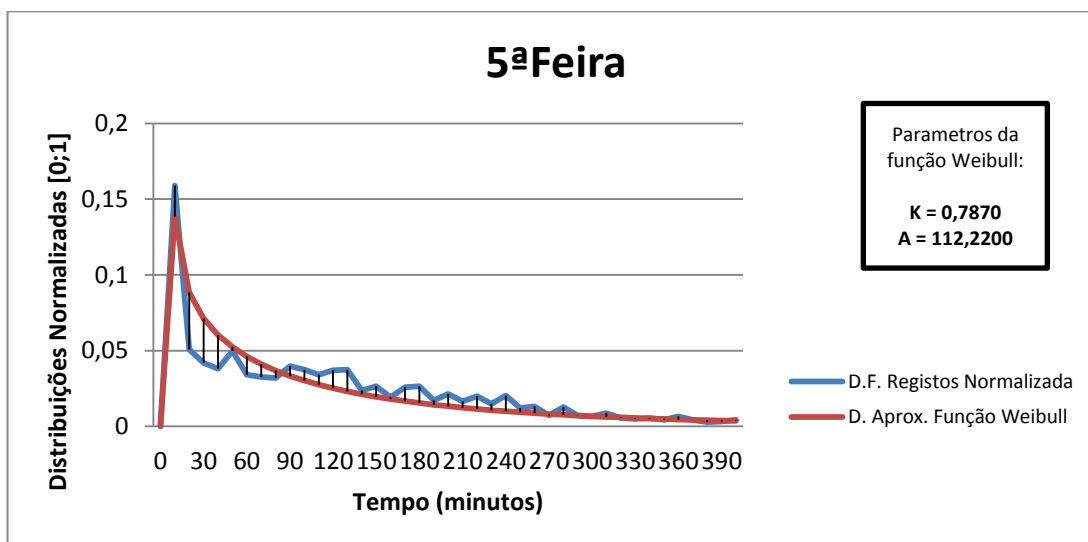


Figura 3.21 - Parametrização da distribuição de Weibull para "5ªFeira"

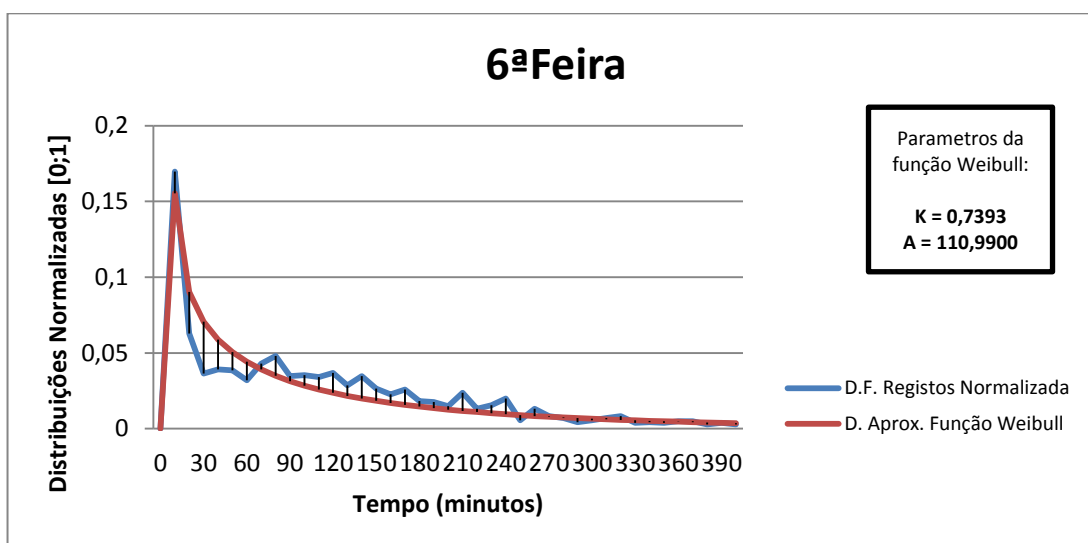


Figura 3.22 - Parametrização da distribuição de Weibull para "6ªFeira"

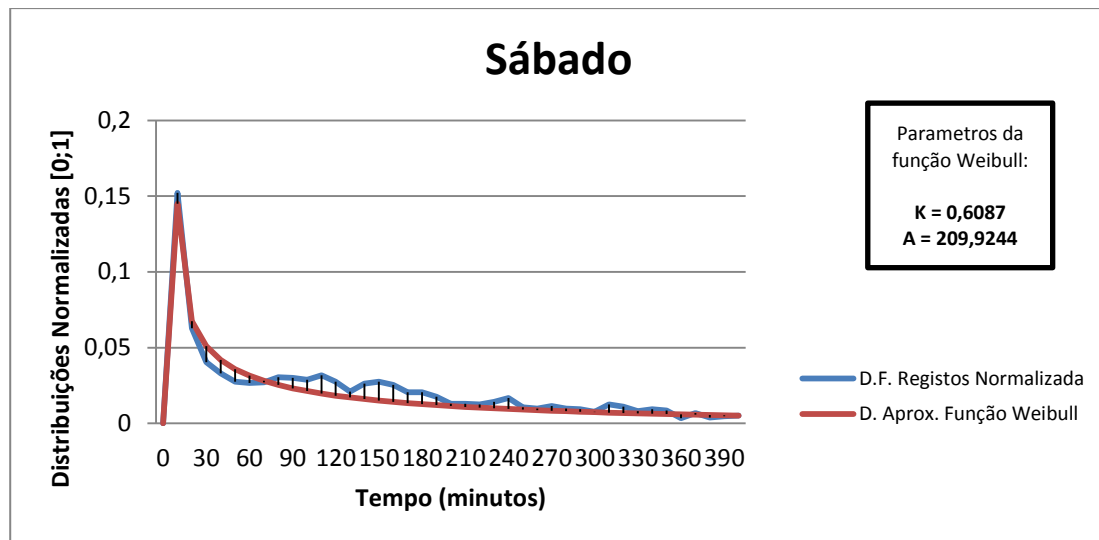


Figura 3.23 - Parametrização da distribuição de Weibull para "Sábado"

A variável dia da semana, apresenta diferentes distribuições de frequências para cada dia. É possível fazer uma análise numérica e uma análise gráfica, verificando efetivamente a distinção entre as diferentes distribuições apresentadas. A análise numérica consistirá na comparação de tempos médios para cada distribuição parametrizada e a análise gráfica a comparação entre os valores obtidos dos parâmetros "K" e "A" para os diferentes dias.

Tabela 3.5 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Dia da Semana"

Intervalo	Registo de Incidentes			Parametrização Função Weibull		
	Mínimo	Máximo	Média	K	A	Média
Domingo	3,0167	1734	162,34	0,6437	205,3196	116,18
2ªFeira	3,0167	1818	128,23	0,7479	110,4041	67,63
3ªFeira	3,0167	3256	125,15	0,6725	98,4583	57,09
4ªFeira	3,0167	868	126,58	0,7072	102,1736	60,85
5ªFeira	3,0167	1451	125,99	0,7870	112,2200	70,44
6ªFeira	3,0167	1024	121,40	0,7393	110,9900	67,60
Sábado	3,0167	7929	195,54	0,6087	209,9244	114,97

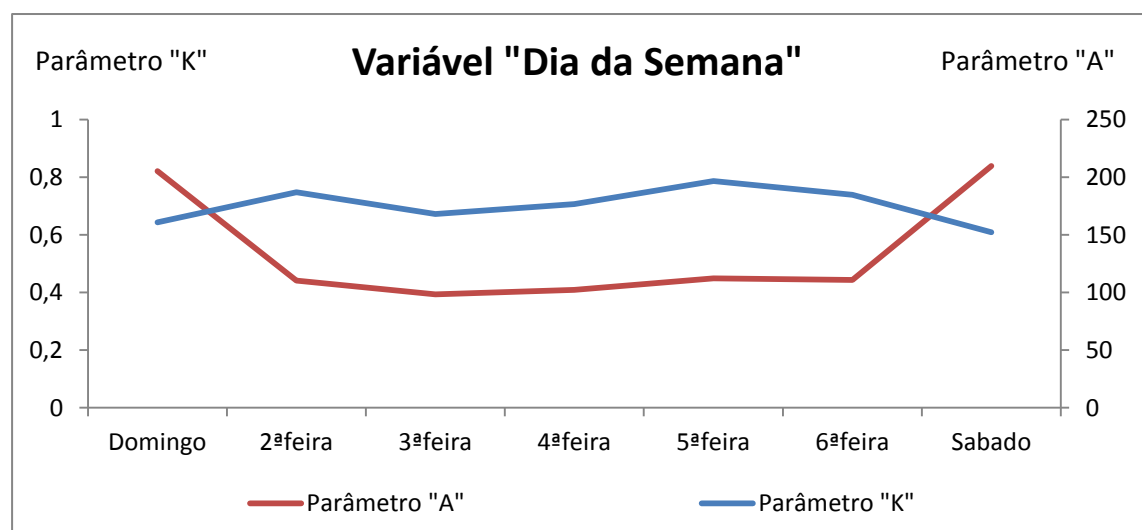


Figura 3.24 - Variação de parâmetros para variável "Dia da Semana"

À semelhança da análise do caso geral, os valores de média de registos são superiores aos dados pela distribuição de Weibull. A distribuição de Weibull, apresenta-se com forma de exponencial, o que significa um maior número de ocorrência em tempos iniciais, apresentando uma média menor.

Da observação do gráfico referente aos parâmetros encontrados para cada dia da semana, verifica-se que o valor de “K” se apresenta semelhante nos vários dias, apresentando valores correspondentes a uma distribuição exponencial (“K”<1). O mesmo não se verifica nos parâmetros “A”. Este apresenta uma variação de valores nos vários dias, representando distinção nos parâmetros de fator de escala.

Da informação supra exposta, dá para entender o porque da criação do modelo por parametrização das variáveis. Será realizado um pequeno exemplo, de forma a consolidar os conteúdos.

Vamos supor a ocorrência de um incidente ao “Domingo” (desaglomerado da variável “Dia da Semana”). No histórico de registos, foram identificados 2137 incidentes com ocorrência ao domingo.

Atualmente, o tempo estimado de incidente na EDP distribuição para este caso, é dado pela média estatística de registos ocorridos ao domingo. O valor apresentado é de 162,34 minutos.

Até ao momento, temos presentes as parametrizações para o caso geral e para todos os desaglomerados da variável “Dia da Semana”. Do cálculo de tempo estimado com recurso à parametrização realizada para o caso geral, obtém-se o valor médio de incidente de 88,15 minutos. Com recurso à parametrização realizada para o dia da semana “Domingo”, o tempo estimado calculado apresenta valor de 116,18 minutos.

Temos então presentes três tempos diferentes para estimação de tempo de incidente ocorrido ao “Domingo”. Para uma análise crítica dos tempos estimados obtidos, foi calculado o erro para caracterizar qual o tempo estimado mais preciso. O Cálculo do erro, é obtido pela soma, do módulo da diferença do tempo real com o tempo estimado, para todos os registos. A sua representação matemática é apresentada na forma.

$$Erro = \sum_{n=1}^{n=n} |T_{real\ n} - T_{estimado\ x}| \quad (3.3)$$

- n – Apresenta valor de todas os incidentes registados ao domingos, totalizando 2137 registos
- $T_{real\ n}$ – Representa a duração real do incidente n
- $T_{estimado\ x}$ – O tempo estimado representa o valor de tempos ao qual pretendemos analisar. Este apresenta três valores distintos para os três casos em análise.
 - $T_{estimado\ 1}$ – é o tempo médio dos registos ocorridos ao domingo
 - $T_{estimado\ 2}$ – é o tempo estimado dado parametrização do caso geral (contem todos os registos)
 - $T_{estimado\ 3}$ – é o tempo estimado dado parametrização do desaglomerado “Domingo” da variável “Dia da Semana”

Tabela 3.6 - Erros associados a diferentes tempos estimados

Erro com valor $T_{estimado\ 1}$	267705
Erro com valor $T_{estimado\ 2}$	258060
Erro com valor $T_{estimado\ 3}$	253425

Com a tabela apresentada, podemos concluir que o menor erro corresponde ao tempo estimado obtido pela parametrização da variável “Dia da Semana” com desaglomerado de “Domingo”. O que tem maior erro, logo menos preciso, é o tempo estimado dado pela média de registos. Assim, a parametrização das variáveis, trazem especificidade no cálculo do tempo estimado, sendo que apresenta maior precisão quanto maior for a informação inserida para cálculo de tempo estimado.

Demonstrado o interesse de parametrização das variáveis nos seus desaglomerados, será realizado o procedimento apresentado de parametrização, para as restantes variáveis considerados explicadoras. No sentido de não se tornar repetitiva a aplicação do modelo de parametrização, para as seguintes variáveis não será apresentada a análise gráfica nem os exemplos de erros das respetivas distribuições, mas será apresentada toda a informação para a aplicação do modelo e parâmetros de cada distribuição.

3.3.1.2. Variável Hora

A variável hora, será analisada com recurso à desaglomeração em horas. Desta forma, obtemos para esta variável 24 parametrizações distintas, que se encontram caracterizadas na tabela e figura seguintes.

Tabela 3.7 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável “Hora”

Intervalo	Registo de Incidentes			Parametrização Função Weibull		
	Mínimo	Máximo	Média	K	A	Média
0	3,1000	864	155,29	0,6845	179,4450	105,05
1	3,0500	795	167,89	0,6741	199,4958	115,83
2	3,0167	1451	176,93	0,6403	255,7664	144,29
3	3,0167	686	164,30	0,5861	284,2137	152,08
4	3,1000	1719	165,05	0,5912	278,7213	149,95
5	3,0167	823	157,07	0,5949	219,3300	118,45
6	3,0167	682	147,25	0,5418	251,6383	127,94
7	3,0167	3256	151,34	0,6000	236,3521	128,31
8	3,0167	2362	147,59	0,6319	174,4093	97,65
9	3,0167	1740	111,92	0,6941	125,9546	74,28
10	3,0167	1716	108,53	0,6365	114,9208	64,61
11	3,0167	1191	109,58	0,6575	116,4114	66,67
12	3,0167	7929	146,58	0,6674	138,6906	80,08
13	3,0167	2747	150,79	0,7237	144,4359	87,04
14	3,0167	2428	169,39	0,6317	175,8486	98,44
15	3,0167	2240	142,13	0,6553	139,3330	79,64
16	3,0167	1818	132,53	0,6634	128,9614	74,22
17	3,0167	1498	139,40	0,6745	162,4335	94,34
18	3,0667	1496	139,88	0,6461	162,4557	92,12
19	3,0167	1100	139,95	0,7081	160,2681	95,51
20	3,0167	1089	146,15	0,7394	180,5777	110,00
21	3,0500	1089	143,82	0,7049	159,6012	94,89
22	3,0333	902	124,42	0,8163	120,9139	77,18
23	3,0167	1095	139,46	0,6905	165,4099	97,28

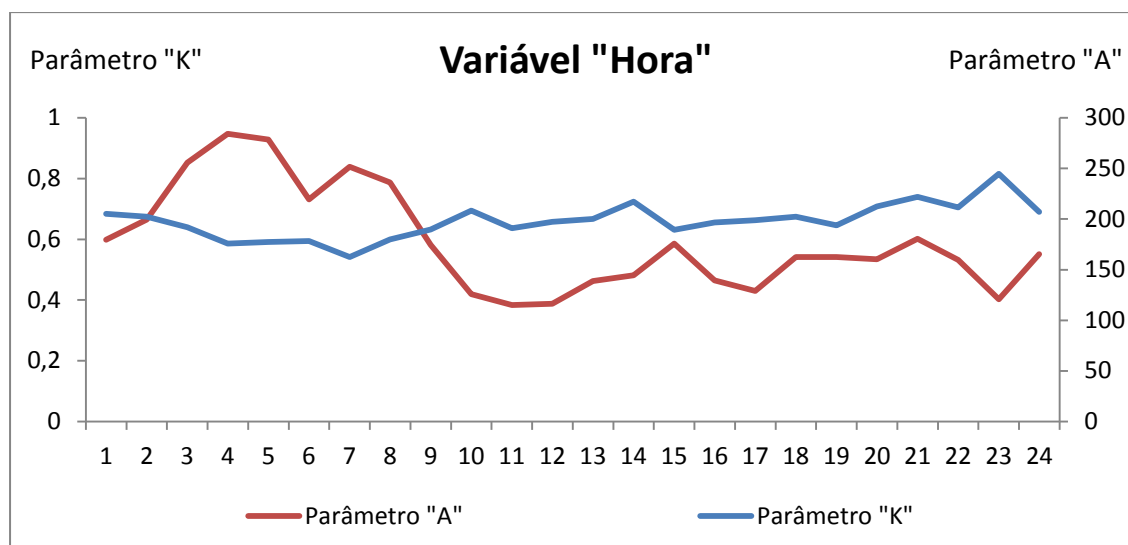


Figura 3.25 - Variação de parâmetros para variável "Hora"

À semelhança das conclusões retiradas para a variável “Dia da Semana”, podemos verificar que a variável “Hora” apresenta valores semelhantes para o parâmetro “K” e bastante distintos para o parâmetro “A”.

3.3.1.3. Variável Clientes Afetados

Para a desaglomeração da variável “Clientes Afetados”, foi estabelecido o valor de mil clientes para cada desaglomerado. Devido ao número reduzido de registos de incidentes acima dos dez mil clientes afetados, todos os registos existentes acima desse valor constituem um desaglomerado da variável. Assim sendo esta variável, foi parametrizada em onze distribuições.

Tabela 3.8 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável “Clientes Afetados”

Intervalo	Registo de Incidentes			Parametrização Função Weibull		
	Mínimo	Máximo	Média	K	A	Média
0 a 1000	3,0167	3256	129,46	0,7113	131,8063	78,73
1000 a 2000	3,0167	1724	134,79	0,6248	161,9268	90,06
2000 a 3000	3,0167	1898	141,73	0,5844	197,8726	105,69
3000 a 4000	3,0167	7929	152,73	0,5884	209,5036	112,38
4000 a 5000	3,0167	2362	159,39	0,6389	226,3823	127,56
5000 a 6000	3,0167	2428	165,48	0,5055	225,3212	109,13
6000 a 7000	3,0167	2209	190,31	0,6489	239,7999	136,32
7000 a 8000	3,0333	1685	180,14	0,5744	239,6904	126,64
8000 a 9000	3,0667	1683	181,73	0,5084	240,5778	116,99
9000 a 10000	3,0500	2747	208,53	0,5306	179,7162	90,07
> 10000	3,0167	1740	102,91	0,4919	49,2417	23,37

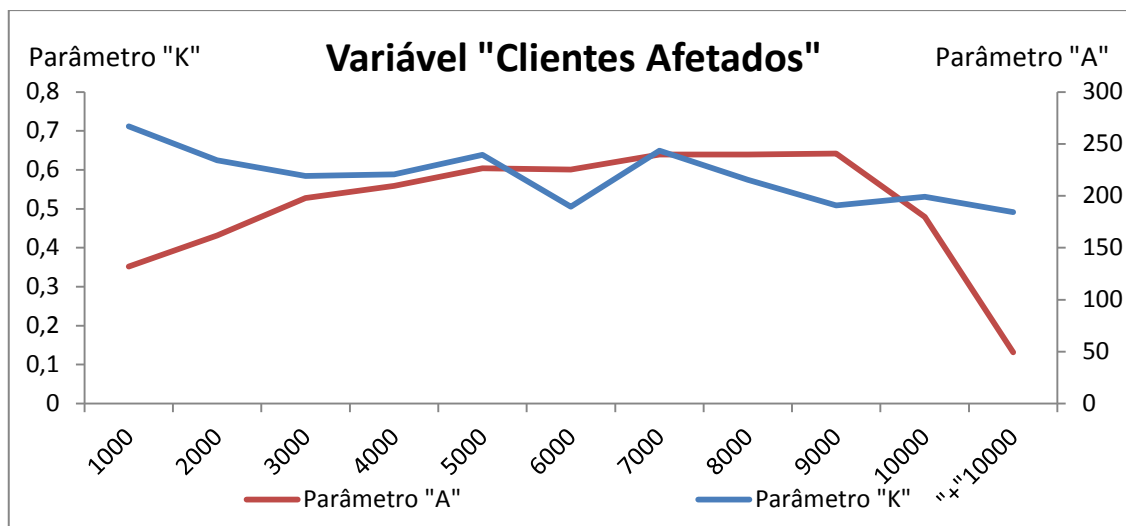


Figura 3.26 - Variação de parâmetros para variável "Clientes Afetados"

A forma de onda apresentada pelo parâmetro “K”, demonstra uma variação reduzida de valores. Estamos perante valores inferiores a 1, representando forma de onda de exponencial, revelando uma grande concentração de ocorrência de registos nos primeiros minutos.

A forma de onda apresentada para o parâmetro “A”, mostra uma grande variação, apresentado um valor mínimo para o desaglomerado constituído por número de clientes afetados superiores a dez mil.

3.3.1.4. Variável Potência Afetada

À semelhança da variável anterior, estabeleceu-se um valor para desaglomeração da variável “Potência Afetada”. A desaglomeração será realizada em valores de dois mil MW até o valor de potência afetada de trinta mil MW. Superior a este último valor dá-se a desaglomeração num único intervalo.

Da desaglomeração da variável “Potência Afetada”, ficamos então na presença de treze parametrizações.

Tabela 3.9 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável “Potência Afetada”

Intervalo	Registo de Incidentes			Parametrização Função Weibull		
	Mínimo	Máximo	Média	K	A	Média
0 a 2500	3,0333	1818	138,56	0,8217	120,2847	77,00
2500 a 5000	3,0167	1724	126,98	0,7675	133,3987	82,75
5000 a 7500	3,0167	3256	135,44	0,5934	174,2157	93,94
7500 a 10000	3,0167	7929	150,55	0,6076	193,1692	105,68
10000 a 12500	3,0167	2362	153,25	0,5988	206,6330	112,04
12500 a 15000	3,0167	2428	153,63	0,6423	208,3270	117,74
15000 a 17500	3,0167	2240	161,06	0,5336	265,9072	133,79
17500 a 20000	3,0333	1683	136,08	0,5954	196,3810	106,12
20000 a 22500	3,0167	1518	140,68	0,5169	192,2003	94,58
22500 a 25000	3,0167	2747	166,85	0,5154	214,3874	105,29
25000 a 27500	3,0167	2209	174,34	0,5157	213,9294	105,10
27500 a 30000	3,0167	1307	164,57	0,5537	197,2301	101,74
> 30000	3,0167	1740	103,43	0,4915	92,4691	43,87

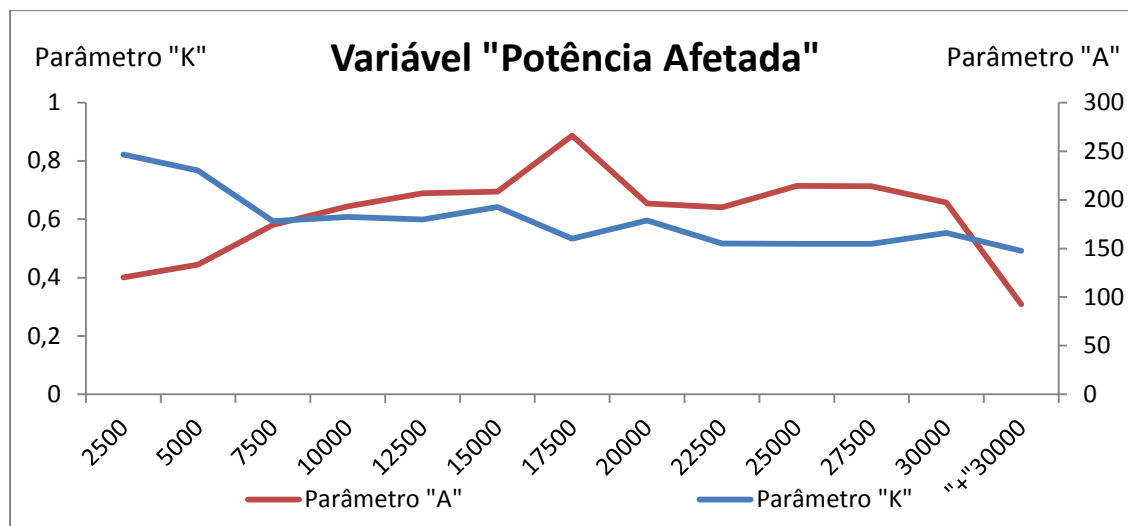


Figura 3.27 - Variação de parâmetros para variável "Potência Afetada"

Das parametrizações realizadas para os desaglomerados da "Potência Afetada" e pelas formas de onda dos parâmetros, podemos verificar uma variação de ambos os parâmetros. O parâmetro "A" apresenta variação semelhante à apresentada na variável "Clientes Afetados". O parâmetro "K", apresenta um decaimento no valor com o aumento da potência.

3.3.1.5. Variável Tipo de Incidente

Na variável tipo de incidente, será realizada uma distribuição de frequências para cada tipo de incidente identificado.

Na aplicação do modelo de parametrização apresentado na Figura 3.12, alguns "Tipos de incidentes" não apresentam um número mínimo de registos necessários para a realização de uma distribuição de frequências, que como foi mencionado, foi estabelecido em vinte registos. No entanto, devido a esta se apresentar como uma das variáveis de maior influência de duração total de incidente, estabeleceu-se um critério para que fosse possível a parametrização de todos os tipos de incidente. O critério estabelecido, apresenta o seguinte complemento do fluxograma acima apresentado.

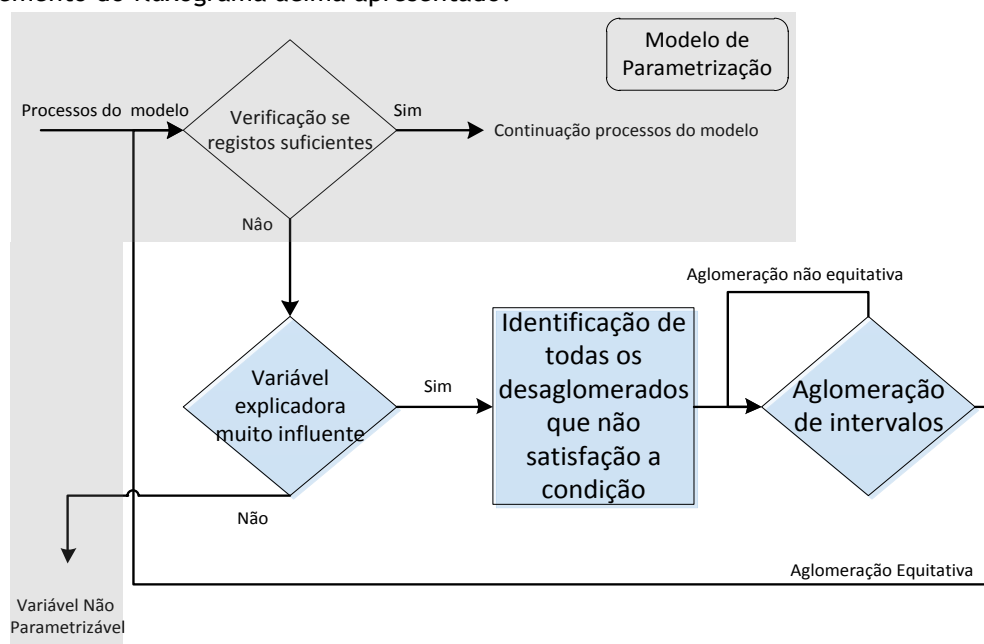


Figura 3.28 - Modelo de parametrização complementar do modelo geral

A zona do fluxograma sombreada a cinzento, representa parte do modelo de parametrização anteriormente mencionado, Figura 3.12. Aquando a não verificação da condição, dava-se uma transição para o fim do modelo como variável não parametrizável.

Neste ponto da dissertação, propõe-se um complemento ao modelo de parametrização geral. Quando nos deparamos com o não preenchimento do critério de número mínimo de registos, o modelo complementar propõe verificar se estamos ou não perante uma “Variável explicadora muito influente”. Na confirmação de que se trata de uma variável muito influente, procede-se ao levantamento de todos os desaglomerados da variável analisada.

Recorrendo à característica de média de cada intervalo que não permitia a distribuição de frequências, procede-se ao seu aglomerar. Serão então aglomerados intervalos com tempo de média por incidentes semelhantes. Esta aglomeração tem de ser ponderada e estabelecida de forma equitativa, ou seja, as médias de intervalos tem de ser semelhantes bem como o número de registos em cada aglomeração dos intervalos. O processo é repetido até que os intervalos aglomerados estejam divididos com valores de média e registos equivalentes. Da aglomeração são identificados novos intervalos e esses novos intervalos vão para o modelo de parametrização geral de forma a serem parametrizados por uma distribuição de frequência.

Para o caso específico da variável “Tipo de incidente”, a parametrização do modelo iniciou-se por ordem decrescente de números de registos. Da análise, foram identificados treze tipos de incidentes que não possuíam registos suficientes para a realização de uma distribuição, os restantes quarenta e oito serão analisados recorrendo a distribuições de frequências individuais. Para os treze registos que não preenchem o requisito de número mínimo de registo, é aplicado o modelo da Figura 3.28, obtendo a seguinte aglomeração de intervalos.

Tabela 3.10 - Identificação de “Tipos de Incidentes” que não verificam condição de 20 registos

Tipo de Incidente	Nº Registos	Tempo Médio por Incidente	Aglomeração
FALTA SELECT-LONGITUD	18	27,02	A
CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO PRODUTOR	14	126,36	B
DESLIZAMENTO DE TERRAS	12	462,33	B
NEVOEIRO	12	43,00	A
FASE A TERRA	10	198,40	B
ENSAIOS	10	9,77	A
RUPTURA DE CANAL. DE FLUÍDOS	7	124,00	B
UTILIZ INAD MATERIAIS	6	114,67	B
FALTA SELECT-TRANSV	6	46,50	A
EM ANÁLISE	5	53,40	A
INUNDAÇÕES IMPREVISÍVEIS	3	339,00	B
TRAB TET (ADM DIRECTA)	2	12,00	A
MAU CONTACTO NEUTRO	1	5,00	A

Da análise da tabela acima, concluímos que existem valores de tempo médio por incidentes muito distintos. Como tal, estabeleceu-se o critério de criação de dois intervalos para a aglomeração destes tipos de incidentes. Começou-se por ordenar os tipos de incidentes por tempos médios. Da ordenação, realizou-se dois intervalos distintos, equilibrando estes no número de registos.

Os dois intervalos aglomerados (A e B) de “Tipos de Incidentes”, apresentam-se na seguinte tabela.

Tabela 3.11 - Aglomeração de "Tipos de Incidentes" por aplicação do modelo complementar de parametrização

Intervalos	Tipo de Incidentes	Nº Registos	Tempo médio por incidente
A	FALTA SELECT-LONGITUD NEVOEIRO ENSAIOS FALTA SELECT-TRANSV EM ANÁLISE TRAB TET (ADM DIRECTA) MAU CONTACTO NEUTRO	54	31,02
B	CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO PRODUTOR DESLIZAMENTO DE TERRAS FASE A TERRA RUPTURA DE CANAL. DE FLUÍDOS UTILIZ INAD MATERIAIS INUNDAÇÕES IMPREVISÍVEIS	52	228,35

Verifica-se que a aglomeração dos intervalos A e B apresentam um número de registos semelhantes, tendo um 54 e outro 52 registos.

O valor médio apresentado para cada aglomerado, é distinto. Este era o objetivo da aglomeração, que consistia na aglomeração de tipos de incidentes com tempos médios de incidentes semelhantes. Isso verifica-se, pois os tempos médios dos aglomerados A e B apresentam respetivamente, valores médios de 31,02 e 228,35 minutos. Estes dois aglomerados, serão agora parametrizados no modelo de parametrização geral.

A aplicação do modelo de parametrização na variável "Tipo de Incidente", contempla a realização de 50 distribuições de frequências, sendo 48 desaglomerados da variável e mais 2 correspondendo à análise da aglomeração realizada anteriormente.

Seguidamente será apresentada a informação referente a todos os valores de parâmetros característicos de cada tipo de incidente. Será feita a análise identificando os tempos médios dos registos e tempos médios dados pelas distribuições. Por fim será feita uma exposição dos tipos de incidentes com maiores e menores tempos médios e ocorrências e maior e menor registo de ocorrências.

Tabela 3.12 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Tipo de Incidente"

Intervalo	COD Ex.	Parametrização Função Weibull			Registo
		K	A	Média	Média
ABATE DE ÁRVORES	E1	2,0988	158,5476	133,14	151,82
ACTUAÇÃO DE AUTOMATISMOS	E2	1,9054	6,5739	5,42	48,09
ANIMAIS NÃO AVES	E3	1,0149	81,5902	56,86	80,26
AVES	E4	1,6408	165,6949	132,53	144,02
CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO CLIENTE	E5	1,3892	158,5308	121,77	164,32
CAUSA PRÓPRIA INSTALAÇÃO PRODUTOR	E6	2,1618	151,9757	128,28	128,74
CHUVA	E7	1,4640	8,4588	6,59	61,50
CONDUTORES DESREGULADOS	E8	0,9859	224,6536	154,90	176,39
CONSERVAÇÃO PREVENTIVA	E9	1,4552	20,0648	15,60	35,81
CONTORNAMENTOS / CONDENSACAO	E10	1,0030	228,0469	158,24	205,04

CORPOS ESTRANHOS NA REDE	E11	1,8819	131,2831	108,05	119,55
DEF TELEACCAO/TELECOMANDO	E12	1,1012	36,9099	26,46	45,80
DEFEITO DE DISJUNTOR	E13	1,1991	16,0157	11,80	32,17
DEFEITO DE FABRICO	E14	1,6157	196,9158	156,95	171,68
DEFEITO DE MONTAGEM	E15	0,8464	188,2352	122,08	133,30
DEFEITO EM COMUNICACOES	E16	1,2011	52,6568	38,81	49,45
DEFEITO ISOLAMENTO	E17	1,5617	165,3323	130,75	165,40
DEFEITO PROT/AUTOMAT	E18	1,1872	18,2984	13,44	43,91
DESC- COND ATMOSF NORMAIS	E19	6,2566	3,7762	3,56	38,60
DESCARGA ATMOSFÉRICA DIRECTA	E20	2,0549	243,0524	203,35	228,97
DESLIZAMENTO DE TERRAS	E21	2,1618	151,9757	128,28	128,74
EM ANÁLISE	E22	1,5166	9,8275	7,72	7,41
ENSAIOS	E23	1,5166	9,8275	7,72	7,41
ENVELHECIM MATERIAIS	E24	1,4261	222,4031	172,00	198,11
ERRO CONCEP MATERIAIS	E25	1,2259	17,0370	12,63	88,56
ESCAVAÇÕES	E26	1,9140	89,6188	74,00	98,37
FAIXAS PROT INSUFICIENTES	E27	1,2591	202,6452	151,47	190,47
FALSA MANOBRA	E28	1,5314	10,3404	8,14	18,42
FALTA SELECT-LONGITUD	E29	1,5166	9,8275	7,72	7,41
FALTA SELECT-TRANSV	E30	1,5166	9,8275	7,72	7,41
FASE A TERRA	E31	2,1618	151,9757	128,28	128,74
INCÊNDIO	E32	2,0982	248,7057	208,85	268,43
INUNDAC/INFILTRACOES	E33	1,3085	179,2710	135,48	190,18
INUNDAÇÕES IMPREVISÍVEIS	E34	2,1618	151,9757	128,28	128,74
MALFEITORIA (VANDALISMO)	E35	1,3798	157,8766	121,05	156,04
MANOBRAS	E36	1,2615	22,2174	16,62	32,43
MANUTENCAO DEFICIENTE	E37	0,8761	143,3189	94,32	147,89
MAU CONTACTO DE FASE	E38	1,5575	166,0500	131,23	146,72
MAU CONTACTO NEUTRO	E39	1,5166	9,8275	7,72	7,41
NEVE/GELO	E40	0,7504	209,2623	128,41	230,96
NEVE/GELO COND EXCEPCIONAL	E41	1,5589	329,4122	260,39	274,60
NEVOEIRO	E42	1,5166	9,8275	7,72	7,41
POLUICAO / CORROSAO	E43	2,4121	202,6975	174,12	197,78
PROJ. RAMOS P/ VENTO	E44	1,5567	165,5826	130,85	151,30
QUEDA ÁRV. P/COND. ATMOSF. ADVERSAS	E45	2,2765	213,3118	181,59	213,44
REE	E46	2,3882	5,6883	4,88	13,66
RISCO IMINENTE PESSOAS E BENS (178º)	E47	1,2280	61,9470	45,96	64,17
RUPTURA DE CANAL. DE FLUÍDOS	E48	2,1618	151,9757	128,28	128,74
TRAB EDP (ADM DIRECTA)	E49	2,0357	7,8576	6,56	52,93
TRAB EDP (EMPREENHEIRO)	E50	0,9198	93,8097	62,98	94,51
TRAB TET (ADM DIRECTA)	E51	1,5166	9,8275	7,72	7,41
TRAB TET (EMPREENHEIRO)	E52	2,1268	7,0209	5,91	38,36
TRABALHOS DE LIG./DESLIGAÇÃO	E53	2,6187	17,4565	15,18	30,20
TRABALHOS DE REPARAÇÃO	E54	1,4715	38,6445	30,12	51,76
TRABALHOS DE TERCEIROS (GRUAS,...)	E55	1,4644	151,1386	117,67	132,37

TROVOADA	E56	1,1621	12,2817	8,96	79,69
UTIL ACIMA CHARACTERIST	E57	1,0174	61,5955	42,96	76,61
UTILIZ INAD MATERIAIS	E58	2,1618	151,9757	128,28	128,74
VEÍCULOS	E59	1,9675	209,6551	174,02	180,38
VENTO	E60	0,7811	58,2795	36,45	106,21
VENTO INTENSIDADE EXCEPCIONAL	E61	0,5741	335,9037	177,40	282,99

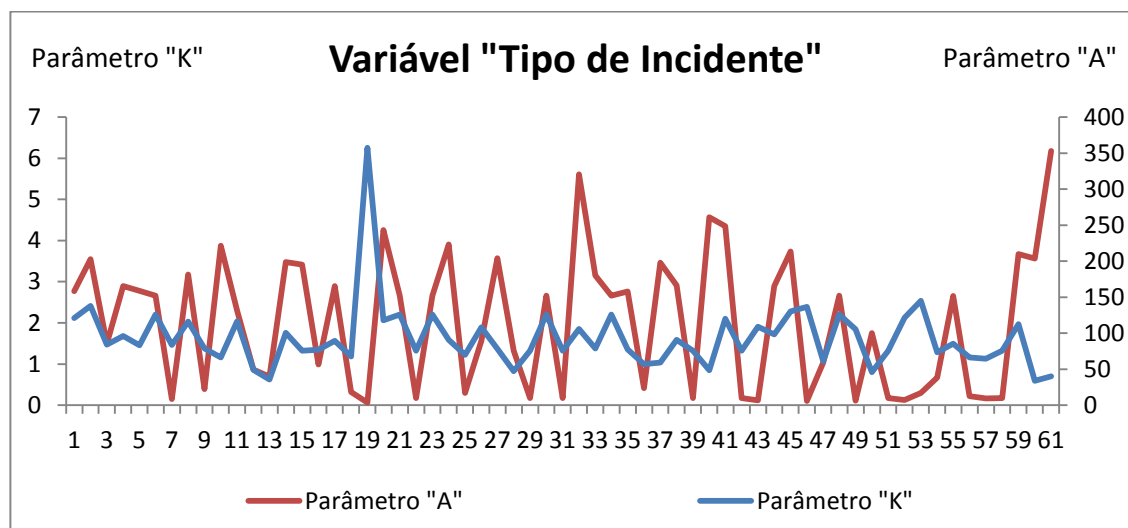


Figura 3.29 - Variação de parâmetros para variável "Tipo de Incidente"

A Tabela 3.12 correspondente aos parâmetros da variável “Tipo de Incidente” apresenta-se ordenada alfabeticamente. Esta contém uma coluna de nome “COD Ext”, cuja informação será usada posteriormente, daí não se desenvolver agora esse conteúdo. A informação da codificação está explicada no final do subcapítulo 3.3.2.1..

Da análise da Figura 3.29, podemos comprovar a diferença de parâmetros existentes para a variável “Tipo de Incidente”. Verifica-se a constituição de distribuições de forma exponencial ($K < 1$) e de forma normal ($K > 1$). O parâmetro correspondente ao fator de escala (A), apresenta variação de valores. Isto permite comprovar que esta é uma variável muito influenciadora da duração total de incidente.

Foram identificadas os “Tipos de Incidentes” que apresentam maior valor de tempo médio de incidente e maior ocorrência de incidentes.

Tabela 3.13 - Quantificação de tempos médios de "Tipo de Incidente"

TI	COD EXT	Média
NEVE/GELO COND EXCEPCIONAL	E41	260,39
INCÊNDIO	E32	208,85
DESCARGA ATMOSFÉRICA DIRECTA	E20	203,35
QUEDA ÁRV. P/COND. ATMOSF. ADVERSAS	E45	181,59
VENTO INTENSIDADE EXCEPCIONAL	E61	177,40
...	...	...
TRAB EDP (ADM DIRECTA)	E49	6,56
TRAB TET (EMPREENHEIRO)	E52	5,91
ACTUAÇÃO DE AUTOMATISMOS	E2	5,42
REE	E46	4,88
DESC- COND ATMOSF NORMAIS	E19	3,56

Tabela 3.14 - Quantificação de nº registos de "Tipo de Incidente"

TI	COD EXT	nº registos
DEFEITO ISOLAMENTO	E17	2907
VENTO INTENSIDADE EXCEPCIONAL	E61	1376
ENVELHECIM MATERIAIS	E24	1354
DESC- COND ATMOSF NORMAIS	E19	1070
CHUVA	E7	703
...	...	...
UTILIZ INAD MATERIAIS	E30	6
EM ANÁLISE	E22	5
INUNDAÇÕES IMPREVISÍVEIS	E34	3
TRAB TET (ADM DIRECTA)	E51	2
MAU CONTACTO NEUTRO	E39	1

Nas tabelas anteriores apresenta-se ordenadamente os cinco tipos de incidente com maior tempo médio de resolução e número de registos e os cinco tipos de incidente com menor tempo de resolução e menor número de registos. No caso da análise de tempos médios de incidentes, podemos verificar que os que apresentam maior tempo de incidente, correspondem a condições extremas e, por vezes, impossibilitadoras de resolução de incidentes, como neve excecional, vento excecional e incêndios. Os que apresentam menor valores de tempos de incidentes correspondem a tipos de incidentes que são resolvidos por manobras de telecomando, por ação de manobras de atuação de automatismos.

Da tabela de número de ocorrências de registos, podemos avaliar quais as parametrizações realizadas que possuem melhor precisão. Quanto maior o número de ocorrências registados melhor para a realização de parametrização por distribuição de frequências. Das parametrizações realizadas as que possuem mais registos são o “Defeito de isolamento”, “Vento de intensidade excecional” e “Envelhecimento de materiais”.

3.3.1.6. Variável Equipamento Afetado

A variável equipamento afetado, é considerada, tal como a variável tipo de incidente, uma variável muito influenciadora do tempo de duração de incidente. A sua análise, processa-se segundo o modelo da Figura 3.28..

Da análise dos noventa e cinco equipamentos identificados, cinquenta e oito apresentam registos de ocorrências inferior ao valor estabelecido como mínimo (20 registos) para realização de uma distribuição de frequências. Esses equipamentos, serão analisados de forma a realizar-se uma distribuição de frequências com a aglomeração de equipamentos afetados com valores semelhantes de tempo médios por incidentes. A análise processa-se de igual forma à realizada para a variável “Tipo de incidente”, sendo aplicado o modelo de parametrização da Figura 3.28..

Tabela 3.15 - Identificação de "Equipamento Afetado" que não verificam condição de 20 registos

Equipamento Afetado	Nº Registos	Tempo Médio por Incidente	Aglomeração
RELE PROTECCAO	19	78,19	A
COMB INT SEC FUS -MT	19	130,47	B
ISOLADOR TRAVESSIA	16	278,25	B
REACTANCIA DE NEUTRO	15	44,74	A
EQUIP PS E PT - MT	10	179,50	B
UNIDADE COMPACTA SF6	10	196,80	B
DISJ GVO - MT	10	70,40	A
DISJ VACUO - MT	10	51,90	A
TP - MT/MT	9	187,44	B
DAR	8	139,63	B
ARMACAO P/ L.A.	8	133,25	B
DST - ZNO	7	197,29	B
QGBT - ABERTOS	7	163,43	B
UNIAO PREFORMADA	7	114,29	B
URT-UNID REMOTA TELEACCAO	7	45,71	A
TERMINAL	6	195,17	B
CONDUTOR/ACES TELESERV	6	158,33	B
DISJ PVO - AT	6	85,83	A
ELECTROD/ACES P/TERRA	5	144,80	B
UNIAO DE COMPRESSAO	5	165,20	B
BARRAMENTO PS E SE	5	95,00	A
PORTA / GRELHA	5	128,60	B
DISJ GVO - AT	4	41,50	A
QGBT - COM INVOLUCRO	4	236,50	B
TP SECO - MT/BT	4	127,25	B
CIRCUITOS AUX DE CC	4	68,25	A
DISJ SF6 - AT	4	59,00	A
CABO ISOL SECO AT	4	57,25	A
BASE FUSIVEIS MT	3	136,67	B
UNIAO REDE SUB AT/MT	3	153,33	B
EQUIP PS E PT - BT	3	183,00	B
SECC - AT	3	48,67	A
FECHADURA / CADEADO	3	54,33	A
TP - AT/MT	3	37,67	A
COMANDO DE DISJ	3	10,33	A
CABO SECO N/TORC BT	2	255,00	B
TERMINAC EXTRAIV MT	2	184,50	B
PESQUIS TERRAS RESIST	2	132,50	B
TI - AT	2	96,50	A
DISJ AR COMPRIM - MT	2	58,50	A
POSTE BETAO AT	1	1507,00	B
ALVEOLO / BORNE	1	38,00	A

EQUIPA DE CONTAGEM	1	141,00	B
RELE DE TELECOMANDO	1	253,00	B
TI - BT	1	250,00	B
SECC - UNIP BT	1	207,00	B
LIGADOR TORCADA	1	205,00	B
POSTE MADEIRA	1	190,00	B
APARELHAGEM MEDIDA	1	176,00	B
CONTADOR	1	93,00	A
CX D - FE FUNDIDO MT	1	87,00	A
REARME DISJ DIF/INT.	1	77,00	A
FUSIVEL BT	1	80,00	A
HASTE DE DESCARGA	1	5,00	A
TETRAPOLAR	1	26,00	A
AUTOMATO REG TENSAO	1	20,00	A
CONTACTOR	1	10,00	A
BOCA CX DIST SUBT BT	1	10,00	A

Foram ordenados por ordem decrescente o número de registos da variável tipos de equipamentos. A aglomeração em intervalos, foi feita recorrendo ao tempo médio por incidente. Os tipos de equipamentos que possuem tempo médio de incidente inferior a 100 minutos pertencem ao intervalo A, os restantes com tempo superior a esse valor correspondem ao intervalo B. Esta separação é feita desta forma, pois o número de registos aglomerados em ambos os intervalos é suficiente para a realização da parametrização da distribuição de frequências.

Tabela 3.16 - Aglomeração de "Equipamento Afetado " por aplicação do modelo complementar de parametrização

Intervalos	Tipo de Incidentes	Nº Registos	Tempo médio por incidente
A	Todos os elementos acima da tabela apresentados com a letra A	114	59,67
B	Todos os elementos acima da tabela apresentados com a letra B	152	183,33

Serão desta forma, parametrizadas trinta e sete equipamentos individuais e a aglomeração dos restantes equipamentos parametrizadas em dois intervalos, A e B.

Tabela 3.17 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável "Equipamento Afetado"

Intervalo	COD Ext.	Parametrização Função Weibull			Registos
		K	A	Média	Média
ACESSORIO DE CADEIA	F1	2,6368	249,7425	217,33	278,25
ALVEOLO / BORNE	F2	1,0208	51,4457	35,93	38,00
APARELHAGEM MEDIDA	F3	1,2760	188,3053	141,29	176,00
ARMAÇAO P/ L.A.	F4	1,2760	188,3053	141,29	133,25
AUTOMATO REG TENSAO	F5	1,0208	51,4457	35,93	20,00
BARRAMENTO PS E PT	F6	1,2374	120,9701	89,96	166,84
BARRAMENTO PS E SE	F7	1,0208	51,4457	35,93	95,00
BASE FUSIVEIS MT	F8	1,2760	188,3053	141,29	136,67
BOCA CX DIST SUBT BT	F9	1,0208	51,4457	35,93	10,00
CABO ISOL PAP/OLE MT	F10	1,9129	111,5717	92,12	128,70

CABO ISOL SECO AT	F11	1,0208	51,4457	35,93	57,25
CABO ISOL SECO MT	F12	1,9508	111,0329	92,01	123,89
CABO SECO N/TORC BT	F13	1,2760	188,3053	141,29	255,00
CABO/FIO NU AL	F14	2,2021	257,9760	218,42	247,98
CABO/FIO NU AL-ACO	F15	1,8591	253,4595	208,11	270,80
CABO/FIO NU ALMELEC	F16	1,7103	264,7470	213,68	276,04
CABO/FIO NU CU	F17	1,9943	259,3515	215,81	244,50
CIRCUITOS AUX DE CC	F18	1,0208	51,4457	35,93	68,25
COMANDO DE DISJ	F19	1,0208	51,4457	35,93	10,33
COMB INT SEC FUS -MT	F20	1,2760	188,3053	141,29	130,47
CONDUTOR/ACES TELESERV	F21	1,2760	188,3053	141,29	158,33
CONTACTOR	F22	1,0208	51,4457	35,93	10,00
CONTADOR	F23	1,0208	51,4457	35,93	93,00
CX D - FE FUNDIDO MT	F24	1,0208	51,4457	35,93	87,00
CX J - FE FUNDIDO MT	F25	2,2433	104,2448	88,53	111,24
CX J - PREMOLD MT	F26	1,6585	115,3797	92,50	123,09
CX J - TERMORET MT	F27	2,2854	111,6321	95,09	120,09
CX T - FE FUNDIDO MT	F28	1,5433	117,8224	92,92	164,67
CX T - OLEO MT	F29	1,6820	132,5013	106,56	167,19
CX T - PREMOLD MT	F30	1,4863	162,2998	126,83	168,38
CX T - TERMORET MT	F31	1,4825	167,4133	130,74	191,72
DAR	F32	1,2760	188,3053	141,29	139,63
DISJ AR COMPRIM - MT	F33	1,0208	51,4457	35,93	58,50
DISJ GVO - AT	F34	1,0208	51,4457	35,93	41,50
DISJ GVO - MT	F35	1,0208	51,4457	35,93	70,40
DISJ PVO - AT	F36	1,0208	51,4457	35,93	85,83
DISJ PVO - MT	F37	0,9741	89,1767	61,21	80,19
DISJ SF6 - AT	F38	1,0208	51,4457	35,93	59,00
DISJ SF6 - MT	F39	0,9331	65,0958	43,95	88,47
DISJ VACUO - MT	F40	1,0208	51,4457	35,93	51,90
DST - CLASSICO	F41	1,8377	179,4874	147,03	177,93
DST - ZNO	F42	1,2760	188,3053	141,29	197,29
ELECTROD/ACES P/TERRA	F43	1,2760	188,3053	141,29	144,80
EQUIP PS E PT - BT	F44	1,2760	188,3053	141,29	183,00
EQUIP PS E PT - MT	F45	1,2760	188,3053	141,29	179,50
EQUIPA DE CONTAGEM	F46	1,2760	188,3053	141,29	141,00
FECHADURA / CADEADO	F47	1,0208	51,4457	35,93	54,33
FIADOR / ARCO	F48	1,1337	214,8452	155,50	190,36
FILACA / PINCA	F49	1,9269	209,1943	172,96	225,76
FUSIVEL BT	F50	1,0208	51,4457	35,93	80,00
FUSIVEL MT	F51	0,9002	68,8622	45,83	83,06
HASTE DE DESCARGA	F52	1,0208	51,4457	35,93	5,00
IAR	F53	1,1535	189,6723	138,04	174,96
IAT	F54	1,1778	108,8187	79,72	115,83
INT SECC - MT	F55	1,2267	158,5800	117,62	147,99
ISOLADOR APOIO	F56	0,8680	151,7759	99,50	139,35
ISOLADOR CADEIA	F57	1,7695	273,0415	221,96	250,70
ISOLADOR RIGIDO	F58	1,6408	235,7969	188,59	215,57
ISOLADOR TRAVESSIA	F59	1,2760	188,3053	141,29	278,25
LIGAD BICO MOVEL(TET)	F60	1,4509	193,0223	149,93	169,64
LIGADOR - CABO NU	F61	1,1411	176,6794	128,14	160,18
LIGADOR TORCADA	F62	1,2760	188,3053	141,29	205,00
PESQUIS TERRAS RESIST	F63	1,2760	188,3053	141,29	132,50
PORTA / GRELHA	F64	1,2760	188,3053	141,29	128,60
POSTE BETAO AT	F65	1,2760	188,3053	141,29	1507,00

POSTE BETAO MT	F66	1,6539	326,2594	261,41	488,14
POSTE MADEIRA	F67	1,2760	188,3053	141,29	190,00
POSTE METALICO MT	F68	2,1388	271,3720	228,64	461,97
QGBT - ABERTOS	F69	1,2760	188,3053	141,29	163,43
QGBT - COM INVOLUCRO	F70	1,2760	188,3053	141,29	236,50
REACTANCIA DE NEUTRO	F71	1,0208	51,4457	35,93	44,74
REARME DISJ DIF/INT.	F72	1,0208	51,4457	35,93	77,00
RELE DE TELECOMANDO	F73	1,2760	188,3053	141,29	253,00
RELE PROTECCAO	F74	1,0208	51,4457	35,93	78,19
SECC - AT	F75	1,0208	51,4457	35,93	48,67
SECC - MT	F76	1,1496	201,4282	146,44	171,42
SECC - UNIP BT	F77	1,2760	188,3053	141,29	207,00
SEM DANOS	F78	0,9251	35,5852	23,95	76,56
TERMINAC EXTRAIV MT	F79	1,2760	188,3053	141,29	184,50
TERMINAL	F80	1,2760	188,3053	141,29	195,17
TETRAPOLAR	F81	1,0208	51,4457	35,93	26,00
TI - AT	F82	1,0208	51,4457	35,93	96,50
TI - BT	F83	1,2760	188,3053	141,29	250,00
TI - MT	F84	1,3959	148,7236	114,38	155,71
TP - AT/MT	F85	1,0208	51,4457	35,93	37,67
TP - MT/MT	F86	1,2760	188,3053	141,29	187,44
TP OLEO - MT/BT	F87	1,8478	204,6380	167,82	213,75
TP SECO - MT/BT	F88	1,2760	188,3053	141,29	127,25
TT - MT	F89	1,4895	145,9082	114,08	129,91
UNIAO DE COMPRESSAO	F90	1,2760	188,3053	141,29	165,20
UNIAO PREFORMADA	F91	1,2760	188,3053	141,29	114,29
UNIAO REDE SUB AT/MT	F92	1,2760	188,3053	141,29	153,33
UNIDADE COMPACTA SF6	F93	1,2760	188,3053	141,29	196,80
UNIDADE MODULAR SF6	F94	1,6735	144,7755	116,30	142,32
URT-UNID REMOTA TELEACCAO	F95	1,0208	51,4457	35,93	45,71

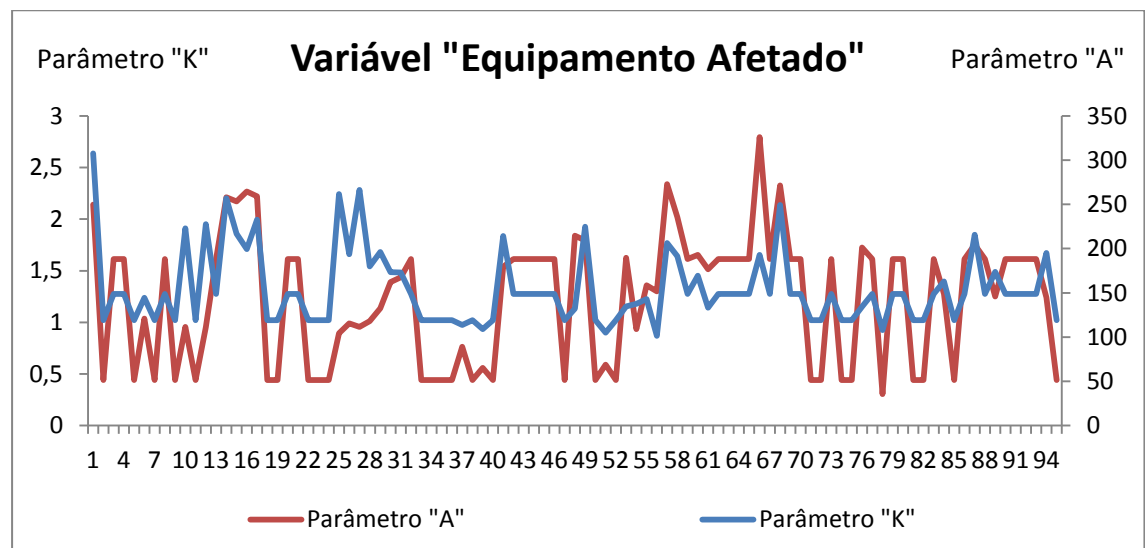


Figura 3.30 - Variação de parâmetros para variável "Equipamento Afetado"

Pela visualização da figura acima, comprovamos a atribuição da característica de variável muito influenciadora à variável "Equipamento Afetado". Esta apresenta valores distintos para os parâmetros de "K" e "A", caracterizando de forma distinta cada equipamento afetado.

A análise desta variável, foram identificadas os “Equipamentos Afetados” que apresentam maior valor de tempo médio de incidente e maior ocorrência de incidentes.

Tabela 3.18 - Quantificação de tempos médios de “Equipamento Afetado”

EA	COD EXT	Média
POSTE BETAO MT	F66	261,41
POSTE METALICO MT	F68	228,64
ISOLADOR CADEIA	F57	221,96
CABO/FIO NU AL	F14	218,42
ACESSORIO DE CADEIA	F1	217,33
...	...	...
TETRAPOLAR	F81	35,93
TI - AT	F82	35,93
TP - AT/MT	F85	35,93
URT-UNID REMOTA TELEACCAO	F95	35,93
SEM DANOS	F78	23,95

Tabela 3.19 - Quantificação de nº registos de “Equipamento Afetado ”

EA	COD EXT	nº Registos
SEM DANOS	F78	6661
CABO/FIO NU AL-ACO	F15	1466
CABO ISOL SECO MT	F12	1040
FIADOR / ARCO	F48	735
SECC - MT	F76	602
...	...	...
CX D - FE FUNDIDO MT	F24	1
FUSIVEL BT	F50	1
HASTE DE DESCARGA	F52	1
REARME DISJ DIF/INT.	F72	1
TETRAPOLAR	F81	1

Pela análise da tabela anterior de valor médio de tempos de equipamento afetados, podemos verificar que o equipamento que apresenta maiores valores de média corresponde à substituição de postes. Estes, pelas suas propriedades físicas e dimensões, apresentam-se como um equipamento de instalação demorada. Podemos verificar, que a análise quando não existem equipamentos afetados, “Sem Danos”, a média de tempo de incidente é menor, o que é logico pois não se realiza substituição de equipamentos. Os restantes equipamentos que possuem o mesmo valor de média de tempo estimado para a duração do incidente, apresentam os mesmos parâmetros, pertencendo ao mesmo intervalo aglomerado.

3.3.2. Parametrização em aglomeração de intervalos das variáveis explicadoras

A aglomeração de intervalos de parametrizações de distribuições de Weibull, é justificada quando há semelhanças entre as distribuições. Para aferir da existência dessa semelhança foi criado o seguinte modelo:

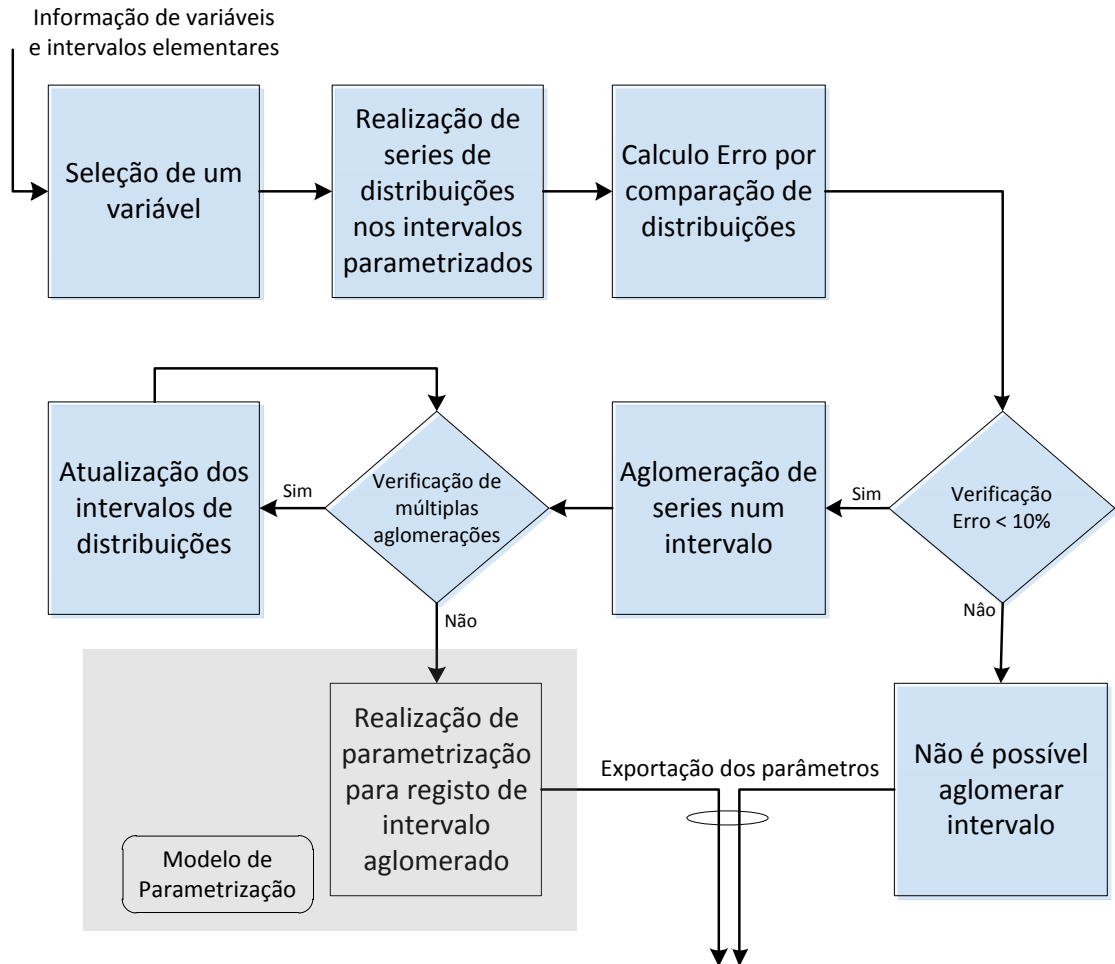


Figura 3.31 - Modelo de aglomeração de parametrizações semelhantes

À entrada deste modelo, temos toda a informação até agora parametrizada, ou seja, todas as variáveis explicadoras nos seus desaglomerados. O modelo é aplicado individualmente a cada variável justificando-se assim que o primeiro processo passe pela seleção de uma variável explicadora.

Após a seleção da variável explicadora, são realizadas todas as distribuições de desaglomerados da variável. Das distribuições realizadas, é calculado o erro para as combinações entre desaglomerados, e será desta forma que representaremos a semelhança entre as diferentes distribuições.

O cálculo do erro, é dado pela soma do módulo da diferença entre duas distribuições com “n” intervalo de passo, sendo:

$$Erro = \sum_{n=0}^{n=n} |DW_{A n} - DW_{B n}| \quad (3.4)$$

- n – Apresenta intervalo de passo escolhido para realização da serie de Weibull
- DW_{An} – Distribuição de Weibull da variável “A” no intervalo “n”
- DW_{Bn} – Distribuição de Weibull da variável “B” no intervalo “n”

Com o valor de erro para cada combinação de duas distribuições, será feita a verificação de aglomeração de intervalos. No caso do erro entre duas distribuições ser inferior a 10%, estas são consideradas semelhantes sendo possível a sua análise em conjunto. No caso contrário, o intervalo em causa não pode ser aglomerado com nenhum dos restantes pois apresenta uma distribuição distinta de todas as restantes. Para desaglomerados da variável explicadora, termina o modelo mantendo os seus parâmetros.

Depois da construção de aglomeração de intervalos em combinações de duas desaglomerações, verifica-se se existe a possibilidade de múltiplas aglomerações. Esta verificação, compara todas as aglomerações criadas, através de semelhança entre elas existentes. Existe semelhança entre dois intervalos aglomerados, sempre que se verifique o critério de aglomeração (<10%) entre todos os desaglomerados. Este processo de verificação realiza-se tantas vezes quantas as necessárias para realizar o máximo de múltiplas aglomerações possíveis.

Na inexistência de mais aglomerações, os intervalos aglomerados são alvo de parametrização recorrendo ao modelo de parametrização mencionado e explicado no Figura 3.12. Com a parametrização de todos os intervalos aglomerados pela variável, juntamente com os que não foram possíveis aglomerar, são exportados os parâmetros e novos intervalos caracterizando desta forma toda a variável explicadora.

Para melhor compreensão, apresenta-se de seguida um exemplo explicativo do modelo. Existem quatro desaglomerados, “A”, “B”, “C” e “D” de uma variável indiferenciada. O erro das distribuições do intervalo “D” não satisfaz a condição de aglomeração com nenhum outro intervalo acabando aqui a sua presença no modelo. Para os restantes intervalos verifica-se o critério para a aglomeração, ou seja, o erro entre as suas distribuições é inferior a 10% sendo, por isso, considerados intervalos semelhantes. Dos desaglomerados obtemos, então, os intervalos “AB”, “AC”, “BC”. Posteriormente verifica-se se é ainda possível a aglomeração destes intervalos entre si. O intervalo aglomerado “AB” e “BC”, podem ser juntos pelo intervalos “AC”. A aglomeração dos três intervalos é possível, pois verifica-se a condição entre todos eles. O resultado final, para esta variável, seria a parametrização em dois intervalos, o intervalo “ABC” e o “D”.

Recorrendo aos mesmos intervalos desaglomerados, será criada uma diferente situação da anterior. Nesta, a condição de aglomeração é satisfeita para todos os intervalos, e assim, para além dos intervalos aglomerados (“AB”, “AC”, “BC”) também era possível a aglomeração de “CD”. Com a junção deste último intervalo ao processo de aglomeração de múltiplas variáveis, este não se poderia aglomerar com mais nenhum, pois era o único que apresentava o desaglomerado “D”. Com a saída deste aglomerado “CD”, do processo de verificação, todos os aglomerados que possuem o intervalo “C” e “D” foram também eliminados, pois este desaglomerado já tinha sido selecionado. Ficamos então com o “AB” que sendo o único intervalo existente não permite múltiplas aglomerações.

Na presença de dois aglomerados, “AB” e “CD”, é realizada a parametrização e dá-se a exportação dos parâmetros referentes para a aglomeração da variável explicadora.

Após a apresentação e exemplificação do modelo, o mesmo será aplicado às variáveis explicadoras.

3.3.2.1. Variável Dia da Semana

A variável dia da semana anteriormente analisada, apresenta sete distribuições distintas, e os seus parâmetros característicos estão apresentados na Tabela 3.5.

Da realização de séries com os parâmetros dos intervalos, obtemos a seguinte representação gráfica:

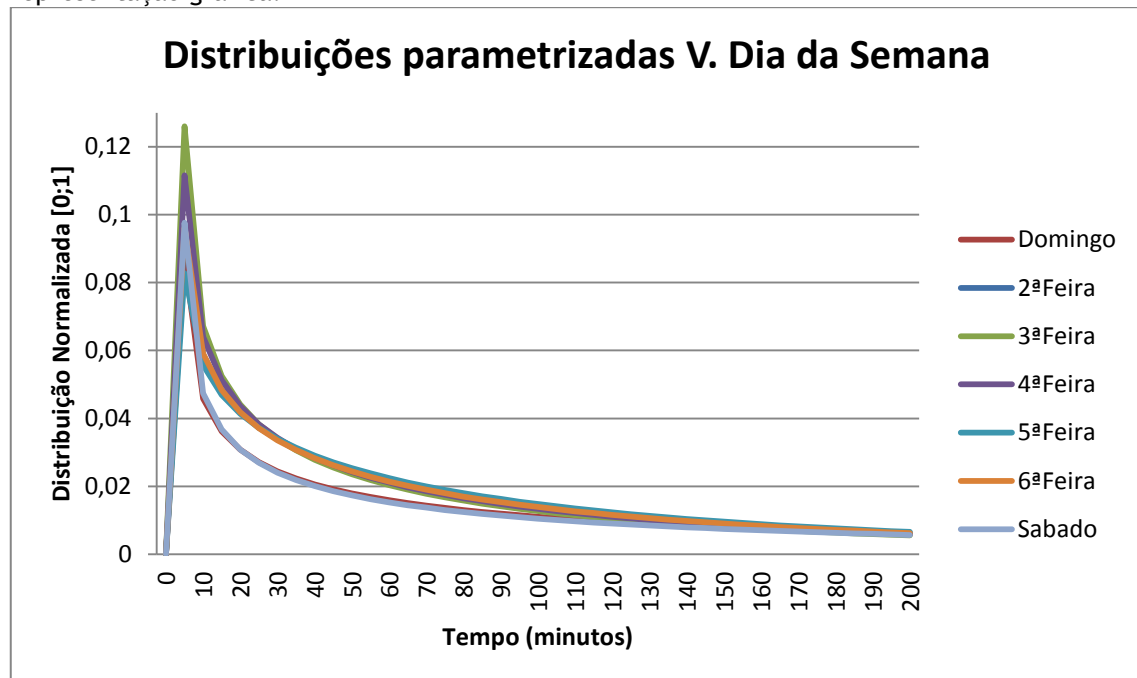


Figura 3.32 - Distribuições de parametrizações para desaglomerado da variável "Dia da Semana"

Com a análise gráfica, podemos desde já verificar que existe entre alguns intervalos semelhanças, pois as suas distribuições encontram-se sobrepostas. No entanto, a análise gráfica não é conclusiva e por isso, recorreremos à Figura 3.31 para verificar se é possível a aglomeração de intervalos.

Para obtermos uma melhor conclusão dos resultados e uma melhor perceção dos erros pela aplicação do modelo, estes serão apresentados em forma de matriz.

Tabela 3.20 - Valores de erros entre distribuições

	Domingo	2ªFeira	3ªFeira	4ªFeira	5ªFeira	6ªFeira	Sábado
Domingo		13,57%	14,97%	14,62%	13,29%	13,29%	2,04%
2ªFeira	13,57%		5,18%	3,00%	2,25%	0,53%	13,93%
3ªFeira	14,97%	5,18%		2,27%	7,31%	4,83%	14,59%
4ªFeira	14,62%	3,00%	2,27%		5,07%	2,77%	14,42%
5ªFeira	13,29%	2,25%	7,31%	5,07%		2,75%	15,51%
6ªFeira	13,29%	0,53%	4,83%	2,77%	2,75%		13,43%
Sábado	2,04%	13,93%	14,59%	14,42%	15,51%	13,43%	

Da tabela, verifica-se que o intervalo Domingo, só satisfaz a condição com o Sábado. Ao verificar o erro da série de Sábado relativamente às restantes, observamos que esta também só satisfaz a condição com o Domingo. Desta forma, a condição de aglomeração só é satisfeita entre eles não sendo possível a aglomeração com qualquer outro dia. Podemos concluir que

os intervalos Domingo e Sábado são semelhantes, realizando a aglomeração deste para um novo intervalo, “Fim de Semana”.

Procedendo à análise de igual forma para os restantes dias da semana, estes apresentam todas as condições válidas entre eles. Será feita a aglomeração dos intervalos 2ªfeira, 3ªfeira, 4ªfeira, 5ªfeira e 6ªfeira, dando origem ao intervalo “Dias de Semana”.

Com a criação de dois intervalos aglomerados, “Fim de Semana” e “Dias de Semana”, onde estão presentes todos intervalos desaglomerados, procede-se à parametrização das distribuições de Weibull para os novos intervalos.

De forma a mostrar graficamente a semelhança entre distribuições, são apresentados dois gráficos. No primeiro (Figura 3.33) é verificada a condição e, consequentemente, a aglomeração de intervalos, no segundo gráfico a condição (Figura 3.34) não se verifica pois o erro apresentado entre as distribuições é superior ao critério estabelecido ($\text{Erro} < 10\%$), não sendo estes aglomerados.

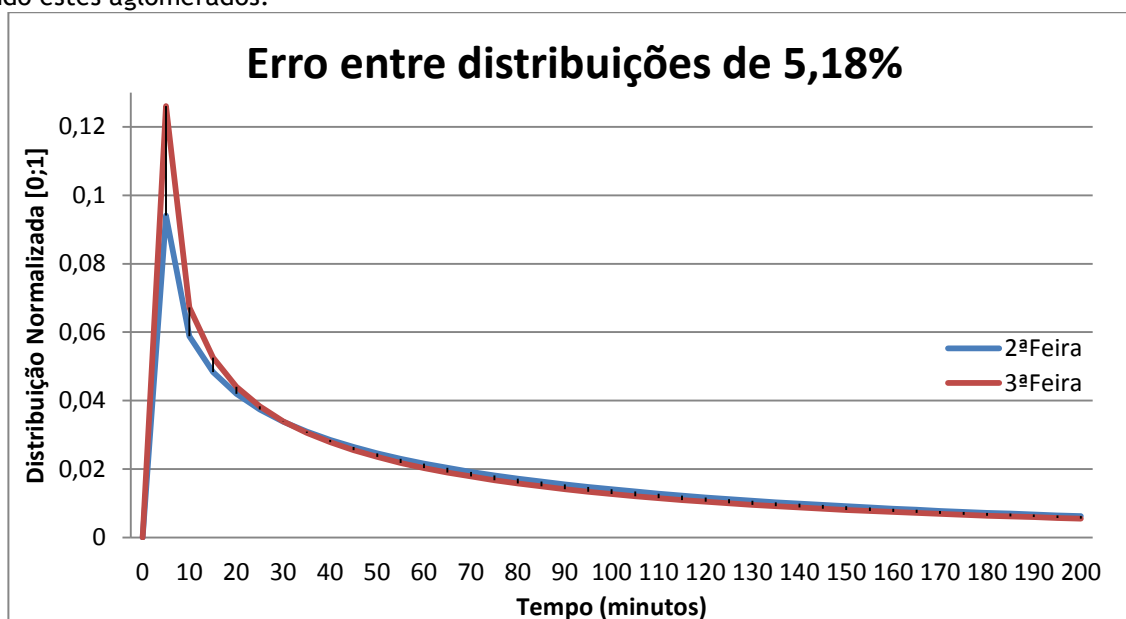


Figura 3.33 - Visualização gráfica da validade da condição de aglomeração

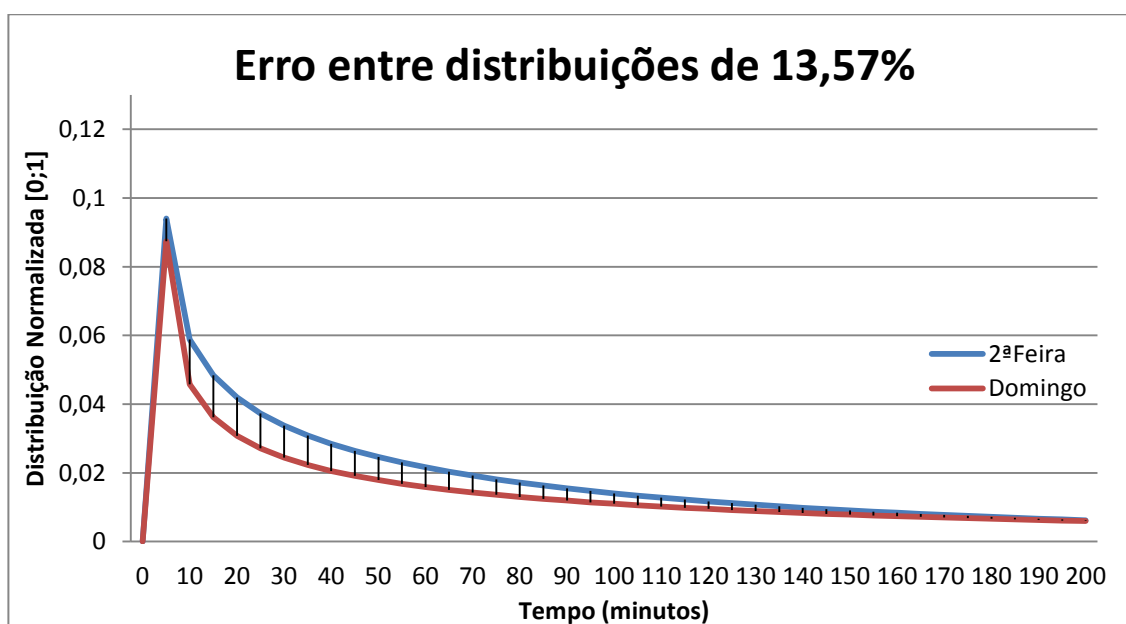


Figura 3.34 - Visualização gráfica da não validade da condição de aglomeração

Facilmente se percebe que a Figura 3.34, apresenta maior erro entre distribuições. Sempre que aplicamos o modelo entre duas distribuições, é esta a análise gráfica por detrás da análise numérica.

A variável dia da semana, inicialmente apresentava sete distribuições correspondendo cada uma à parametrização de intervalos desaglomerados em dias. Após a análise de aglomeração de intervalos semelhantes, passou a ser representada por dois intervalos, “Fim de Semana” e “Dias de Semana”. As curvas de parametrização estão apresentadas no gráfico abaixo, bem como os seus parâmetros característicos.

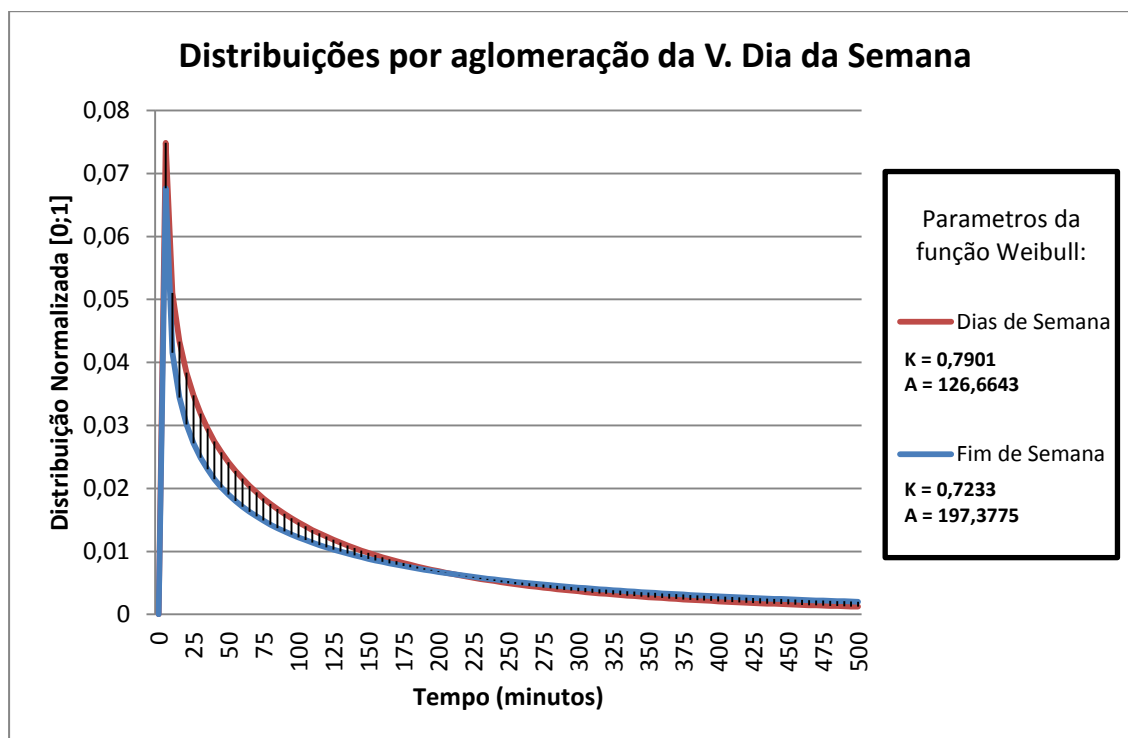


Figura 3.35 - Distribuições finais da aplicação do modelo de aglomeração da variável “Dia da Semana”

Na variável dia da semana, pelos parâmetros apresentados dos seus intervalos, o tempo de duração de incidente é maior aos “Fins de Semana” do que nos “Dias da Semana”. A curva de distribuição de “Dias da semana”, está mais concentrada nos tempos iniciais, daí se concluir que o tempo médio de incidente é mais elevado no intervalo “Fim de Semana”.

Atualizando a tabela disponibilizada no subcapítulo 3.3.1.1.

Tabela 3.21 - Parâmetros aglomerados da variável “Dia da Semana”

Intervalo	COD Ext.	Parametrização Função Weibull		
		K	A	Média
Dias de Semana	A1	0,7901	126,6643	79,65
Fim de Semana	A2	0,7233	197,3777	118,92

Apresenta-se na tabela, uma coluna de codificação das parametrizações efetuadas. Esta codificação permitirá que, no próximo subcapítulo, se entenda melhor o cruzamento de informação entre intervalos de variáveis diferentes. A codificação do intervalo de uma

variável, consiste no conjunto de uma letra e um número, onde a letra codificará a variável e o número um intervalo dessa variável. A metodologia de codificação será então dada por:

$$LETRA_{NUMERO} = X_{n-x} \quad (3.5)$$

Onde:

- X_{n-x} – Representa a codificação da variável X (maiúsculo) no intervalo x (minúsculo)
- X (maiúsculo) – representa a variável parametrizada, e a atribuição de letras as variáveis são representada segundo a lista:
 - A – Variável Dia da Semana
 - B – Variável Hora
 - C – Variável Clientes Afetados
 - D – Variável Potência Afetada
 - F – Variável Tipo de Incidente
 - E – Variável Equipamento afetado
- n-x (minúsculo) – representa o intervalo da variável parametrizada. É atribuído um valor numérico. Apresenta grandeza, de igual valor ao número de intervalos de cada variável.

Da presente metodologia de codificação, a variável “Dia da Semana” será codificada com a letra “A” e possui dois intervalos. Assim, a codificação “A₁” representa o intervalo “Dias de Semana” e a “A₂” o intervalo de “Fim de Semana”. A cada codificação estão associados os parâmetros da distribuição de Weibull.

3.3.2.2. Variável Hora

À variável hora, inicialmente apresentada com vinte e quatro parametrizações de distribuições, uma para cada hora do dia, será neste ponto, aplicado o modelo de aglomeração de intervalos anteriormente mencionado.

Serão apresentados somente os resultados tendo os processos sido descritos e exemplificados com a variável anterior.

Tabela 3.22 - Parâmetros aglomerados da variável “Hora”

Intervalo	COD Ext	Parametrização Função Weibull		
		K	A	Média
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	B1	0,8566	151,1039	98,50
9, 10, 11, 22	B2	0,8157	105,0040	67,00
12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23	B3	0,6369	159,6590	89,80

Com a aplicação do modelo, foram aglomeradas as distribuições em três intervalos. O primeiro é constituído pelas horas de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, representando-se os tempos de incidentes nas horas noturnas. Este intervalo é apresentado como sendo o que possui maior valor de tempo médios de incidente.

O segundo intervalo, corresponde à aglomeração dos intervalos de 9, 10, 11 e 22. Este intervalo é representativo pelas horas onde o tempo de incidente possui menor média de duração de incidente.

O terceiro intervalo, constitui a aglomeração de horas não mencionadas ou não aglomeradas anteriormente (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 23).

3.3.2.3. Variável Clientes Afetados

A variável Clientes Afetados, foi parametrizada com recurso a onze intervalos no subcapítulo 3.3.1.3. Ao aplicar o modelo de aglomeração de estados, apresentado na Figura 3.31, foram identificados três intervalos de parametrizações distintos. O primeiro é preenchido com a constituição de clientes afetados até aos 3000. Possui um valor médio de duração de incidente de 84,41 minutos. O segundo intervalo aglomerado, apresenta um valor médio de tempo de incidente superior ao anterior, sendo constituído por um número clientes afetados entre 3000 e os 10000 clientes. O terceiro intervalo apresenta o número de clientes superior a 10000 e o seu tempo médio de duração de incidente é muito inferior aos anteriormente mencionados, apresentando valor de 22,28 minutos. Um incidente que afete um número muito grande de clientes tem prioridade na reparação, daí o tempo muito inferior face aos restantes.

Tabela 3.23 - Parâmetros aglomerados da variável "Clientes Afetados"

Intervalo	COD Ext	Parametrização Função Weibull		
		K	A	Média
0 a 3000	C1	0,8498	129,9259	84,41
3000 a 10000	C2	0,6089	209,3083	114,65
>10000	C3	0,6072	40,7471	22,28

3.3.2.4. Variável Potência Afetada

A variável potência afetada, aquando a aplicação do modelo de aglomeração de intervalos, ficou parametrizada com três intervalos. Estes três intervalos, apresentam tempos de duração de incidentes distintos. A variável potência afetada esta intrinsecamente relacionada com a variável clientes afetados e, por esse motivo, a variação e duração médio de tempo por incidentes estão relacionadas. Os intervalos aglomerados têm as seguintes parametrizações:

Tabela 3.24 - Parâmetros aglomerados da variável "Potência Afetada"

Intervalo	COD Ext	Parametrização Função Weibull		
		K	A	Média
0 a 5000	D1	0,8956	121,6537	80,80
5000 a 30000	D2	0,5855	200,3520	107,13
>30000	D3	0,5370	56,1457	28,37

3.3.2.5. Variável Tipo de Incidente e Equipamento Afetado

Nas variáveis "Tipo de Incidente" e "Equipamento Afetado", a aplicação do modelo de aglomeração não foi realizada por se tratar de variáveis de grande influência na duração de tempo de incidente. Por tal, foi decidido manter as parametrizações originais, referenciadas

nas Tabela 3.12 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável “Tipo de Incidente” e Tabela 3.17 - Parâmetros da Distribuição de Weibull para variável “Equipamento Afetado”.

A aglomeração de variáveis em intervalos com distribuições semelhantes, permitiu apresentar um número inferior de parametrizações. Anteriormente à aglomeração de distribuições, para as variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”, estavam identificadas 55 distribuições parametrizadas. Após a aplicação do modelo de aglomeração, as mesmas variáveis passaram a ser parametrizadas por 11 distribuições. Com a apresentação destes números, temos a percepção que as parametrizações elementares das variáveis explicadoras, apresentam informação semelhante não sendo necessário a parametrização em intervalos distintos. Para as variáveis “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”, foram mantidas as parametrizações elementares por se tratar de variáveis de grande influência na duração de incidente.

3.3.3. Parametrização de variáveis condicionadas

Até ao momento, a análise consistiu na parametrização de variáveis em intervalos desaglomerados e ou aglomerados. Neste subcapítulo, pretende-se a parametrização das combinações de multivariáveis, designadas por variáveis condicionadas [20]. A parametrização de variáveis condicionadas vai consistir nas combinações de todas os intervalos de todas as variáveis explicadoras, apresentadas pelas tabelas Tabela 3.21, Tabela 3.22, Tabela 3.23, Tabela 3.24, Tabela 3.12 e Tabela 3.17.

A parametrização de variáveis condicionadas, é realizada em dois conjuntos distintos sendo que a junção destas se dá no modelo final de previsão de tempo de duração de incidente que será apresentado no capítulo 3.4..

O primeiro conjunto de variáveis contempla informação das variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada” e o segundo conjunto é formado pelas variáveis “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”.

As distribuições em dois conjuntos, deve-se à existência das inúmeras possibilidades de combinações entre todos os intervalos de todas as variáveis. A realização de distribuições de frequências com a inclusão de todas as variáveis, remetia-nos para uma análise bastante específica, no entanto, o número de registos para tais ocorrências seriam possivelmente insuficientes para a realização de uma distribuição de frequências, este é outro dos motivos pelos quais se realizará a distribuições em dois conjuntos.

Do conjunto representado pelas variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”, relembramos que estas possuem os seguintes intervalos que se apresentaram na codificação dos novos intervalos do modelo:

Tabela 3.25 - Codificação para as variáveis aglomeradas "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados" e "Potência Afetada"

Variável	Intervalo	Codificação
Dia da Semana	Dias de Semana	A1
	Fim de Semana	A2
Hora	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,	B1
	9, 10, 11, 22	B2
	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23	B3
Clientes Afetados	0 a 3000	C1
	3000 a 10000	C2
	> 10000	C3
Potência Afetada	0 a 5000	D1
	5000 a 30000	D2
	> 30000	D3

O seguinte conjunto, contemplado pela variável “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”, apresenta a codificação de intervalos representadas nas Tabela 3.35 e Tabela 3.36.

O modelo de parametrização de variáveis condicionadas, pode ser apresentado pelo fluxograma seguinte:

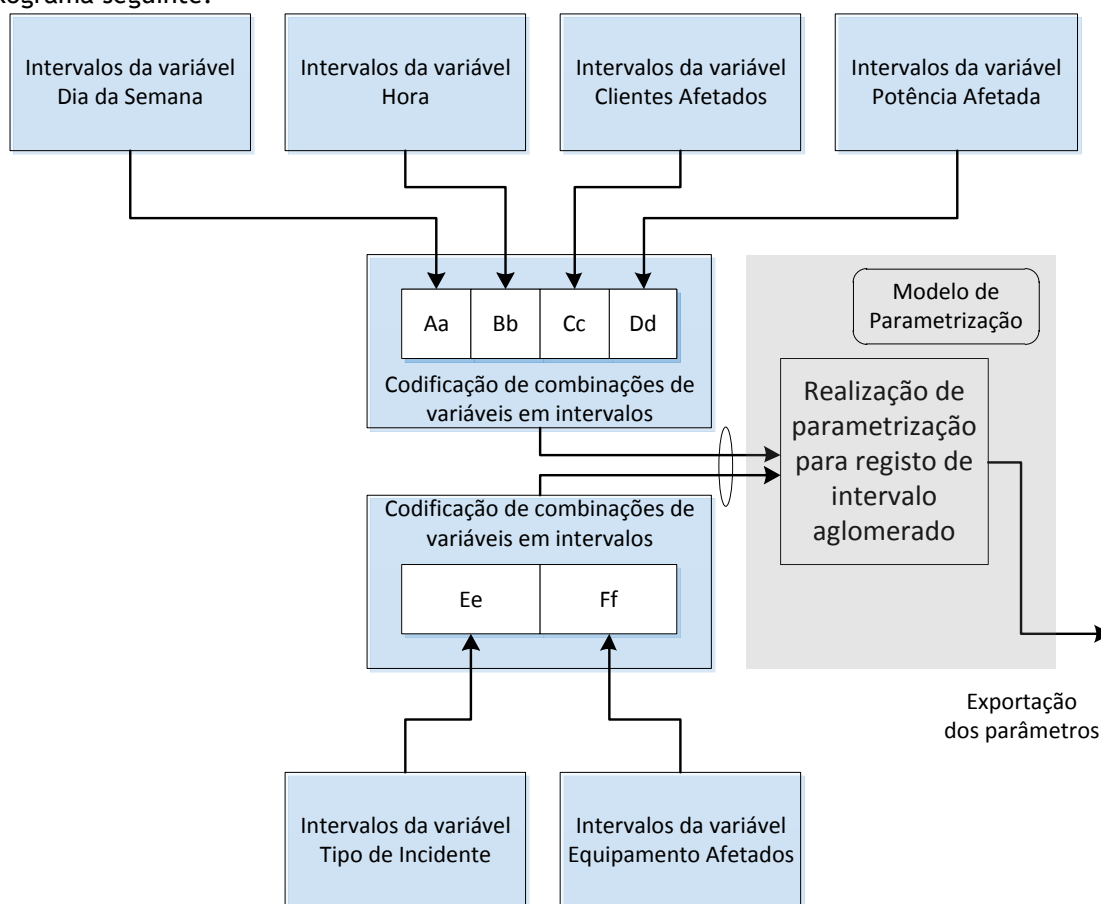


Figura 3.36 - Modelo de parametrização de variáveis condicionadas

O modelo de variáveis condicionadas, como podemos observar, consiste na combinação de todas os intervalos de variáveis entre si, realizando todas as combinações possíveis. O modelo apresenta-se repartido em dois conjuntos não interligados e consiste na criação de um intervalo de análise novo, pela combinação de intervalos de variáveis. Esse intervalo novo é a entradas para o modelo de parametrização geral da Figura 3.12, onde se vão encontrar os parâmetros característicos para esse intervalo.

Exemplificando o funcionamento com a inclusão de variáveis e intervalos para o conjunto de variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”. A combinação de intervalos neste caso, poderá conter duas, três ou quatro variáveis. A entrada do modelo começa pela escolha de intervalos. A título exemplificativo, vamos supor que, “Dia da Semana” apresenta o intervalo “Fim de Semana (A2)”, a variável “Hora” o intervalo das “9, 10, 11 e 22 (B2)”, o intervalo “Clientes Afetados (C1)” o intervalo de “0 a 5000” e a variável “Potência Afetada” não será combinada. O processo seguinte é a criação de um intervalo novo com a informação combinada. Este apresentará o resultado “A2B2C1”. Esta informação é depois inserida no modelo de parametrização geral. Neste dá-se a filtração de registos coincidentes com o novo intervalo. No final teremos uma parametrização específica, ou seja, parametrização para um incidente ocorrido ao fim de semana, nas horas 9, 10, 11 ou 22 com a afetação de até 5000 clientes.

Explicando no que consiste a parametrização por variáveis condicionadas, será apresentado de seguida todos os intervalos possíveis de combinações entre intervalos de variáveis explicadoras.

3.3.3.1. Variáveis Condicionadas com Dia da Semana, Hora, Clientes Afetados e Potência Afetada

Iniciando a apresentação pelo conjunto representado pelas variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”, será apresentada todas as combinações com duas, três ou quatro variáveis.

As combinações de variáveis serão apresentadas em forma de tabela, sendo que para combinações superiores a duas variáveis, pressupõem-se a combinação de duas variáveis com outra fixa, que se apresentará na parte superior esquerda da tabela, por preenchimento cinzento.

Com as combinações com dois intervalos de duas variáveis, é possível realizar 45 novos intervalos. Essas combinações podem ser verificadas na tabela abaixo:

Tabela 3.26 - Combinações de duas variáveis

	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
A1	A1B1	A1B2	A1B3	A1C1	A1C2	A1C3	A1D1	A1D2	A1D3
A2	A2B1	A2B2	A2B3	A2C1	A2C2	A2C3	A2D1	A2D2	A2D3
B1				B1C1	B1C2	B1C3	B1D1	B1D2	B1D3
B2				B2C1	B2C2	B2C3	B2D1	B2D2	B2D3
B3				B3C1	B3C2	B3C3	B3D1	B3D2	B3D3
C1							C1D1	C1D2	C1D3
C2							C2D1	C2D2	C2D3
C3							C3D1	C3D2	C3D3

As possibilidades de combinações entre intervalos com três variáveis, são de 81 novas parametrizações.

Tabela 3.27 - Combinações com três variáveis

A1	C1	C2	C3	D1	D2	D3
B1	A1B1C1	A1B1C2	A1B1C3	A1B1D1	A1B1D2	A1B1D3
B2	A1B2C1	A1B2C2	A1B2C3	A1B2D1	A1B2D2	A1B2D3
B3	A1B3C1	A1B3C2	A1B3C3	A1B3D1	A1B3D2	A1B3D3
C1				A1C1D1	A1C1D2	A1C1D3
C2				A1C2D1	A1C2D2	A1C2D3
C3				A1C3D1	A1C3D2	A1C3D3

A2	C1	C2	C3	D1	D2	D3
B1	A2B1C1	A2B1C2	A2B1C3	A2B1D1	A2B1D2	A2B1D3
B2	A2B2C1	A2B2C2	A2B2C3	A2B2D1	A2B2D2	A2B2D3
B3	A2B3C1	A2B3C2	A2B3C3	A2B3D1	A2B3D2	A2B3D3
C1				A2C1D1	A2C1D2	A2C1D3
C2				A2C2D1	A2C2D2	A2C2D3
C3				A2C3D1	A2C3D2	A2C3D3

B1	D1	D2	D3
C1	B1C1D1	B1C1D2	B1C1D3
C2	B1C2D1	B1C2D2	B1C2D3
C3	B1C3D1	B1C3D2	B1C3D3

B2	D1	D2	D3
C1	B2C1D1	B2C1D2	B2C1D3
C2	B2C2D1	B2C2D2	B2C2D3
C3	B2C3D1	B2C3D2	B2C3D3

B3	D1	D2	D3
C1	B3C1D1	B3C1D2	B3C1D3
C2	B3C2D1	B3C2D2	B3C2D3
C3	B3C3D1	B3C3D2	B3C3D3

Para o caso de inclusão de todas as variáveis, é possível a realização de 54 parametrizações.

Tabela 3.28 - Combinações com quatro variáveis

A1B1	D1	D2	D3	A2B1	D1	D2	D3
C1	A1B1C1D1	A1B1C1D2	A1B1C1D3	C1	A2B1C1D1	A2B1C1D2	A2B1C1D3
C2	A1B1C2D1	A1B1C2D2	A1B1C2D3	C2	A2B1C2D1	A2B1C2D2	A2B1C2D3
C3	A1B1C3D1	A1B1C3D2	A1B1C3D3	C3	A2B1C3D1	A2B1C3D2	A2B1C3D3

Tabela 3.29 - Combinações com quatro variáveis

A1B2	D1	D2	D3	A2B2	D1	D2	D3
C1	A1B2C1D1	A1B2C1D2	A1B2C1D3	C1	A2B2C1D1	A2B2C1D2	A2B2C1D3
C2	A1B2C2D1	A1B2C2D2	A1B2C2D3	C2	A2B2C2D1	A2B2C2D2	A2B2C2D3
C3	A1B2C3D1	A1B2C3D2	A1B2C3D3	C3	A2B2C3D1	A2B2C3D2	A2B2C3D3

A1B3	D1	D2	D3	A2B3	D1	D2	D3
C1	A1B3C1D1	A1B3C1D2	A1B3C1D3	C1	A2B3C1D1	A2B3C1D2	A2B3C1D3
C2	A1B3C2D1	A1B3C2D2	A1B3C2D3	C2	A2B3C2D1	A2B3C2D2	A2B3C2D3
C3	A1B3C3D1	A1B3C3D2	A1B3C3D3	C3	A2B3C3D1	A2B3C3D2	A2B3C3D3

Os intervalos apresentados anteriormente por combinações de variáveis, totalizam 180 novos intervalos. As tabelas acima, apresentam cores variadas cada uma com significado distinto.

- As células a branco na tabela (sem preenchimento), representam todos intervalos possíveis de realizar parametrizações.
- O preenchimento a amarelo, neste subcapítulo, tem igual significado que a célula sem preenchimento, ou seja, é possível a realização dessas parametrizações. Contudo, estas estão realçadas pois será feita referência no próximo subcapítulo a estes intervalos. Numa futura referência, não será necessário a representação novamente das tabelas mas sim só a remissão para estas agora apresentadas.
- As células a vermelho, significam que não há registos suficientes para a realização de uma distribuição de frequências, não sendo estas efetuadas.
- A célula de cor verde (C3D1) é uma caso particular. Esta não tem registos suficientes para a parametrização logo deveria apresentar preenchimento a vermelho. No entanto, sendo esta a única combinação de duas variáveis a não ser parametrizada, foi atribuída a parametrização de uma combinação mais próxima. Nessa aproximação, deu-se maior relevância à potência afetada, sendo mantido o intervalo deste e alterado um nível no intervalo de clientes afetados, ficando com parâmetros iguais a de C2D1.

Com a apresentação dos intervalos e significado de preenchimentos, conclui-se que quanto maior o número de variáveis a combinar, menor os registos nos intervalos, impossibilitando a realização de parametrizações para os mesmos.

3.3.3.2. Variáveis Condicionadas com Tipo de Incidente e Equipamento Afetado

Relativamente ao conjunto de possibilidades de combinações entre intervalos de Tipo de Incidente e Equipamentos Afetados, serão apresentados somente as combinações que permitem realizar as parametrizações de distribuições de frequências, por possuírem registos suficientes para tal. Esta opção justifica-se pelo fato de o número total a mencionar ser muito grande, apresentando o valor de 5795 possíveis combinações (cada tipo de incidente pode-se combinar com cada equipamento afetados, ficando 61TI “x” 95EA).

Os intervalos que podem ser parametrizados correspondem à seguinte tabela de combinações das variáveis.

Tabela 3.30 - Combinações para as variáveis "Tipo de Incidente" e "Equipamento Afetado"

E1F15	E13F37	E17F31	E20F41	E24F61	E40F78	E54F78
E1F17	E13F39	E17F41	E20F48	E24F76	E44F78	E55F15
E1F66	E13F78	E17F48	E20F57	E24F78	E45F15	E55F78
E1F78	E15F48	E17F55	E20F58	E25F78	E45F78	E56F15
E2F78	E15F78	E17F57	E20F76	E26F10	E46F78	E56F41
E3F78	E16F78	E17F58	E20F78	E26F12	E49F78	E57F78
E4F15	E17F10	E17F76	E20F87	E27F15	E50F15	E60F15
E4F78	E17F12	E17F78	E24F12	E27F78	E50F78	E60F48
E5F78	E17F15	E17F84	E24F15	E28F78	E52F78	E60F78
E7F78	E17F17	E17F87	E24F17	E33F78	E53F78	E61F15
E8F78	E17F25	E17F89	E24F41	E35F17	E54F15	E61F17
E9F78	E17F26	E17F94	E24F48	E35F78	E54F48	E61F48
E10F78	E17F27	E18F78	E24F49	E36F78	E54F58	E61F49
E11F78	E17F29	E19F78	E24F55	E38F15	E54F61	E61F66
E12F78	E17F30	E20F15	E24F58	E38F48	E54F76	E61F76
						E61F78

A tabela acima, representa todas as combinações de intervalos das variáveis de possível parametrização, ou seja, apresenta as combinações excluindo as células de características de preenchimento vermelho. O número de parametrizações combinadas para estas variáveis, totalizam 106 novas distribuições.

Até ao momento foram estabelecidos os intervalos de combinações de todas as possíveis parametrizações. Não foram apresentados os parâmetros para os intervalos das variáveis condicionadas, pois estas parametrizações serão reformuladas no subcapítulo seguinte. Nesse subcapítulo é que concluiremos a parametrização de todos os intervalos, parâmetros esses que serão a base para o modelo de previsão de tempo de incidente.

3.3.4. Reformulação das Parametrizações

Do capítulo 2, foi referida a definição de incidente como uma interrupção no fornecimento de energia contínua durante 10 minutos. De forma a uma melhor previsão de tempos médios de incidentes, todos os registos identificados com duração de incidente inferior a 10 minutos, foram filtrados e realizado uma nova parametrização.

A realização de uma parametrização com todos os registos, dará uma importância de ocorrência de incidente equitativa. O modelo criado propõe dar uma resposta ao cliente em caso de incidente. Na ocorrência de um incidente com tempo inferior a 10 minutos, a possibilidade de contacto por parte do cliente é reduzida por tratar-se de um incidente de rápida resolução. Como tal, o modelo não “necessitará” de uma previsão nestes tempos. Com a realização de um filtro nos registos de incidentes superiores a 10 minutos, pretende-se uma melhor parametrização na restante distribuição, evitando erros dados pela parametrização nos primeiros minutos. Para melhor entender este conceito, apresenta-se de seguida uma parametrização da distribuição de Weibull com todos os registos e outro com registos de ocorrência superiores a 10 minutos.

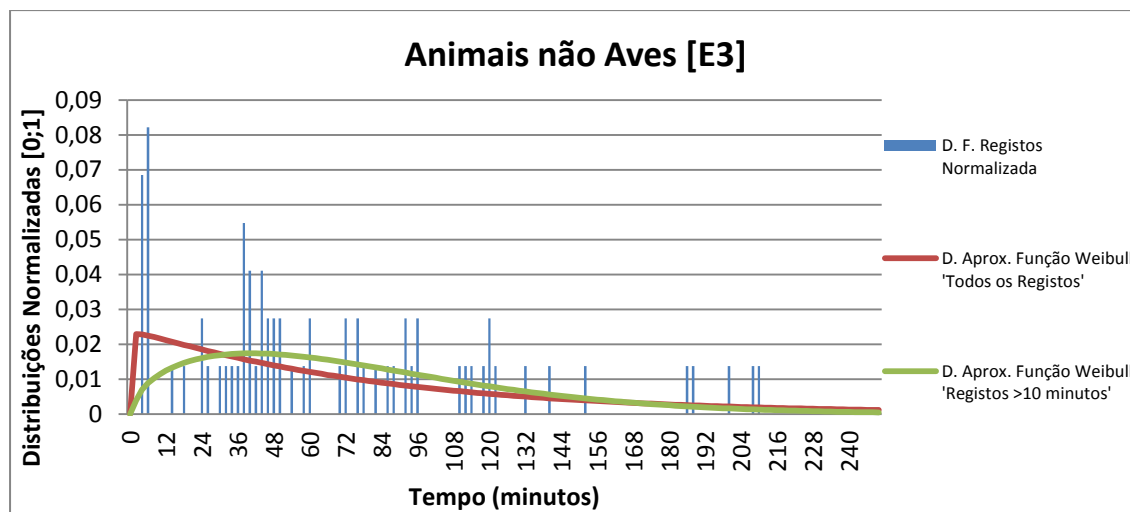


Figura 3.37 - Forma de onda para "Tipo de Incidente", animais não aves

As distribuições realizadas, correspondem ao tipo de incidente “Animais não Aves”. Da realização das parametrizações, podemos concluir que aquando a distribuição de todos os registos, esta apresenta a forma de função exponencial com pico nos primeiros minutos de incidente. Quando se filtra os valores superiores a 10 minutos, para este tipo de incidente, a distribuição apresenta fator de forma distinto da anteriormente mencionada. Esta não é influenciada pelos primeiros minutos aproximando-se melhor da restante distribuição.

Na reformulação dos parâmetros, os intervalos de análise já estão estabelecidos, não sofrendo alterações. Esses intervalos correspondem aos mencionados na tabela de aglomeração de variáveis explicadoras (Tabela 3.12, Tabela 3.17 e Tabela 3.25) e aos intervalos das variáveis condicionadas (Tabela 3.26, Tabela 3.27, Tabela 3.28 e Tabela 3.30). Para estes intervalos, será aplicado o modelo de parametrização (Figura 3.12), não incluindo registos com tempos inferiores a 10 minutos. Com a inclusão deste filtro, vários registos não foram incluídos na parametrização, e desta forma, algumas parametrizações de distribuições anteriormente realizadas, deixam de ser possíveis. Estes casos são os que estão representados nas tabelas de variáveis condicionadas do subcapítulo anterior, com as células de preenchimento amarelo. Não será possível realizar as distribuições, devido ao número insuficiente de registos. Todos os restantes intervalos foram novamente parametrizados, sendo esses valores apresentados nas tabelas abaixo.

3.3.4.1. Parametrizações de intervalos aglomerados das variáveis explicadoras, Dia da Semana, Hora, Clientes Afetados e Potencia Afetada)

Tabela 3.31 - Parâmetros "Caso Geral"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
Geral	0,9997	195,0508

Tabela 3.32 - Parâmetros desaglomerado com uma variável

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
A1	0,79006	126,6641
A2	0,648124	195,4368

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
B1	0,856602	151,1039
B2	0,815734	105,004
B3	0,636917	159,659

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
C1	0,84979	129,9259
C2	0,608884	209,3083
C3	0,607244	40,74705

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
D1	0,89562	121,6537
D2	0,585462	200,352
D3	0,537013	56,14567

3.3.4.2. Parametrizações de intervalos aglomerados das variáveis condicionadas, Dia da Semana, Hora, Clientes Afetados e Potencia Afetada

Tabela 3.33 - Parâmetros com variáveis duas variáveis condicionadas. "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados e "Potência Afetada"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
A1B1	1,270417	215,6723
A1B2	0,977455	146,7555
A1B3	1,025955	168,8055
A1C1	1,003314	168,2638
A1C2	1,365809	191,4069
A1C3	1,070754	23,23581
A1D1	0,808779	129,4905
A1D2	1,220936	184,4669
A1D3	0,950742	30,51268
A2B1	1,205057	225,4402
A2B2	1,078846	185,7493
A2B3	0,839989	223,3915
A2C1	0,906295	197,1541
A2C2	1,073563	253,8097
A2C3	0,50089	125,8834
A2D1	0,774323	163,5718
A2D2	1,027054	231,78
A2D3	0,520717	178,2386
B1C1	1,185907	211,0774
B1C2	1,361091	224,0981
B1C3	0,489914	90,8414
B1D1	1,014685	195,2718
B1D2	1,342262	216,4802

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
B1D3	0,482755	132,1486
B2C1	0,924929	139,5372
B2C2	1,218329	176,1982
B2C3	1,152363	16,71423
B2D1	0,836474	94,16255
B2D2	1,157147	164,9976
B2D3	0,95554	28,85805
B3C1	0,885534	162,1383
B3C2	1,210705	205,8463
B3C3	0,619617	160,7245
B3D1	0,814339	114,0514
B3D2	1,092577	195,6747
B3D3	0,539335	105,7444
C1D1	0,821485	142,1242
C1D2	1,078942	189,0172
C1D3	1,113512	167,8108
C2D1	1,138022	153,7799
C2D2	1,283456	204,7741
C2D3	0,59641	199,1552
C3D1	1,138022	153,7799
C3D2	1,077889	284,0735
C3D3	0,566802	35,25623

Tabela 3.34 - Parâmetros com variáveis três e quatro variáveis condicionadas. "Dia da Semana", "Hora", "Clientes Afetados e "Potência Afetada"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
A1B1C1	1,1835	211,3341
A1B1C2	1,24785	206,6633
A1B1D1	1,02729	197,8403
A1B1D2	1,297365	212,5685
A1B1D3	0,466946	62,28748
A1B2C1	0,80584	115,4536
A1B2C2	1,221978	167,9203
A1B2D1	0,848625	84,03065
A1B2D2	1,103215	153,7316
A1B3C1	0,915949	148,2125
A1B3C2	1,333154	186,8168
A1B3C3	0,505183	30,61462
A1B3D1	0,762526	102,9102
A1B3D2	1,131968	176,001
A1B3D3	0,569946	122,0404
A1C1D1	0,782458	123,4112
A1C1D2	1,075749	176,0857
A1C2D2	1,280418	189,6185
A1C2D3	0,591125	176,0031
A1C3D3	0,521815	33,11068
A2B1C1	1,141481	209,2121
A2B1C2	1,360601	252,2456
A2B1D1	1,022836	199,4344
A2B1D2	1,20913	240,4056
A2B2C1	0,994243	168,6197
A2B2C2	1,055592	213,455
A2B2D1	0,829987	143,7929
A2B2D2	0,986333	196,2557
A2B3C1	0,77461	188,8587
A2B3C2	0,989935	260,6955
A2B3D1	0,697707	136,9157
A2B3D2	0,899794	241,5583
A2B3D3	0,468544	86,41442
A2C1D1	0,766952	152,941

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
A2C1D2	0,980984	215,6935
A2C2D2	1,111849	251,8121
A2C2D3	0,559311	307,495
B1C1D1	1,008945	195,5331
B1C1D2	1,279525	214,1637
B1C2D2	1,434696	218,5777
B1C2D3	1,077852	15,12825
B1C3D3	1,0413	21,48738
B2C1D1	0,741821	94,0693
B2C1D2	1,064392	153,062
B2C2D2	1,104862	175,5426
B3C1D1	0,74296	113,169
B3C1D2	0,934321	184,1586
B3C2D2	1,065361	221,6911
B3C2D3	0,764816	241,4285
B3C3D3	0,529202	24,68752
A1B1C1D1	1,063541	201,0166
A1B1C1D2	1,28743	213,1735
A1B1C2D2	1,452779	209,9458
A1B2C1D1	0,748162	82,43168
A1B2C1D2	1,041128	143,8235
A1B2C2D2	1,235002	162,7668
A1B3C1D1	0,765684	105,7693
A1B3C1D2	1,070782	164,8075
A1B3C2D2	1,3599	187,1253
A2B1C1D2	1,13497	232,794
A2B1C2D2	1,401968	242,9839
A2B2C1D1	0,820905	143,2722
A2B2C1D2	1,148835	174,808
A2B2C2D2	0,834455	214,4194
A2B3C1D1	0,679914	140,7359
A2B3C1D2	0,818845	219,4569
A2B3C2D2	1,033944	259,7307

3.3.4.3. Parametrizações de intervalos das variáveis Tipo de Incidente e Equipamento Afetado

Tabela 3.35 - Parâmetros para desaglomerados da variável "Tipo de Incidente"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
E1	2,1183	158,3891
E2	1,9054	6,5739
E3	1,4746	85,3551
E4	1,6801	165,5300
E5	1,4559	158,7361
E6	2,2016	152,0631
E7	1,4640	8,4588
E8	2,0306	181,4293
E9	1,3791	22,3415
E10	1,1603	221,3800
E11	2,0385	131,2997
E12	0,8585	49,4868
E13	0,6208	39,7459
E14	1,7607	198,7733
E15	1,3250	195,2404
E16	1,3469	56,3283
E17	1,5617	165,3323
E18	1,1872	18,2984
E19	6,2566	3,7762
E20	2,0630	243,0318
E21	2,2016	152,0631
E22	1,3267	9,7704
E23	1,3267	9,7704
E24	1,5875	223,1638
E25	1,2259	17,0370
E26	1,8878	89,4171
E27	1,3678	204,1496
E28	1,1292	9,3741
E29	1,3267	9,7704
E30	1,3267	9,7704
E31	2,2016	152,0631

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
E32	2,0982	248,7057
E33	1,3758	180,1368
E34	2,2016	152,0631
E35	1,3518	157,7114
E36	0,9964	23,6577
E37	1,0387	197,8944
E38	1,5881	166,3886
E39	1,3267	9,7704
E40	0,8512	261,0219
E41	1,8496	320,6640
E42	1,3267	9,7704
E43	2,4121	202,6975
E44	1,7198	165,4679
E45	2,2831	213,2558
E46	2,3882	5,6883
E47	1,0705	59,3203
E48	2,2016	152,0631
E49	1,8435	6,1860
E50	0,8021	100,0253
E51	1,3267	9,7704
E52	2,1268	7,0209
E53	2,5399	16,9794
E54	1,2809	38,1340
E55	1,4932	151,4341
E56	1,1621	12,2817
E57	0,8221	75,7359
E58	2,2016	152,0631
E59	1,9675	209,6551
E60	0,5901	203,7840
E61	0,6988	352,9082

Tabela 3.36 - Parâmetros para desaglomerados da variável "Equipamento Afetado"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
F1	2,6368	249,7425
F2	0,9100	68,0947
F3	1,3606	190,2582
F4	1,3606	190,2582
F5	0,9100	68,0947
F6	1,2374	120,9701
F7	0,9100	68,0947
F8	1,3606	190,2582
F9	0,9100	68,0947
F10	1,9129	111,5717
F11	0,9100	68,0947
F12	1,9579	111,0417
F13	1,3606	190,2582
F14	2,2021	257,9760
F15	1,8616	253,4429
F16	1,7103	264,7470
F17	1,9943	259,3515
F18	0,9100	68,0947
F19	0,9100	68,0947
F20	1,3606	190,2582
F21	1,3606	190,2582
F22	0,9100	68,0947
F23	0,9100	68,0947
F24	0,9100	68,0947
F25	2,2433	104,2448
F26	1,6585	115,3797
F27	2,2776	111,6266
F28	1,5433	117,8224
F29	1,6820	132,5013
F30	1,5753	160,5775
F31	1,4710	167,7525
F32	1,3606	190,2582
F33	0,9100	68,0947
F34	0,9100	68,0947
F35	0,9100	68,0947
F36	0,9100	68,0947
F37	0,9432	89,1367
F38	0,9100	68,0947
F39	0,7847	122,1270
F40	0,9100	68,0947
F41	1,8588	179,4423
F42	1,3606	190,2582
F43	1,3606	190,2582
F44	1,3606	190,2582
F45	1,3606	190,2582
F46	1,3606	190,2582
F47	0,9100	68,0947
F48	1,2062	222,3119
F49	1,9223	209,2032
F50	0,9100	68,0947
F51	0,7980	127,2493
F52	0,9100	68,0947
F53	1,1480	187,9432
F54	1,1778	108,8187
F55	1,1700	156,9112
F56	0,9056	195,0856
F57	1,7975	272,9091
F58	1,6408	235,7969
F59	1,3606	190,2582
F60	1,4509	193,0223
F61	1,0388	173,2458
F62	1,3606	190,2582
F63	1,3606	190,2582
F64	1,3606	190,2582
F65	1,3606	190,2582
F66	1,6567	326,2223
F67	1,3606	190,2582
F68	2,1388	271,3720
F69	1,3606	190,2582
F70	1,3606	190,2582
F71	0,9100	68,0947
F72	0,9100	68,0947
F73	1,3606	190,2582
F74	0,9100	68,0947
F75	0,9100	68,0947
F76	1,2564	210,4013
F77	1,3606	190,2582
F78	0,5206	63,6236
F79	1,3606	190,2582
F80	1,3606	190,2582
F81	0,9100	68,0947
F82	0,9100	68,0947
F83	1,3606	190,2582
F84	1,3959	148,7236
F85	0,9100	68,0947
F86	1,3606	190,2582
F87	1,8600	204,3709
F88	1,3606	190,2582
F89	1,6385	144,3097
F90	1,3606	190,2582
F91	1,3606	190,2582
F92	1,3606	190,2582
F93	1,3606	190,2582
F94	1,6735	144,7755
F95	0,9100	68,0947

3.3.4.4. Parametrizações de intervalos de variáveis condicionadas Tipo de Incidente e Equipamento Afetado

Tabela 3.37 - Parâmetros com variáveis condicionadas. "Tipo de Equipamento" e "Equipamento Afetado"

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
E1F15	2,4278	166,4786
E1F17	2,3548	170,2306
E1F66	5,3203	136,7269
E1F78	1,8161	98,3024
E2F78	2,0631	6,1132
E3F78	1,2726	88,5007
E4F15	2,6752	250,4087
E4F78	2,0565	129,5537
E5F78	1,4860	151,4833
E7F78	1,6041	7,3629
E8F78	1,8445	197,7521
E9F78	1,1306	19,7308
E10F78	0,8035	192,8270
E11F78	1,7451	133,4540
E12F78	0,8690	41,9067
E13F37	0,7885	25,7677
E13F39	0,6881	31,9333
E13F78	1,7361	7,6133
E15F78	0,8339	41,9565
E16F78	1,4739	54,0603
E17F10	1,9471	121,1395
E17F12	2,0981	114,8273
E17F15	1,8775	276,2529
E17F25	2,2246	111,3617
E17F26	1,8319	99,2471
E17F27	2,2390	112,5085
E17F29	2,4609	128,9757
E17F31	1,5394	168,8968
E17F41	1,9523	178,2689
E17F48	2,2463	253,4242
E17F57	2,2685	269,3210
E17F58	1,9146	225,6146
E17F76	1,9033	196,9637
E17F78	1,2678	170,6650
E17F87	2,1058	183,7108
E17F89	2,4329	155,9582
E18F78	1,4754	10,8454
E19F78	6,4513	3,7750

COD Externo	Parâmetros D. Weibull	
	K	A
E20F15	2,4848	260,9272
E20F48	1,3497	229,5535
E20F58	2,1240	251,1954
E20F76	2,3868	202,2172
E24F15	1,9754	257,8927
E24F17	2,3714	261,9251
E24F41	1,7448	159,4578
E24F48	1,6277	224,6838
E24F49	2,2946	203,3510
E24F76	1,6693	187,6204
E24F78	0,6076	162,1248
E25F78	5,3629	6,7797
E26F12	1,9316	88,6924
E27F15	1,8949	274,7177
E27F78	1,2648	138,0645
E33F78	0,9626	151,6505
E36F78	1,2599	20,9096
E44F78	1,6918	158,2212
E45F15	2,6442	223,2418
E46F78	2,6234	5,2066
E49F78	2,2464	7,2987
E50F78	1,0716	24,3946
E52F78	2,3306	6,5484
E53F78	2,4854	16,5682
E54F15	1,5327	60,9551
E54F48	1,8658	29,7716
E54F61	1,7324	42,0417
E54F76	0,9563	45,9380
E54F78	1,3546	31,9419
E56F41	2,5449	173,7302
E57F78	2,0873	5,4726
E60F78	0,4164	61,8175
E61F15	1,8079	391,3506
E61F17	2,9161	399,0980
E61F48	1,4112	350,1256
E61F49	1,8724	292,7315
E61F66	1,2884	802,5146
E61F78	0,5242	99,1593

Os valores apresentados nas tabelas anteriores, correspondem a todas as parametrizações realizadas e apresentam-se como a base do modelo de previsão de tempo estimado de duração de incidente. No próximo subcapítulo, será apresentado o modelo e o encaminhamento de processos até à obtenção do tempo estimado de incidente.

3.4. Modelo de Previsão de Tempo Estimado de Incidente

Esta dissertação tem como objetivo estabelecido, um modelo de previsão de tempos de incidentes. Até ao momento, toda a análise efetuada consistiu na identificação e parametrização da causalidade, das variáveis em função à duração de incidente. O modelo de previsão tem como base, as tabelas do subcapítulo 3.3.4. com todas as parametrizações realizadas.

O modelo de previsão inicia-se aquando a ocorrência de um incidente. Na presença deste, são recolhidas as informações que o caracterizam. A informação, que corresponde à identificação dia da semana, hora, clientes afetados, potência afetada, tipo de incidente, equipamento afetado e tempo atual da duração de incidente, entram no modelo de previsão de tempo estimado.

A informação inserida passa por um conjunto de processos que terá como resultado a previsão de tempo de incidente. Esse conjunto de processos, é o modelo, que pode ser representado pela seguinte figura.

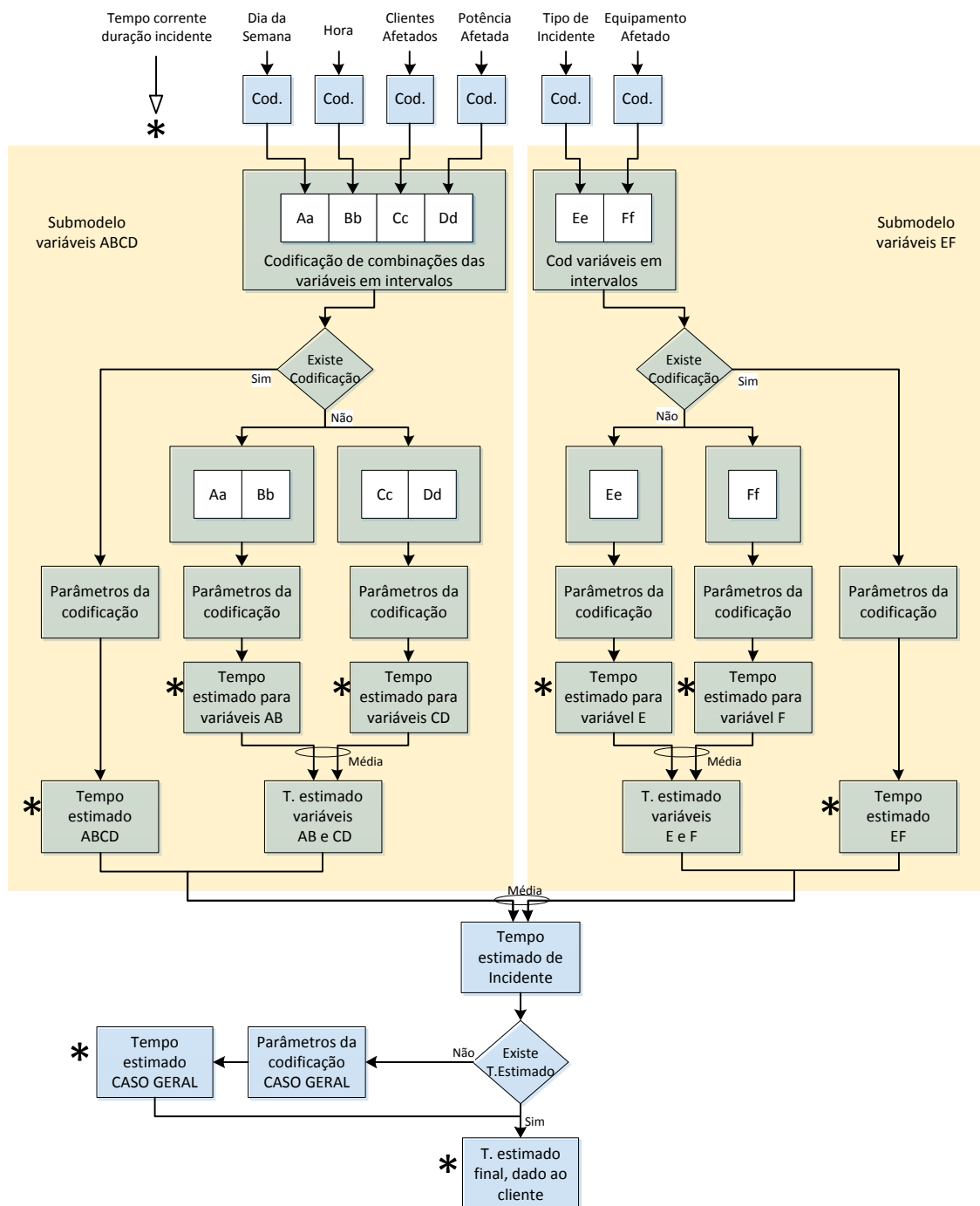


Figura 3.38 - Modelo de previsão de tempo estimado de incidente

Com a recolha de toda a informação possível, esta é inserida no modelo e codificada de forma individual. A codificação, corresponde à atribuição de um código que identifica a variável e o intervalo nos processos do modelo. Essa atribuição de códigos é feita com recurso as tabelas acima mencionadas.

Da codificação feita a cada variável, codificação individual, dá-se a posterior codificação com aglomeração de variáveis. É com a codificação aglomerada que o modelo de previsão de tempo se reparte, ficando desta forma representado por dois submodelos. A representação de processos para estes submodelos é distinta e por isso a sua análise será feita separadamente.

O primeiro submodelo contempla informação referente a “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”. Após a codificação para este conjunto de variáveis, o processo que se segue é a verificação da existência de parametrização para estas combinações de variáveis. As combinações bem como as suas parametrizações encontram-se representadas nas tabelas do subcapítulo 3.3.4..

No caso de existência de codificação, o processo seguinte será a identificação dos seus parâmetros e posterior cálculo do tempo estimado para o submodelo. Para cálculo do tempo estimado é necessário os parâmetros e o tempo corrente da duração de incidente.

Pode também suceder que não esteja representada uma parametrização para tal combinações de variáveis. Neste caso, a codificação que continha informação de todas as variáveis é desagregada em duas, a primeira contendo informação sobre “Dia da Semana” e “Hora” e a segunda com informação referente a “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”. A desagregação em dois grupos é suficiente visto que nas tabelas de codificação, todas as combinações para estas variáveis se encontram parametrizadas não sendo, neste caso, necessário a desagregação em codificações individuais. Para cada informação desagregada é recolhida a informação referente aos seus parâmetros e, juntamente com a informação de tempo corrente de duração de incidente, é calculado o seu tempo estimado. Com o tempo estimado de cada desagregação, é calculado o tempo estimado do submodelo, como sendo a média dos tempos estimados desagregados.

O segundo submodelo, apresenta informação corresponde às variáveis “Tipo de Incidente” e “Potência Afetada”. O funcionamento deste, apesar da distinção em submodelos, apresenta a mesma ordem de processos. Verifica-se a existência de codificação destas variáveis nas tabelas de codificação. Para o caso de existência, dá-se a parametrização e, posteriormente, o cálculo de tempo estimado do submodelo. No caso de inexistência de codificação, a informação é desagregada no seu intervalo elementar. Cada variável é caracterizada pelos seus parâmetros que juntamente com a informação de tempo corrente de duração de incidente, permite o cálculo do tempo estimado. Desta forma, o tempo do submodelo é dado pela média do tempo estimado de cada variável.

Com a presença dos tempos estimados de cada submodelo, a informação une-se no processo de “tempo estimado de incidente”. Este tempo estimado de incidente, é dado pela média dos valores de tempos estimados de cada submodelo. Neste processo, ocorre a previsão de tempo estimado de incidente com toda a informação inserida na entrada do modelo.

Este tempo estimado de incidente representa o valor final da previsão de duração de incidente. O objetivo deste modelo é dar uma resposta ao cliente do tempo que falta até ser restabelecida a energia, por isso, o valor final apresentado pelo modelo será dado pela diferença do “Tempo estimado de Incidente” e do valor de “Tempo corrente de incidente”, no processo “Tempo estimado final, dado ao cliente”.

Antes do valor final apresentado ao cliente, há uma verificação feita pelo modelo para um caso particular de não existência de informação na entrada do modelo. Quando o processo “Tempo estimado de incidente” toma um valor, o objetivo de informar o cliente sobre o mesmo está pronto a ser satisfeito passando-se para a fase “tempo estimado final dado ao cliente”. Aquando a não inserção de qualquer informação na entrada do modelo, o processo “Tempo estimado de incidente” não toma qualquer valor não sendo possível elucidar o cliente do tempo que demorará a reposição do serviço. Nesse caso, será calculado

o tempo estimado de incidente, recorrendo à parametrização do caso geral e posterior cálculo de “Tempo estimado final dado ao cliente”.

O modelo calcula o tempo estimado entre variáveis condicionadas com a média de tempo de cada uma dessas variáveis. Com este cálculo pressupõem-se a existência de valores de tempo estimado, um para cada variável. No entanto, se não existirem esses dois valores de tempo estimados, o modelo retorna ao valor que tem, proveniente apenas de uma variável, sem efetuar a média. Isso acontece só na fase de cálculo do valor de tempo estimado de incidente. Vamos supor que a informação de entrada diz referência à variável “Dia da Semana” e “Hora”. Esta informação a entrar no modelo será sujeita a verificação da existência de parametrização. Como as variáveis são o “Dia da Semana” e “Hora”, existe codificação pois estão parametrizados todos os intervalos para as combinações desta variável. Assim sendo é verificada a condição, atribuídos os parâmetros e calculado o tempo estimado. O próximo processo seria a realização da média com o valor de tempo estimado dado pelas variáveis “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”. No entanto, se o modelo não possuir os dois valores para a realização da média, não retoma, nesta fase, qualquer valor anterior existente. Neste caso não se realiza a média mas o valor de tempo estimado para as variáveis “Dia da Semana” e “Hora”, correspondem ao “Tempo estimado de Incidente”.

Os processos de aplicação de modelo, serão realizados no próximo subcapítulo com a explicação de todos os tempos estimados, em função das informações de entrada no modelo.

3.5. Aplicação do Modelo Tempo Estimado

Neste subcapítulo simula-se a ocorrência de um incidente com recurso à aplicação do modelo de previsão de tempos de incidentes supra descrito.

Na entrada do modelo, está o tempo corrente de duração de incidente e a informação que o caracteriza, especificando o “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência Afetada”, “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”.

Com a simulação, pretende-se a representação dos processos do modelo para diferentes tipos de informação na entrada. Como tal, vai-se supor a chegada de informação a tempos distintos e será calculado o tempo estimado.

3.5.1. Avaliação de tempos e informação

Os valores de chegada de informação bem como os tempos estimados, são valores atribuídos não se tratando de representar algum incidente dos registos.

A informação que caracteriza o incidente, chega pela seguinte ordem cronológica.

Tabela 3.38 - Tempo de chegada da informação ao modelo

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo
GERAL	0	[GERAL]
AB	2	[AB]
CD	5	[ABCD]
E	15	[ABCD] e [E]
F	20	[ABCD] e [EF]

A tabela acima representa a chegada de informação para aplicação do modelo. Inicialmente, apresenta-se o caso geral. Na realidade, este caso não é apresentado mas na ausência de qualquer informação são os parâmetros do caso geral que são utilizados para previsão de duração de incidente.

A próxima informação a chegar é de 2 minutos e corresponde ao “Dia da Semana” e “Hora”. Poder-se-ia criar uma simulação separada para cada uma das variáveis, no entanto, tendo em conta que se pretende representar um incidente, esta combinação de informação é o caso mais usual. O modelo vai buscar os parâmetros referentes à combinação destas variáveis e é, por aplicação do modelo, apresentado o tempo previsto de duração de incidente.

Passados três minutos, a informação referente às variáveis “Clientes Afetados” e “Potência Afetada” dão entrada no modelo. A chegada em conjunto desta informação deve-se ao facto de esta ser dada pelo software em simultâneo. O modelo, neste ponto, apresentará um tempo estimado com recurso à informação de “Dia da Semana”, “Hora” e “Clientes Afetados”, “Potência Afetada”.

Aos quinze minutos há mais uma informação a inserir no modelo relativa à identificação do tipo de incidente. Nova simulação de tempos é realizada, juntando à informação anterior o “Tipo de Incidente”.

Por fim, aos vinte minutos chega a informação do equipamento afetado. Com esta informação temos toda a caracterização do incidente em todas as variáveis modelizadas para o modelo de previsão de duração de incidente. Informação referente a “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência Afetada” e de “Tipo de Incidente”, “Equipamento Afetado”, foi, então, a entrada no modelo.

3.5.2. Caso Prático

Agora, apresentamos um tipo de incidente, atribuindo a informação para o caracterizar. Para cada chegada de informação, será calculado o tempo estimado de incidente.

3.5.2.1. Sem informações do incidente

Na ocorrência de um incidente sem qualquer informação, o modelo estima o tempo de previsão para o caso geral. Nestas situações, a informação de entrada é unicamente o “tempo decorrente da duração de incidente” estabelecido em zero. Na inexistência de outra informação, todo o modelo não apresentará qualquer valor de tempo estimados e a verificação do modelo para “Existe Tempo Estimado” retoma negativamente sendo realizado o tempo estimado com recurso aos parâmetros do “Caso Geral”.

Tabela 3.39 - Tempo estimado de incidente para o "Caso Geral"

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo	Parâmetros		Tempo estimado codificação	Tempo estimado incidente
			K	A		
GERAL	0	[GERAL]	0,9997	195,0508	135,18	135,18

Com realização de cálculo de tempo estimado, sem variáveis, são utilizados os parâmetros iniciais e o valor de tempo estimado é de 135,18 minutos de incidente.

3.5.2.2. Informação de "Dia da Semana" e "Hora"

A chegada de informação referente ao "Dia da Semana" e "Hora" ocorre aos dois minutos. A informação dá referência de que se trata de um incidente que ocorreu ao fim de semana, às 10 horas. Será esta a informação de entrada do modelo, este codificará as variáveis que serão identificadas como "A2" e "B2". O próximo processo é a verificação da existência da combinação desta informação. Pela análise da tabela acima, podemos verificar que existem combinações para estas variáveis. A verificação é então validada, sendo atribuído os parâmetros e posteriormente calculado o tempo estimado. Como este representa o único tempo estimado, é apresentado como tempo final do modelo. Transcrevendo a informação para a tabela, o modelo apresenta as seguintes informações:

Tabela 3.40 - Tempo estimado de incidente com variáveis "Dia da Semana" e "Hora"

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo	Parâmetros		Tempo estimado codificação	Tempo estimado incidente
			K	A		
[A2B2]	2	[A2B2]	1,0788	185,7493	133,58	133,58

Com a informação inserida, o tempo estimado de incidente é de 133,58 minutos.

3.5.2.3. Chegada de informação de "Clientes Afetados" e "Potência Afetada"

À informação chegada anteriormente acrescenta-se, agora, a relativa a clientes e potência afetada pelo incidente. Estas apresentam respetivamente, valores de 12500 clientes e de 33000 MW. Com a chegada desta informação, aos 5 minutos, o modelo de tempo de previsão de duração de incidente é novamente aplicado.

A informação presente de entrada no modelo, é codificada sendo a codificação representada na seguinte forma A2B2C3D3 (codificação atribuída segundo a estabelecida na tabela acima mencionada).

O processo de verificação para esta codificação, diz-nos que não existe parametrização para as especificações deste incidente. Perante esta situação, o procedimento seguinte é a desaglomeração da codificação em dois intervalos constituídos por AB ("Dia da Semana", "Hora") e CD ("Clientes Afetados", "Potência Afetada"). Para cada desaglomerado é feita a previsão de tempos estimados. Como final do processo de análise, dá-se a previsão final de tempo de incidente realizando a média dos tempos estimados encontrados para o desaglomerar da codificação.

Tabela 3.41 - Tempo estimado de incidente com variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo	Parâmetros		Tempo estimado codificação	Tempo estimado incidente
			K	A		
[A2B2C3D3]	5	[A2B2]	1,0788	185,7493	135,82	86,28
		[C3D3]	0,5668	35,2562	36,74	

Do processo o valor final estimado de incidente é de 86,28 minutos.

3.5.2.4. Chegada de informação de “Tipo de Incidente”

Sempre que seja solicitada a previsão de tempos até ao minuto 15 de incidente, o modelo anterior é aplicado sendo que o que vai fazer variar a previsão de tempo estimado, é o valor de tempo de incidente já decorrido até à entrada da informação no modelo que vai ser atualizado para o tempo corrente de incidente. Ao minuto 15 de tempo de ocorrência de incidente, chega a informação referente ao “Tipo de Incidente” identificando-o como “Defeito de Isolamento”. Com a chegada de nova informação, a aplicação do modelo é requerida com a introdução desta informação.

Pela estrutura do modelo apresentada na Figura 3.38, podemos comprovar que a informação referente ao “Tipo de Incidente” é processada num submodelo diferente da restante informação inserida até ao momento. Assim, o cálculo do tempo estimado mencionado anteriormente, é efetuado no submodelo de codificação de variáveis ABCD. O modelo é processado como descrito no subcapítulo 3.5.2.3., mas com o tempo corrente de duração de incidente de 15 minutos, encontrando desta forma o tempo final para o submodelo de variáveis ABCD.

A informação de “Tipo de Incidente”, é processada no submodelo de codificação de EF. Esta informação é codificado e verificada se já existe codificação. A verificação é validada, são atribuídos parâmetros à informação, e estimado o tempo final do submodelo EF.

Dos tempos finais de cada submodelo é estimado o tempo de incidente, que corresponde à média dos tempos estimados dos submodelos.

Desta análise é importante reter os valores apresentados na seguinte tabela resumo:

Tabela 3.42 - Tempo estimado de incidente com variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência Afetada” e “Tipo de Incidente”

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo	Parâmetros		Tempo estimado codificação	Tempo estimado incidente
			K	A		
[A2B2C3D3] e [E17]	15	[A2B2]	1,0788	185,7493	143,92	116,95
		[C3D3]	0,5668	35,2562	56,71	
		[E17]	1,5617	165,3323	133,58	

Do descrito e da informação da tabela, o tempo final de 116,95 minutos, é dado pela média do submodelos ABCD e CD (de notar que o valor estimado de incidente do submodelo ABCD é dado pela média de tempos estimados de AB e CD).

3.5.2.5. Chegada de informação de “Equipamento Afetado”

A informação sobre “Equipamento Afetado” chega ao minuto 20 de tempo de ocorrência de incidente, e com esta temos todas as variáveis de entrada do modelo. O “Equipamento Afetado” a substituir corresponde a um “Cabo de isolamento seco MT” com código [F12].

O incidente a exemplificar ocorreu num fim de semana, às 10 horas afetando 12500 clientes e a potência de 33000 MW. No incidente foi identificado o defeito de isolamento que levou à substituição de um cabo de isolamento seco MT.

Pela mesma razão do explicado no subcapítulo 3.5.2.4., a presença de informação referente ao “Equipamento Afetado”, afeta simplesmente o submodelo EF, do modelo de previsão de tempos de duração de incidente. Por este motivo, o submodelo ABCD apresenta iguais processos aos descritos no subcapítulo 3.5.2.3., com tempo corrente de duração de incidente de 20 minutos.

O submodelo EF, contempla informação referente ao “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”. A entrada desta informação é codificada e posteriormente dá-se a verificação da existência da codificação [E17F12]. Pela análise da tabela acima, podemos verificar que existe a parametrização para esta codificação, retomando válida a condição. Posteriormente, é parametrizada a codificação e realizado o cálculo de tempo estimado para o submodelo EF.

Com os valores de tempos estimados dos submodelos ABCD e submodelo CD, calcula-se o tempo estimado de incidente realizando-se a média dos tempos estimados dos submodelos.

Os valores de tempos e seus parâmetros estão expressos na tabela seguinte.

Tabela 3.43 - Tempo estimado de incidente com variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência Afetada”, “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”.

Informação das Variáveis	Tempo de chegada da informação (minutos)	Informação a simular no modelo	Parâmetros		Tempo estimado codificação	Tempo estimado incidente
			K	A		
[A2B2C3D3] e [E17F12]	20	[A2B2]	1,0788	185,7493	148,15	102,42
		[C3D3]	0,5668	35,2562	65,32	
		[E17F12]	2,0981	114,8273	98,10	

O valor tempo de incidente a apresentar com a aplicação do modelo, é de 102,42 minutos.

Até ao momento, os valores apresentados representam o tempo estimado de incidente. A informação a dar aos clientes, passa pela subtração do “tempo corrente duração de incidente” ao valor de “tempo estimado de incidente”, valor que é apresentado no último processo do modelo de previsão de tempos de incidente.

3.5.3. Representação gráfica do modelo com todas as variáveis

O modelo apresentado com informação de todas as variáveis no subcapítulo 3.5.2.5., será agora demonstrado com todos os valores obtidos na aplicação do modelo de duração de tempos de incidentes.

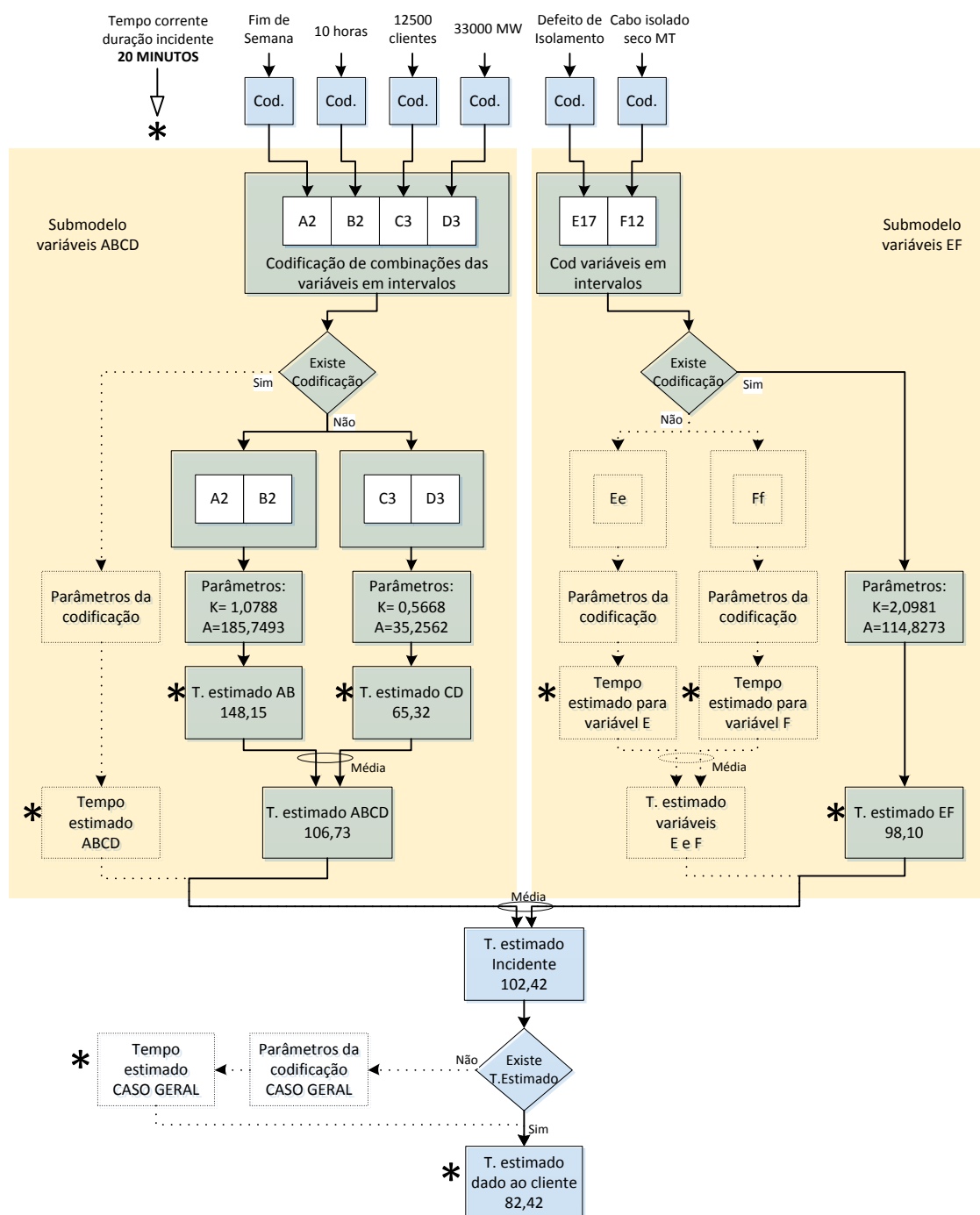


Figura 3.39 - Processos realizados para a previsão do tempo estimado do subcapítulo 3.5.2.5.

A figura acima representa os processos realizados com a informação das variáveis analisadas no subcapítulo 3.5.2.5.. Os processos sem preenchimento, não se realizam na presença desta combinação de variáveis na entrada, sendo o tempo estimado de incidente dado pelos restantes processos.

A partir do minuto 20, com toda a informação de variáveis à entrada, o percurso de processos no modelo será dado pela figura anterior. A entrada que varia depois do minuto 20, é o “tempo corrente duração de incidente”, mantendo inalteráveis os processos e valores de parâmetros.

Temos, assim, presente a informação de tempo estimado dado ao cliente. Esta apresenta o valor de 88,42 minutos. Aquando o contacto do cliente, esta informação é a que será transmitida como o valor estimado para a resolução do incidente.

3.5.4 Evolução dos tempos estimados em função das variáveis

Pelo exemplo criado, podemos notar a versatilidade do modelo na previsão de vários tempos estimados. Tempos estes que são estimados pela influência de informação de entrada de variáveis no modelo. O incidente representado acima tem tempo de duração estimado em 104 minutos.

Neste subcapítulo, pretende-se fazer uma análise crítica dos tempos estimados, com o cálculo de erro (diferença entre o tempo real e tempo previsto), verificando a evolução destes no decorrer do tempo de duração de incidente.

O levantamento de todos os tempos estimados, variáveis e tempo de aplicação do modelo, encontram-se sintetizadas na tabela seguinte:

Tabela 3.44 - Tempos estimados em função das variáveis de entrada do modelo

COD. Tempo estimado	Tempos de aplicação do modelo	Variáveis de entrada	Tempo estimado de incidente	Erro
Test1	0	GERAL (S/info.)	135,18	31,18
Test2	2	[A2B2]	133,58	29,58
Test3	5	[A2B2C3D3]	86,28	-17,72
Test4	15	[A2B2C3D3E17]	116,95	12,95
Test5	20	[A2B2C3D3E17F12]	102,42	-1,584

Os tempos estimados de incidentes obtidos, apresentam a seguinte distribuição gráfica:

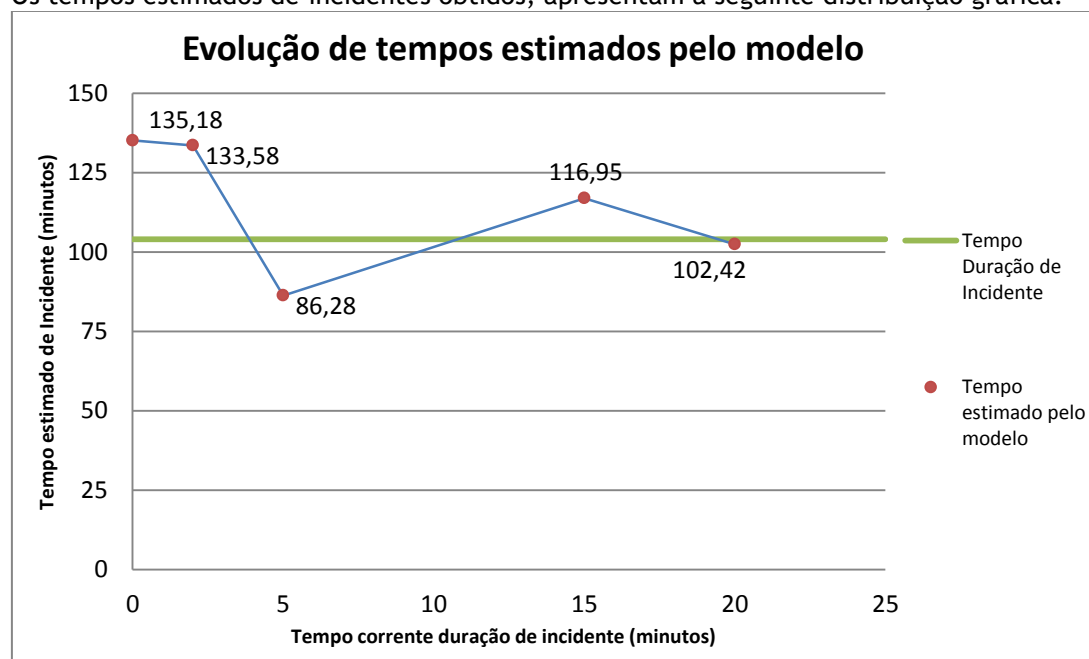


Figura 3.40 - Evolução de tempos estimados

Podemos observar que com a evolução temporal do incidente, existe uma aproximação ao tempo de duração de incidente. Assim, concluímos que quanto maior o número de informação inserida no modelo de previsão de tempos estimados de incidentes, melhor será a previsão.

Essa conclusão é fundamentada com os valores apresentados do erro, que demonstram uma diminuição aquando a entrada de uma informação. Desta forma, concluímos que a ordem de “previsão” de tempos estimados é dada da seguinte forma.

$$T_{est\ MOD} \geq T_{est\ quaisquer} \geq T_{est\ G} \quad (3.6)$$

$$T_{est\ ABCD} \geq T_{est\ AB} \quad (3.7)$$

$$T_{est\ ABCD} \geq T_{est\ CD} \quad (3.8)$$

$$T_{est\ EF} \geq T_{est\ E} \quad (3.9)$$

$$T_{est\ EF} \geq T_{est\ F} \quad (3.10)$$

Sendo que:

- $T_{est\ G}$ – Tempo estimado obtido sem a presença de qualquer informação. Parâmetros de simulação referentes ao “Caso Geral”
- $T_{est\ AB}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Dia da Semana” e “Hora”
- $T_{est\ CD}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”
- $T_{est\ ABCD}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”
- $T_{est\ E}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Tipo de Incidente”
- $T_{est\ F}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Equipamento Afetado”
- $T_{est\ EF}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”
- $T_{est\ MOD}$ – Tempo estimado obtido com a informação de todas as variáveis.
- $T_{est\ quaisquer}$ – todos tempos estimados à exceção de $T_{est\ MOD}$ e $T_{est\ G}$

Idealmente, a previsão dos tempos estimados deverá ter maior precisão quanto maior o número de informação. A previsão com todas as variáveis deverá ser a mais precisa e a previsão realizada sem informação de variáveis deverá ser a menos precisa.

Com o mesmo idealismo, a informação referente a combinação de variáveis, deveria apresentar melhor informação que a previsão dos seus desaglomerados.

O modelo criado de tempo de previsão de incidente, será no próximo capítulo, alvo de testes onde se obterão conclusões face ao idealismo apresentado acima.

Capítulo 4

Validação do Modelo de Previsão Tempo Incidente

4.1. Introdução

A finalidade do presente estudo é obter, através do modelo criado, uma correspondência entre os valores previstos e os valores reais de duração do incidente, numa aproximação linear, tal como apresentado na Figura 3.1. Da aplicação do modelo, é possível extrair o gráfico de correspondência entre o tempo estimado e o real, a seguir apresentado.

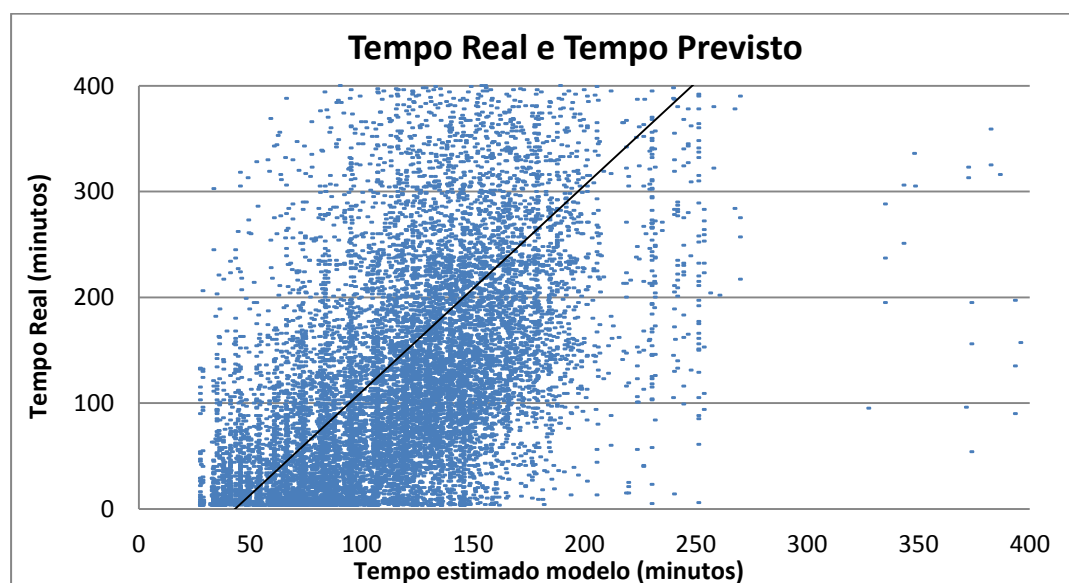


Figura 4.1 - Correspondência dos tempos estimados aos tempos reais

Da observação do gráfico, conclui-se que já há uma tendencial correspondência entre os valores de tempo estimados e o tempo real. A aproximação linear visível no gráfico é tendencial porque existe ainda uma gama de valores a variar à volta desta. Quanto menor essa variação, melhor o modelo de previsão.

Neste capítulo, e através da realização de indicadores, procede-se à avaliação da variação de valores entre o tempo real e o tempo estimado pelo modelo.

Numa primeira fase de validação do modelo, será efetuada a aplicação do modelo para os dados de registo de 2010 e 2011. Estes testes têm particular interesse pois foram estes registos que serviram como base para a criação do modelo de previsão de tempo de incidente. Assim sendo, pretende-se verificar a exatidão do modelo com a verificação do cálculo do erro entre o tempo estimado dado pelo modelo e o tempo real.

Numa segunda fase de testes, realiza-se a aplicação do modelo criado aos incidentes registados no ano de 2012. Com esta fase de testes, pretende-se a aplicação do modelo a registos que não constam na construção do modelo de previsão. A verificação dos erros associados a estes novos registos facultará a avaliação do modelo de previsão.

4.2. Indicadores de validação

A validação do modelo será efetuada com o recurso a indicador de erro global entre o tempo real e o tempo estimado pelo modelo.

Faz-se a previsão dos vários tempos estimados, que representam a aplicação do modelo para diferentes tipos de informações de variáveis inseridas. Com o cálculo do erro para cada tempo estimado, pretende-se tirar conclusões referentes a qual a informação com mais precisão e influência no modelo.

O cálculo de tempos estimados, passa pela aplicação do modelo da Figura 3.38 para cálculo de tempo de previsão de incidentes. Para os testes a aplicação do modelo ficará pelo processo “Tempo estimado de Incidente” pois, o que pretendemos é a comparação do valor de duração total de incidente com o tempo duração real. O valor final do modelo dá a informação de tempo que falta até à reposição de serviço, sendo um valor parcial da duração de incidente e por isso não utilizado.

Os tempos estimados terão bases de cálculo assentes em diferentes informações pois, pretende-se a simulação do modelo para diferentes tipos de situações. Serão calculados os seguintes tempos estimados:

- $T_{est\ G}$ – Tempo estimado obtido sem a presença de qualquer informação. Parâmetros de simulação referentes ao “Caso Geral”
- $T_{est\ AB}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Dia da Semana” e “Hora”
- $T_{est\ CD}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”
- $T_{est\ ABCD}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”
- $T_{est\ E}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Tipo de Incidente”
- $T_{est\ F}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Equipamento Afetado”
- $T_{est\ EF}$ – Tempo estimado obtido com a informação referente à variável “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”
- $T_{est\ MOD}$ – Tempo estimado obtido com a informação de todas as variáveis.

Para cada tempo estimado, calcula-se o erro associado. O cálculo do erro é dado pelo somatório do módulo da diferença entre o tempo real e o tempo estimado. O erro pode ser representado pela seguinte expressão:

$$Erro = \sum_{n=1}^{n=n} |T_{real} - T_{est V}| \quad (4.1)$$

- n – Número de registo a aplicar o modelo
- T_{real} – Tempo real do incidente
- $T_{est v}$ – Tempo estimado pela variável “V”. A variável “V” corresponde aos tempos estimados mencionados anteriormente para validação do modelo.

Chegados ao valor de erro para cada tempo estimado, já nos é possível averiguar qual dos tempos apresenta maior erro e qual o mais exato. Destas ilações, correlacionadas com a informação de entrada para cada tempo estimado calculado, pretende-se verificar qual a informação que é mais precisa no modelo.

O processo de validação pode ser apresentado recorrendo ao seguinte fluxograma:

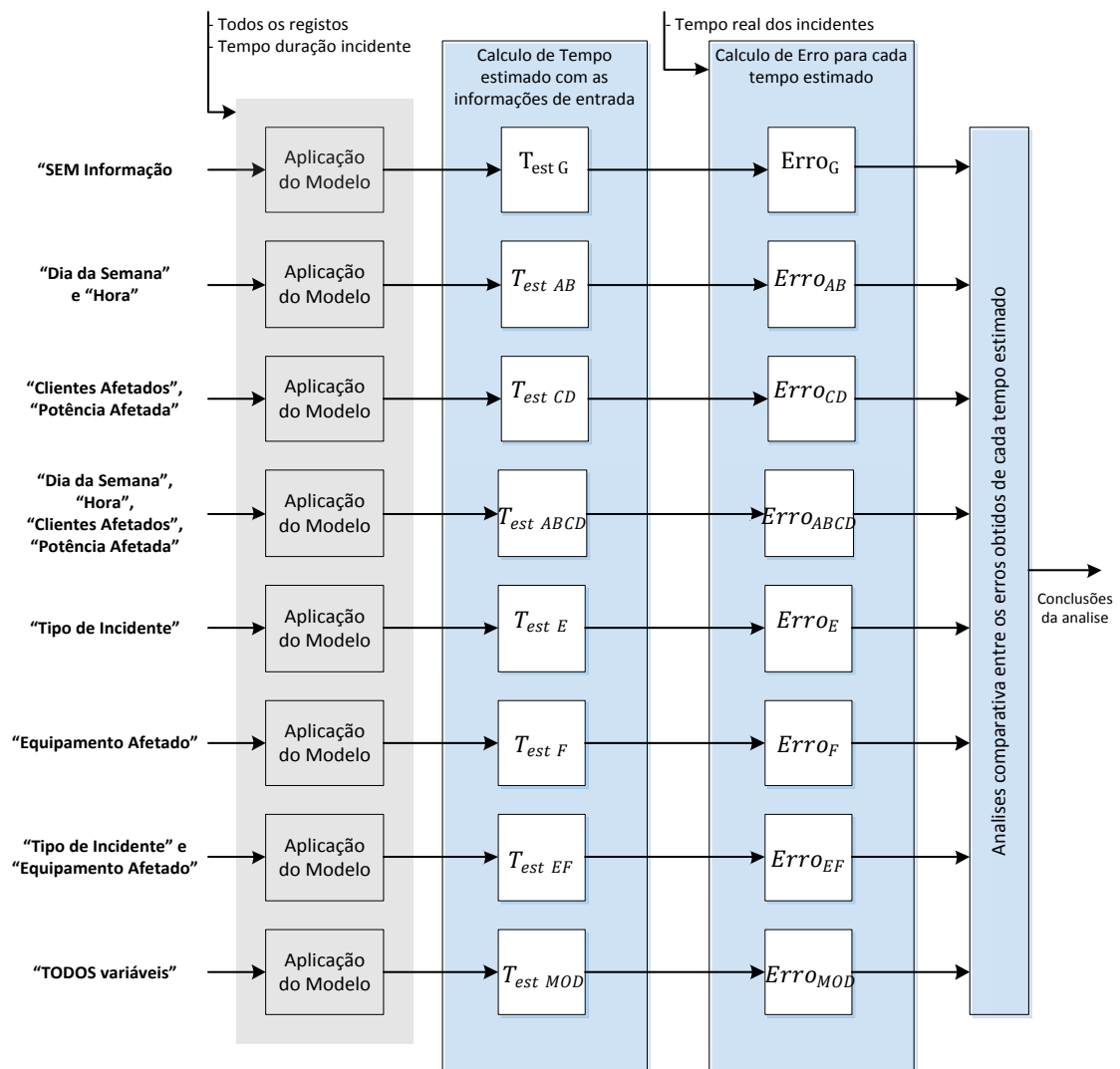


Figura 4.2 - Modelo de testes do modelo de tempos estimados de incidente

Da análise dos erros, afere-se que, quanto maior a informação inserida no modelo melhor a previsão de tempos de incidente, ou seja, menor o erro apresentado. Pois quanto mais informação tiver o modelo de previsão de tempos de incidentes, melhor caracterizado está o incidente, referindo uma situação mais específica para cada registo. Desta forma, podemos concluir que os erros estimados devem possuir a seguinte ordem de valores:

$$Erro_{MOD} \leq Erro \text{ (todos os restantes)} \quad (4.2)$$

$$Erro_{ABCD} \leq Erro_{AB} \quad (4.3)$$

$$Erro_{ABCD} \leq Erro_{CD} \quad (4.4)$$

$$Erro_{EF} \leq Erro_E \quad (4.5)$$

$$Erro_{EF} \leq Erro_F \quad (4.6)$$

$$Erro \text{ (todos os restantes)} < Erro_G \quad (4.7)$$

Com o processo de cálculo de erros e as conclusões a se verificar, será aplicado o modelo e apresentadas as conclusões.

4.3. Fase 1 - Registos de 2010 e 2011

A fase 1 corresponde à aplicação do modelo de cálculo de erro, descrito no subcapítulo anterior, a todos os registos de 2010 e 2011. Estes registos correspondem aos registos utilizados para a criação de todos as parametrizações usadas como base do modelo de previsão de tempos de incidente.

A fase 1 de validação de testes, apresenta-se dividida em várias análises.

4.3.1. Fase 1.1 - Aplicação do modelo a todos registos

Nesta fase procede-se a aplicação do modelo de erro apresentado pela Figura 4.2, a todos os registos de 2010 e 2011 sem exceção. Os tempos estimados pelo modelo, tiveram como entradas as informações das variáveis e o tempo corrente de incidente com valor zero. Os valores para os erros estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.1 - Testes fase 1 - Valores de erros com todos os registos

1.ª Previsão do Modelo Tempo Estimados			
Variáveis	Erro (Minutos)	Valores normalizados	Variáveis de entrada no modelo de tempos estimados de incidentes
GERAL	107,88	0,7574	Sem variáveis
AB	109,23	0,7669	Variáveis “Dia da Semana”(A) e “Hora” (B)
CD	108,59	0,7624	Variáveis “Clientes Afetados”(C) e “Potencia Afetada”(D)
ABCD	107,36	0,7537	Variáveis “A”, “B”, “C” E “D”
E	90,34	0,6343	Variável “Tipo de Incidente” (E)
F	88,43	0,6209	Variável “Equipamento Afetado” (F)
EF	76,50	0,5371	Variáveis “E” e “F”
TODAS	88,18	0,6191	Todos as Variáveis

Da análise da tabela, verificamos que o pressuposto de ordem de erros não se verifica. O erro para o caso geral apresenta menor valor que o erro apresentado com as variáveis “Dia da Semana”, “Hora” (AB) e o erro de “Clientes Afetados”, “Potência Afetada” (CD). Com a análise destes valores, podemos concluir que não existe tanta correlação destas variáveis com o tempo de incidente quanto se pressupunha inicialmente. No entanto, a condição de erro para as quatro variáveis em conjunto, apresenta melhor valor que o erro delas em separado, o que faz com que se conclua que quanto mais abundante for a informação, melhor será o tempo de previsão do modelo. Para o caso de erro das combinações destas quatro variáveis, obtemos um erro inferior ao do caso geral, ainda que seja uma ligeira melhoria.

No caso de erro obtido com as variáveis “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”, verifica-se que é um erro muito inferior ao apresentado pelas variáveis anteriores. E para a combinação destas duas variáveis, obtemos mesmo o menor erro. Na presença destes valores, verificamos a correlação existente entre estas variáveis e o tempo de incidente, fazendo destas variáveis de grande influência na duração de incidente.

A aplicação do modelo com a inclusão de toda a informação, apresenta um valor de erro baixo relativamente aos restantes apresentados, mas não o melhor como foi pressuposto. A explicação para tal fato, deve-se ao tempo de simulação do modelo. A aplicação do modelo para cálculo de tempos estimados, teve como tempo inicial de simulação “zero” minutos, significando que a simulação se realizou no mesmo momento de ocorrência do incidente. Tal situação nunca irá ocorrer sendo que a aplicação do modelo de tempo estimado de incidente é um processo a realizar após o contacto feito pelo cliente.

Outro fundamento explicativo, é o fato do modelo possuir toda a informação do incidente para o instante inicial. Na realidade isso não ocorre pois variáveis como “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado” pressupõem um tempo de localização e identificação. Ao inserir tal informação no modelo no instante inicial “zero”, este apresentará valores de erro melhores de que se essa informação só tivesse sido inserida posteriormente.

A tabela acima, apresenta uma coluna intitulada de “Valores Normalizados”, que corresponde ao quociente do erro e o valor médio de tempos de incidente de registos. Para este caso, o valor médio de tempos de incidente dos registos é de 142,43 minutos. Esta coluna apresenta a mesma informação que o erro, mas tem a vantagem de poder comparar os

erros desta fase de testes com os erros de outros testes, tal como será feito mais à frente no seguimento desta análise.

4.3.2. Fase 1.2 - Aplicação do modelo a registo sem extremos

Na apresentação dos erros tendo como referência todos os registos, análise feita anteriormente na “Fase 1.1”, há um grande erro associado a cada tempo estimado. O modelo de previsão criado, é um modelo generalista sendo que a previsão para tempos de incidentes muito pequenos ou muito elevados, é inconclusiva e apresenta um grande erro face ao tempo estimado. No entanto, na prática, o modelo de previsão não será utilizado em tais intervalos. Pois para casos de incidentes de curta duração (considera-se incidentes com duração inferior a 10 minutos) o cliente possivelmente não entrará em contacto não sendo necessária a previsão. Para casos de incidentes com longa duração (considera-se incidentes com duração superior a 400 minutos), é um incidente de exceção, que pode conter vários equipamentos afetados não sendo possível ao modelo de tempos de incidente detetar tais situações. Pelo exposto, esta fase de testes, corresponde a uma análise de erros com informação de registos filtrados entre os 10 minutos e os 400 minutos.

4.3.2.1. Aplicação do modelo 1.^a vez

Com a aplicação do modelo para os registos filtrados entre 10 e 400 minutos, ficamos com 10297 registos de incidentes com tempo médio por incidente de 142,92 minutos, e da análise de tempos estimados ficamos com a seguinte tabela de erros.

Tabela 4.2 - Testes fase 1 - Aplicação do modelo a 1.^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos.

Variáveis	1. ^a Previsão do Modelo Tempo Estimados	
	Erro (minutos)	Valores normalizados
GERAL	73,22	0,5123
AB	72,68	0,5086
CD	73,74	0,5159
ABCD	73,01	0,5108
E	72,03	0,5040
F	73,18	0,5120
EF	66,87	0,4679
TODAS	63,00	0,4408

Este caso representa um caso particular da análise feita na “Fase 1.1”. É a apresentação de todos registos com filtros nos extremos ([10;400]). Como era de prever, a eliminação dos extremos faz com que a previsão do tempo estimado seja mais precisa, e por isso nesta fase obtemos um erro inferior ao erro apresentado na “Fase 1.1”.

Da observação da tabela, verifica-se que, para esta fase, os valores de erros para os diversos tempos estimados já se encontram mais próximos. À semelhança da análise feita anteriormente, concluímos que o tempo estimado para o modelo geral apresenta valor de erro melhor que o tempo estimado com as variáveis “Dia da Semana” e “Hora”, confirmando-

se mais uma vez a não correlação entre estas variáveis e a variável duração de incidente. Podemos ainda verificar que a previsão para o tempo estimado das variáveis em conjunto de “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado” apresenta melhor valor que o erro do tempo estimado nos seus individuais. Para conclusão da análise, comprova-se que, efetivamente, o tempo estimado com a inclusão de todas as variáveis, é o melhor tempo pois apresenta um menor erro comparativamente com os restantes analisados.

A aplicação do modelo de previsão de tempos estimados, apresenta erros como foram descritos. Esse erro (diferença entre o tempo real e tempo estimado) pode ser por excesso, quando o tempo estimado é maior que o tempo real, ou por defeito, quando o tempo estimado é menor que o tempo real. Neste último, o incidente ainda não se encontra resolvido o que leva a uma aplicação do modelo de previsão de tempos de incidente pela segunda vez. Essa aplicação do modelo pela segunda vez será analisada no subcapítulo seguinte.

4.3.2.2. *Aplicação do modelo pela 2.ª vez*

Aquando a não resolução do incidente no tempo estimado para este, a aplicação do modelo pela segunda vez é requerida. O procedimento a adotar, consiste na realização de um filtro a todos os incidentes que contenham tempo real maior que o tempo estimado pelo modelo na primeira vez. Com a realização deste filtro, verificou-se que 5304 registos ainda não tinham sido resolvidos, apresentando um valor de tempo médio por incidente de 204,11 minutos. Para estes casos filtrados, foi novamente aplicado o modelo uma primeira vez, de forma a comparar valores com a aplicação do modelo pela segunda vez.

A aplicação do modelo para a previsão de tempo de incidente pela segunda vez, apresenta para entrada o “tempo corrente de duração” (valor a inserir no modelo, verificar na Figura 3.38), não um tempo global (como anteriormente o tempo de valor zero minutos), mas o tempo específico dado para cada registo na aplicação do modelo pela primeira vez.

A consecutiva aplicação do modelo por duas vezes, apresenta os seguintes valores de erros discriminados na tabela seguinte.

Tabela 4.3 - Testes fase 1 - Aplicação do modelo a 2.ª vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos

Variáveis	1.ª Aplicação do Modelo Tempo Estimados		2.ª Aplicação do Modelo Tempo Estimados	
	Erro (minutos)	Valores normalizados	Erro (minutos)	Valores normalizados
GERAL	95,81	0,4694	76,45	0,3745
AB	83,27	0,4079	72,93	0,3573
CD	88,19	0,4321	68,49	0,3356
ABCD	87,28	0,4276	69,83	0,3421
E	89,70	0,4395	73,75	0,3613
F	95,67	0,4687	63,82	0,3127
EF	84,67	0,4148	66,13	0,3240
TODAS	80,07	0,3923	57,89	0,2836

Da análise da tabela acima, podemos comprovar que, quer da primeira aplicação do modelo de tempos estimados quer da segunda, o erro do tempo estimado para o caso geral

apresenta-se como o maior erro, e o erro para o tempo estimado com todas as variáveis é o que possuiu menor valor de erro sendo, por isso, o melhor.

Pela análise de erros, comprovamos que para tempos de incidentes de maior duração (pois possui valor médio de tempo de incidente de 204,11 minutos), para as variáveis “Dia da Semana”, “Hora” (“AB”) e “Clientes Afetados”, “Potência Afetada” (“CD”) possuem menores erros que as variáveis “Tipo de Incidente” (“E”) e “Equipamento Afetado” (“F”). Desta forma, concluímos que para incidentes de maiores tempos, as variáveis “AB” e “CD” apresentam melhor precisão que as variáveis “E” e “F”. No entanto, para os erros de tempos estimados dos conjuntos, o conjunto “EF” continua com mais precisão que os valores estimados pelas variáveis “ABCD”.

Para concluir a análise, fica evidenciado que os valores de erros diminuem da primeira aplicação do modelo para a segunda, isto porque se pressupõe a aproximação de valores da segunda estimativa do tempo real.

Esta análise efetuada poderia continuar com o levantamento de registros não resolvidos no tempo estimado pela aplicação pela segunda vez, no entanto, a mesma não se realizou pois para esses registros os incidentes já revelam valores elevados, apresentando alguns casos de exceções, não havendo interesse na aplicação do modelo criado para esses casos.

Este trabalho consistiu na aplicação do modelo aos incidentes que serviram como base para a sua criação. No próximo subcapítulo será realizada uma análise da aplicação do modelo a novos registros, registros que não foram usados na criação do modelo.

4.4. Fase 2 - Registo de 2012, Janeiro a Maio

A fase 2 corresponde à realização de testes com registros datados do presente ano. Os registros de incidentes correspondem aos meses de janeiro a maio de 2012. Estão discriminados 1634 registros de incidentes.

Antes do cálculo do erro, com recurso ao modelo da Figura 4.2, houve tratamento de todos os registros. Inicialmente começou-se por identificar para cada registro o intervalo correspondente de cada variável e posteriormente procedeu-se à codificação destes com recurso à Tabela 3.25 (para codificação do “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetada”), Tabela 3.12 (para codificação do “Tipo de Incidente”) e Tabela 3.17 (para codificação do “Equipamento Afetado”).

Após a codificação de cada variável, atribuíram-se parâmetros a cada codificação encontrada com recurso às Tabela 3.32, Tabela 3.33, Tabela 3.34, Tabela 3.35, Tabela 3.36 e Tabela 3.37.

Com todas as codificações e parâmetros associados, procede-se à aplicação do modelo de previsão de tempos estimados e, à semelhança da análise feita para a “Fase 1” de validação do modelo, serão calculados vários tempos estimados referente a diferentes tipos de informação de chegada ao modelo, de forma a estimar quais desses tempos tem mais precisão. Essa precisão será analisada com recurso ao cálculo de um valor de erro, sendo que um menor erro traduz um melhor tempo estimado e, consequentemente, uma melhor precisão de resultados.

4.4.1. Fase 2.1 - Aplicação do modelo a todos os registos

Para esta fase, procede-se à aplicação do modelo do erro apresentado pela Figura 4.2 - Modelo de testes do modelo de tempos estimados de incidente, a todos os registos de janeiro a maio de 2012. Inicialmente, o cálculo dos tempos estimados tiveram como entrada a informação das variáveis e o “Tempo corrente de duração de incidente” com valor zero. O cálculo do erro está representado na seguinte tabela.

Tabela 4.4 - Testes fase 2 - Valores de erros com todos os registos

Variáveis	1.ª Aplicação do Modelo Tempo Estimados	
	Erro (minutos)	Valores normalizados
GERAL	83,80	0,7203
AB	86,45	0,7431
CD	85,68	0,7364
ABCD	84,38	0,7253
E	69,55	0,5978
F	68,94	0,5926
EF	59,22	0,5090
TODAS	68,74	0,5908

Da observação da tabela, podemos verificar que, à semelhança dos valores obtidos na Tabela 4.1, os erros não seguem a ordem pressuposta no subcapítulo 4.2.. O erro do tempo estimado dado pelo caso “GERAL” (ausência de qualquer informação) deveria apresentar o maior erro, e o tempo estimado para o caso “TODAS” (presença de toda a informação no cálculo do tempo estimado) deveria apresentar o menor erro, o que também não se verifica. Isto, tal como mencionado no subcapítulo 4.3.1., deve-se ao facto de o tempo estimado ter sido calculado para o instante de ocorrência de incidente. Este facto não ocorrerá na realidade, pois o modelo pressupõe o contacto feito pelo cliente, e este nunca ocorre no mesmo instante de início de incidente. Outro facto, é a presença de informação toda aquando o incidente. Isto não se verifica pois a identificação do “Tipo de incidente” e “Equipamento afetado” são processos que tem tempos associados na identificação destes.

Contudo, há condições apresentadas no subcapítulo 4.2. que são satisfeitas. O erro de tempos estimados com multivariáveis apresenta menor erro que os tempos estimados dos seus individuais, ou seja, o tempo estimado com conhecimento de “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado” tem associado um erro inferior ao erro apresentado pelo tempo estimado de “Tipos de incidentes” bem como o erro estimado para “Equipamento Afetado”. De igual forma o tempo estimado dado pelas variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes afetados” e “Potência afetada” apresenta-se mais preciso que o tempo estimado dado por “Dia da Semana” e “Hora” bem como “Clientes afetados” e “Potência afetada”.

4.4.2. Fase 2.2 - Aplicação do modelo a todos os registos sem extremos

Na fase de testes presente, pretende-se a aplicação do modelo com todos os registos que achamos ser representações de situações usuais de utilização. Por essa razão e pelas anteriormente explicadas no subcapítulo 4.3.2., foram calculados os erros com os registos filtrados entre os 10 minutos e 400 minutos.

4.4.2.1. Aplicação do modelo 1.^a vez

Os incidentes registados entre os 10 e 400 minutos, ascendem ao número de 1359 incidentes com média de 116,34 minutos. Destes, efetuou-se o cálculo do erro, que é apresentado na seguinte tabela.

Tabela 4.5 - Testes fase 2 - Aplicação do modelo a 1.^a vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos

Variáveis	1. ^a Aplicação do Modelo Tempo Estimados	
	Erro (minutos)	Valores normalizados
GERAL	68,37	0,5877
AB	69,84	0,6003
CD	70,21	0,6035
ABCD	68,73	0,5908
E	64,03	0,5503
F	64,59	0,5552
EF	54,77	0,4707
TODAS	57,78	0,4966

Verificamos que, comparativamente aos erros apresentados com recurso a todos os registos (Tabela 4.4), há uma diminuição do erro. Percebe-se que assim seja porque, neste caso, dá-se o cálculo do erro sem os registos extremos, registos esses que influenciam bastante o cálculo do erro. Sem a presença desses registos, os valores de erro tendem a diminuir.

4.4.2.2. Aplicação do modelo a 2.^a vez

A aplicação do modelo pela 2.^a vez, implica a não resolução do incidente no tempo previsto dado pela aplicação do modelo pela 1.^a vez. Esta situação aconteceu a 581 incidentes cuja resolução não se conseguiu no tempo estimado pela 1.^a aplicação do modelo. Estes incidentes, apresentam tempo médio de duração de incidente de 195,03 minutos. De notar que este valor é maior que o valor médio apresentado anteriormente, pois este valor corresponde a incidentes com tempos reais elevados, daí a necessidade de aplicação do modelo pela 2.^a vez.

O tempo de entrada da aplicação do modelo pela 2.^a vez, corresponde ao tempo obtido da aplicação do modelo pela 1.^a vez, isto é, corresponde ao tempo de duração de incidente dado por este. Isto corresponde a um tempo de simulação inicial específico dado para cada registo e diferente do tempo inicial de zero minutos utilizado na 1.^a aplicação do modelo.

Com aplicação consecutiva do modelo, obtemos a seguinte tabela de erros:

Tabela 4.6 - Testes fase 2 - Aplicação do modelo a 2.ª vez. Valores de erros para registos sem extremos, entre 10 e 400 minutos

Variáveis	1.ª Aplicação do Modelo Tempo Estimados		2.ª Aplicação do Modelo Tempo Estimados	
	Erro (minutos)	Valores normalizados	Erro (minutos)	Valores normalizados
GERAL	86,54	0,4437	81,78	0,4193
AB	74,27	0,3808	83,82	0,4298
CD	80,78	0,4142	77,35	0,3966
ABCD	81,19	0,4163	74,27	0,3808
E	83,84	0,4299	71,18	0,3650
F	89,69	0,4599	69,14	0,3545
EF	77,93	0,3996	65,35	0,3351
TODAS	74,19	0,3804	56,04	0,2874

Observamos pela análise da tabela acima, que existe uma melhoria nos erros aquando a aplicação do modelo de previsão pela 2.ª vez. Esta diminuição de erros é lógica pois sabemos à partida que aos incidentes que não ficaram resolvidos na 1.ª aplicação do modelo, a aplicação do modelo pela 2.ª vez vai aproximar os valores de tempos estimados dos tempos reais.

Verificamos que o tempo estimado com recurso a todas as variáveis, é o mais preciso apresentando um menor erro em qualquer das duas aplicações do modelo. Verificamos que o tempo estimado dado pelas variáveis “Tipo de incidente” e “Equipamento afetado” apresenta uma precisão maior que os tempos estimados dos seus individuais. Esta situação não ocorre para o caso do tempo estimado dado pelas variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes afetados” e “Potência afetada” assim, na 1.ª aplicação do modelo o tempo de multivariáveis apresenta erro superior do que o tempo estimado pelos seus individuais e na 2.ª aplicação do modelo o tempo estimado para o caso geral apresenta menor erro que o tempo estimado dado pelas variáveis “Dia da Semana” e “Hora”.

Da análise dos testes efetuados, podemos comprovar que o modelo de previsão de tempos estimados de incidentes, apresenta um avanço significativo no cálculo de tempo de duração de incidente.

Concluimos que a previsão é tanto melhor quanto maior for a informação presente à entrada do modelo. No entanto, foi detetado que não existe tanta correlação quanto a que se pressuponha entre a duração de incidente e as variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes afetados” e “Potência afetada”.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

O bem-estar proporcionado pelo uso generalizado de energia elétrica tem impulsionado o seu consumo e tem elevado este bem à categoria de bem essencial.

A EDP Distribuição é uma empresa que exerce a atividade de Operador de Rede de Distribuição, no território continental de Portugal. A distribuição de energia elétrica é o seu centro de atuação e a sua conduta é pautada por elevados padrões de qualidade e eficiência. Manter a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia elétrica é uma prioridade, no entanto, as interrupções acidentais são fenómenos sempre possíveis devido a fatores e circunstâncias externos e nem sempre controláveis. Na impossibilidade de evitar as interrupções contingentes no fornecimento de energia, e consciente do papel que desempenha na sociedade, a EDP considerou importante a criação de um mecanismo que permita a previsão de tempos de reposição de serviço nas redes elétricas de MT. O principal objetivo é informar o cliente respondendo às suas necessidades e não defraudando as suas expectativas.

Foi neste âmbito que surgiu o trabalho apresentado. O objeto em estudo é, então, o tempo de reposição de serviço no caso de ocorrência de um incidente e a finalidade é a apresentação de um modelo que permita uma previsão desse tempo. Para a sua criação, tomou-se em consideração informações sobre o tempo de duração de incidentes e os diversos fatores que influenciam o tempo de reposição. Este conhecimento teve como base os registos históricos de incidentes fornecidos pela EDP distribuição. A análise dos registos foi efetuada com recurso à estatística. Para avaliar e posteriormente estimar o tempo de duração de um incidente foi necessário descobrir as suas causas ou os fatores que sobre ele exerciam influência. Foram então ponderados alguns fatores que pela sua causalidade sobre a variável dependente permitissem o reconhecimento das variáveis explicadoras da duração de incidente. Variáveis essas que dizem respeito às circunstâncias em que ocorreu o incidente contendo informação sobre “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência Afetada”, “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”. Num primeiro momento, revelou-se fulcral analisar a relação causal entre a variável dependente e as variáveis explicadoras no sentido de aferir a preponderância da sua influência no tempo de reposição do serviço. Para isso recorreu-se a distribuições de frequências. A distribuição de frequências pressupõe a

desagregação da variável em classes ou partições, quantificando a ocorrência em cada partição. Por outras palavras, a distribuição de frequências permite a desagregação da variável em intervalos e essa desagregação mostra a influência do comportamento da variável ao longo desses intervalos. Se a variável se apresenta uniforme, significa que as suas características não são muito influentes na duração do incidente não se justificando como sendo uma variável explicadora. Se, pelo contrário, existe uma grande variação na distribuição de frequências, significa que as características da variável influenciam a duração do incidente e neste caso estamos perante variáveis explicadoras. Após esta análise para todas as variáveis hipoteticamente consideradas apenas as variáveis “Dia da semana”, “Hora”, “Clientes Afetados”, “Potência afetada”, “Tipo de Incidente” e “Equipamento Afetado”, foram consideradas variáveis explicadoras. Toda esta análise teve como pressuposto o valor médio de tempo por incidente constante dos registos, ou seja, recorreu-se à média estatística. No entanto, esta não é a forma mais exata de responder ao tempo previsto para a duração de um incidente pois valores muito elevados ou muito diminutos alteram bastante a média estatística e afastam a previsão da precisão. Propusemo-nos, então, definir os parâmetros de cada variável aproximando a distribuição de frequências de cada intervalo, cada aglomeração de intervalos ou mesmo de combinações de variáveis a uma função (Weibull).

A análise pela média da distribuição aproximada pela função de Weibull teve como efeito ou consequência uma melhoria na informação apresentada relativamente à disponível até então (média).

Com a realização de todas as parametrizações, estas foram reformuladas de forma a conseguir uma melhor previsão de tempos de incidentes. Esta última informação, foi usada no modelo de previsão de tempos de incidentes.

Em termos gerais, o modelo de previsão de tempo de incidente criado nesta dissertação, permite ao operador da rede, fazer uma previsão de tempo de duração de incidente com a inserção de informação que o caracteriza, permitindo uma resposta ao cliente aquando o contacto deste. O modelo proposto apresenta-se dinâmico pois a sua aplicação tem como informação de entrada o “Tempo corrente de duração de incidente”, permitindo uma previsão de tempo de incidente quando o desejar ou quando necessário.

A aplicação do modelo de previsão de tempos de incidentes, passou por um processo de validação com recurso à realização de vários testes. Destes, pode-se comprovar que o modelo de previsão de tempos de incidente apresenta correspondência de resultados entre o tempo estimado pelo modelo e o tempo real de incidente. A aplicação do modelo apresenta uma grande melhoria na aproximação de tempos estimados aos tempos reais uma vez que, até ao momento, os tempos estimados de incidente eram dados por um valor médio, independentemente do incidente. O modelo de previsão faz a aproximação dos tempos estimados aos reais, pela informação inserida neste, sendo que quanto maior a informação referente ao incidente, melhor a previsão do tempo estimado. Foi ainda de notar que as variáveis “Dia da Semana”, “Hora”, “Clientes Afetados” e “Potência Afetado”, não apresentam tanta correlação com a duração de incidente quanto a que inicialmente se previa mas, mesmo assim, a aplicação do modelo a estas variáveis ofereceu melhorias na previsão de tempo de incidente face à previsão feita por um tempo médio.

5.2. Trabalhos Futuros

A dissertação consistiu na construção de um modelo de previsão de tempos de incidentes. Este modelo, tem como base a parametrização de variáveis influentes no tempo de duração do incidente. Contudo, outras variáveis poderiam ser modelizadas de forma a uma melhor precisão de tempos estimados.

Uma variável de influência a inserir no modelo de previsão de tempos de incidentes é a informação referente à localização. Esta informação pode ser a nível de distrito ou mesmo por zonas. Da sua inserção obteríamos uma melhor aproximação de tempos para específicos descritos. Uma outra variável importante a ser incluída no modelo é a referente à melhor caracterização da rede. Informações como a que indique se se trata de uma rede aérea ou subterrânea, bem como informação referente à capacidade da rede para efetuar manobras de telecomando, são importantes porque são fatores que têm influência sobre o tempo estimado de duração de incidente. Outra variável a ser incluída no modelo diz respeito à informação referente a localização e disponibilidade de piquetes. A presença desta informação implica tempos de atuação diferentes que afetarão diretamente a previsão de tempos de duração de incidente.

A criação do modelo de previsão de tempos de incidentes, foi obtida através de análise estatística de registo históricos de 2010 e 2011. É de fácil compreensão, que quanto maior o histórico de registos, maior será a precisão do modelo. E com maior histórico, poderia até ser possível a inclusão de outras variáveis no modelo que não foram consideradas explicadoras (como variável “Mês”), poderiam, então, apresentar uma causalidade e serem analisadas.

Um outro aspeto a ser estudado, é o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de apresentar de forma simples e prática, a evolução da duração de tempo de incidente e o tempo estimado de resolução do mesmo.

Num futuro mais distante, poderia o modelo integrar as condições meteorológicas para as próximas horas. A integração deste tipo informação poderia prever a melhoria ou agravamento das condições meteorológicas (condições de vento excecional, gelo, chuva,...) identificando situações excecionais, não identificadas pelo modelo.

Referências

- [1] EDP Energias de Portugal. *Regulamento da qualidade de serviço*. (2009). Retirado em Junho 01, 2012, de [http://www.edpdistribuicao.pt/pt/qualidade/Documentao/Regul_Qualid_Servi%C3%83%C2%A7o_20060117\[1\].pdf](http://www.edpdistribuicao.pt/pt/qualidade/Documentao/Regul_Qualid_Servi%C3%83%C2%A7o_20060117[1].pdf)
- [2] EDP Energias de Portugal. *O que Provoca as Interrupções de Energia*. (2009). Retirado em Junho 01, 2012 de <http://www.edp.pt/pt/particulares/interruptoesenergia/Pages/OqueProvocaAsInterrupcoesDeEnergia.aspx>
- [3] EDP Energias de Portugal. *Interrupções Programadas*. (2009). Retirado em Junho 01, 2012, de <http://www.edp.pt/PT/PARTICULARES/INTERRUPTOESENERGIA/Pages/interruptoesprogramadas.aspx>
- [4] EDP Energias de Portugal. *Prioridades para o Restabelecimento da Energia*. (2009). Retirado em Junho 01, 2012, de <http://www.edp.pt/pt/particulares/interruptoesenergia/Pages/PrioridadesRestabelecimentoEnergia.aspx>
- [5] Schwaab M., Pinto J. C. (2007). *Análise de dados experimentais, 1: fundamentos de estatística e estimação de parâmetros*. Rio de Janeiro: E-papers
- [6] Louis M.R. & Richard A.P. (2000). *Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução*. Brasil: Guazzelli Ltda.
- [7] Meneses, A., Mariano, F. (2010). *Noções de estatística para concursos: teoria, questões resolvidas e mais 230 questões com gabarito*. Rio de Janeiro: Elsevier.

- [8] HAIIR, BLACK, ANDERSON, TATHAM. (1998). *Análise Multivariada de Dados*. Brasil: Bookman.
- [9] Samohyl, R. W. (2009). *Controle Estatístico de Qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [10] Pareja, L. A. (2009). *Fluxo de Potência em Redes de Distribuição de Energia Elétrica Considerando Incertezas*. Tese de doutorado submetido ao programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, não publicada, apresentada na Universidade estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- [11] Saran, M. A. (2009). *Sobretensões de Origem Atmosférica em Linhas de Média Tensão*. Dissertação submetida ao programa de pós-graduação em Engenharia elétrica não publicada, apresentada na Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais.
- [12] Martins, M. P., Leitão, A. L. (2003). *Predição de Falhas no Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção*. Tese usada na previsão de tempos de Falhas no Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção, não publicada, apresentada no Instituto Politécnico, Bragança.
- [13] JUNIOR, I. C. (2006). *Análise do desempenho de um aerogerador de pequeno porte*. Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da fundação da Universidade Federal do rio Grande.
- [14] Lopes, M. A. (2009). *Produção Eólica e Enquadramento Técnico-Económico em Portugal*. Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia não publicada, apresentada na Faculdade de Engenharia, Porto.
- [15] Freund, E. J. (2004). *Estatística Aplicada: economia, Administração e Contabilidade*. São Paulo: Bookman.
- [16] Samohyl, R. W. (2009). *Controle Estatístico de Qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [17] Junior, P. J. (2008). *Estatística Computacional*. Retirado em Junho 01, 2012, de <http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE223/ce223/ce223se14.html>
- [18] Shigley, E. J., Mischke, R. C., Budynas, G. R. (2004). *Projeto de Engenharia Mecânica*. São Paulo: Bookman.
- [19] Santos, J.D., Silva, C. S. (2006). *Métodos Numéricos*. Editora Universitária: UFPE.