

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Disjuntores de potência da RNT – Implementação  
de uma base de dados e desenvolvimento de uma  
aplicação informática de apoio**

Hélder Laranjeira Cruz

VERSÃO FINAL

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

Orientador: António Carlos Sepúlveda Machado e Moura (Prof. Doutor)  
Co-orientador (REN): Ricardo Vasco Fernandes (Eng. °)

Julho 2014

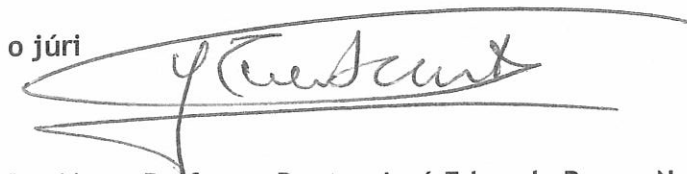


A Dissertação intitulada

**“Disjuntores de Potência da RNT - Implementação de uma base de dados e desenvolvimento de uma aplicação informática de apoio”**

foi aprovada em provas realizadas em 14-07-2014

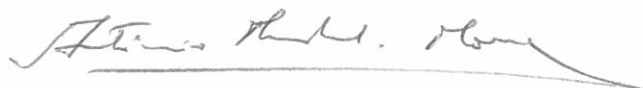
o júri



Presidente **Professor Doutor José Eduardo Roque Neves dos Santos**  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Professor Doutor José Manuel Ribeiro Baptista**  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-  
Montes e Alto Douro



**Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura**  
Professor Catedrático 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 - Hélder Laranjeira Cruz**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

# Resumo

De modo a corresponder à expectativa de uma rede fiável e de manter elevados padrões de qualidade de serviço, indo de encontro a uma utilização racional e eficiente dos ativos materiais, a Rede Elétrica Nacional (REN) procura constantemente otimizar a sua forma de operar a Rede Nacional de Transporte (RNT). Neste âmbito surge a necessidade de identificar proativamente problemas que advêm da inoperacionalidade dos seus disjuntores, elementos essenciais para a continuidade do serviço na RNT.

O objetivo desta dissertação consiste em fornecer à REN uma base de informação atualizada relativa à última manobra realizada pelos seus disjuntores permitindo determinar o tempo decorrido até à data. Além dos objetivos propostos, aproveitando o conhecimento adquirido e os dados disponíveis, implementou-se um contador de manobras para cada disjuntor, discriminando o número de aberturas e de fechos.

Neste trabalho, foi efetuado um estudo da tecnologia de disjuntores e uma caracterização do parque de disjuntores de Muito Alta Tensão/Alta Tensão (MAT/AT) de forma a compreender as especificidades associadas ao tipo de disjuntores em utilização na RNT. Através de informação existente no SCADA concebeu-se uma base de dados, que contém informação relativa aos disjuntores, do parque MAT/AT da REN. A base de dados foi implementada em *oracle*, recorrendo-se ao software *SQL Developer* baseado num ambiente de interface gráfico integrado, que utiliza a linguagem SQL e PL\SQL e proporciona amplas funcionalidades de edição e programação. A fim de validar a informação presente na base de dados realizou-se um conjunto de testes que permitiram verificar o correto processo de carregamento e atualização. Associada à criação da base de dados foi desenvolvida uma aplicação informática em VBA e EXCEL, de modo a funcionar como uma interface de interação simples permitindo efetuar consultas da informação atualizada e obter múltiplos resultados.

O trabalho desenvolvido possui um caráter inovador e fornece à REN uma ferramenta indispensável na identificação proativa de problemas nos seus disjuntores e na melhoria da qualidade de serviço prestado.

Palavras-chave: Disjuntor, Base de dados, SCADA, Inoperacionalidade, Última manobra, Qualidade de Serviço.



# Abstract

In order to meet the expectation of a reliable network and maintain high standards of quality service, meeting the rational and efficient use of material assets, the Rede Elétrica Nacional (REN) constantly seeks to optimize the way they operate the National Transport Grid (NTG). In this context arises the need to proactively identify problems arising from the inoperability of its circuit breakers, essential for continuity of service in NTG.

The objective of this dissertation is to provide to REN a basis of updated information on the latest maneuver performed by their circuit breakers allowing to determine the elapsed time to date. In addition to the proposed objectives, taking advantage of the knowledge acquired and available data, a counter of maneuvers was implemented for each circuit breaker, detailing the number of openings and closures.

In this work, in order to understand the specific characteristics associated with type of circuit breakers in use in the NTG a study of circuit breakers technology was conducted and a characterization of the Very High Voltage / High Voltage (EHV / HV) circuit breakers was made. Through existing information on SCADA a database was conceived, which contains information of the EHV / HV circuit breakers. The database was implemented in Oracle, resorting to SQL Developer software which is based on an integrated graphical interface that uses SQL and PL \ SQL and provides extensive functionality for editing and programming environment. In order to validate this information in the database a set of tests was carried out and allowed us to verify the correct charging and updating of the database. Associated with the creation of the database a computer application in VBA and EXCEL was developed in order to operate as a single interaction interface allowing to query the updated information and get multiple results.

This work has an innovative character and provides REN an indispensable tool in proactively identify problems in their circuit breakers and improving service quality.

Keywords: Circuit Breaker, Database, SCADA, Inoperability, Last Maneuver, Quality of Service.



# Agradecimentos

A realização desta dissertação, mais do que o resultado de um esforço individual é também resultado de um trabalho coletivo de pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o seu sucesso, a essas pessoas humildemente gostaria de expressar os meus agradecimentos:

Ao meu orientador, Professor Doutor António Machado e Moura, agradeço a oportunidade de poder ser seu orientando e todo o apoio e disponibilidade prestados ao longo desta dissertação.

Agradeço ao meu coorientador, Engenheiro Ricardo Vasco Fernandes, pela total disponibilidade e pelos conselhos e conhecimentos transmitidos.

Deixo um forte obrigado ao responsável do departamento de Operação da Rede, Engenheiro Vieira Couto pelas excelentes condições de trabalho que contribuíram para o seu sucesso.

Aos meus pais e ao meu irmão agradeço o apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico, e dedico-lhes esta conquista.

À minha namorada, por todo o carinho e paciência que sempre me deste e o constante encorajamento em todos os momentos quero deixar o meu imenso obrigado.

Hélder Cruz





# Índice

Capítulo 1 .....	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento e motivação.....	1
1.2 - Objetivos.....	2
1.3 - Estrutura do documento .....	2
Capítulo 2 .....	5
Rede Nacional de Transporte .....	5
2.1 - Caracterização da RNT .....	5
2.1.1 - Elementos constituintes da rede.....	6
2.2 - Rede Elétrica Nacional, SA .....	7
2.2.1 - Missão e Responsabilidades .....	8
2.2.2 - Gestão do Sistema .....	9
2.2.2.1 - Centro de Operação da Rede .....	9
2.2.2.2 - Centro de Despacho; Sistemas e Desenvolvimento.....	10
2.2.2.3 - Sistema de aquisição de dados (SCADA) .....	11
2.2.3 - Engenharia de Ativos.....	12
2.3 - Qualidade de serviço .....	13
2.3.1 - Continuidade de serviço .....	13
2.3.2 - Disponibilidade.....	14
Capítulo 3.....	15
Disjuntores de alta tensão .....	15
3.1 - Princípio de funcionamento e constituintes.....	15
3.1.1 – Interrupção do arco elétrico .....	16
3.1.2 – Elementos constituintes .....	17
3.1.3 – Classificação de disjuntores.....	18
3.2 - Tipos de disjuntores por meio extintor.....	20
3.2.1 – Disjuntores a óleo .....	20
3.2.2 – Disjuntores a ar comprimido .....	22

3.2.3 – Disjuntores a vácuo .....	23
3.2.4 – Disjuntores a SF6 .....	24
3.3 - Função dos disjuntores .....	25
3.3.1 – Interrupção de defeitos .....	25
3.3.2 – Interrupção de corrente capacitiva .....	26
3.3.3 – Interrupção de corrente indutiva .....	27
Capítulo 4 .....	29
Disjuntores de alta tensão na REN .....	29
4.1 - Características .....	29
4.1.1 - Técnicas .....	30
4.1.2 - Construtivas .....	31
4.2 - Comando, monitorização e sinalização .....	32
4.2.1 - Tipos de comandos e ciclo de manobra .....	32
4.2.2 - Monitorização do disjuntor e sinalizações .....	33
4.3 - Parque de disjuntores da REN .....	36
4.4 - Manutenção de disjuntores MAT e AT .....	40
Capítulo 5 .....	43
Base de Dados REN .....	43
5.1 - Arquitetura construtiva da Base de Dados .....	43
5.2 - Escolha da Base de Dados a implementar .....	45
5.3 - Levantamento de requisitos de implementação .....	48
5.4 - Arquitetura funcional da Base de Dados implementada .....	48
5.4.1 - Tabelas constituintes .....	48
5.4.2 - Procedimento de atualização da base de dados .....	54
5.4.3 - Modelo relacional .....	55
Capítulo 6 .....	57
Análise e validação dos resultados .....	57
6.1 - Metodologia de validação .....	57
6.2 - Resultados .....	59
Capítulo 7 .....	69
Conclusões e Trabalhos futuros .....	69
7.1 - Conclusões .....	69

7.2 - Desenvolvimentos futuros .....	70
Referências .....	71
Anexo A.....	73
Manual da aplicação Disjuntores da RNT .....	73
Anexo B.....	77
Procedimentos, Funções e Pacotes.....	77



# Lista de Figuras

Figura 2.1: Evolução do número de linhas e transformadores na RNT 2004-2013. REN .....	7
Figura 2.2: Organograma estrutural da unidade de negócio de Eletricidade REN. ....	8
Figura 2.3: Instalações do COR (Vermoim, Maia). Fonte: Autor .....	10
Figura 2.4: Representação do esquema das ligações da RNT observado no sinótico do SCADA em 19/Mar/2014. REN.....	11
Figura 2.5: Exemplo ilustrativo da lista de alarmes do SCADA. REN .....	12
Figura 2.6: Valores da TCD registados no período 2008-2012. ERSE .....	14
Figura 3.1: Restabelecimento do regime dielétrico comparado com o aumento da tensão transitória de recuperação (TTR) .....	17
Figura 3.2: Configuração externa tipo <i>dead tank</i> (esquerda) e <i>live tank</i> (direita) .....	19
Figura 3.3: Evolução da tecnologia do tipo de meio interruptor ao longo do século XX. Siemens .....	20
Figura 3.4: Disjuntor de Grande Volume de Óleo (GVO) .....	21
Figura 3.5: Disjuntor a ar comprimido.....	22
Figura 3.6: Movimento de rotação dos contatos (esquerda). Contatos de um disjuntor de vácuo (direita) .....	23
Figura 3.7: Disjuntor a SF6 para 400 kV com dupla câmara de corte.....	25
Figura 3.8: Fenómeno de <i>Current Chopping</i> no momento de interrupção do arco.....	27
Figura 4.1: Posto de comando da subestação (esquerda) e armário de sistema de comando e controlo do painel (direita), numa subestação da REN. ....	32
Figura 4.2: Detalhe do armário de comando do painel, numa subestação da REN. ....	34
Figura 4.3: População de disjuntores da RNT por nível de tensão. REN .....	36
Figura 4.4: Evolução do parque de disjuntores da REN face ao ao de 2013. REN .....	37
Figura 4.5: Distribuição da população dos disjuntores por tipo de aplicação. REN .....	38
Figura 4.6: Distribuição dos disjuntores de linha por tipo de linha. REN.....	38
Figura 4.7: Percentagem relativa dos disjuntores em operação na RNT por nível de tensão e tipo de acionamento. REN .....	39
Figura 4.8: Distribuição do número de disjuntores da RNT por classe de idades. REN .....	40
Figura 4.9: Degradação da tubeira (esquerda) e dos contatos (direita).....	41
Figura 5.1: Lógica construtiva da informação armazenada no SCADA .....	44
Figura 5.2: Excerto da tabela “MENSAGENS” .....	45
Figura 5.3: Interface do software SQL Developer .....	47
Figura 5.4: Fluxograma do processo de carregamento na vista “MENSAGENS_VIEW” .....	49
Figura 5.5: Fluxograma do processo de carregamento da tabela “DISJUNTOR”.....	51
Figura 5.6: Fluxograma do processo de carregamento da tabela “DISJUNTOR_ELEX” .....	52
Figura 5.7: Excerto da tabela “INSTALAÇÕES_REN” .....	53
Figura 5.8: Fluxograma do processo de atualização da base de dados .....	54
Figura 5.9: Modelo relacional da base de dados implementada .....	55

Figura 6.1: Conjunto de disjuntores, com manobras nos últimos 6 anos, selecionados aleatoriamente para efeitos de validação.....	57
Figura 6.2: Excerto da vista de tabela “MENSAGENS_VIEW” para efeitos de validação .....	58
Figura 6.3: Conjunto de disjuntores, segundo os critérios definidos, selecionados para efeitos de validação .....	58
Figura 6.4: Excerto da vista de tabela “MENSAGENS_VIEW” para efeitos de validação .....	59
Figura 6.5: Teste de verificação da existência de manobras no disjuntor para efeitos de validação.....	59
Figura 6.6: Distribuição da população de disjuntores da BD .....	61
Figura 6.7: Distribuição da população de disjuntores com acionamento do tipo hidráulico por idade e período de inatividade .....	62
Figura 6.8: Distribuição do número de disjuntores por período de inatividade e nível de tensão .....	63
Figura 6.9: Distribuição do número de disjuntores com acionamento hidráulico por período de inatividade e nível de tensão .....	64
Figura 6.10: Distribuição do número de disjuntores com acionamento a mola por período de inatividade e nível de tensão .....	65
Figura 6.11: Frequência acumulada de períodos de inatividade de disjuntores .....	66
Figura 6.12: Frequência acumulada de períodos de inatividade de disjuntores com acionamento hidráulico .....	66
Figura 6.13: Frequência acumulada de inatividade de disjuntores de acionamento hidráulico discriminado por nível de tensão.....	67
Figura A.1: Interface de apresentação de resultados .....	75
Figura A.2: Interface de seleção dos resultados a apresentar .....	76





# Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Coloração dinâmica utilizada no SCADA para os diferentes níveis de tensão .....	12
Tabela 4.1: Descrição das principais normas da CEI seguidas pela REN .....	30
Tabela 4.2: Principais características técnicas, por nível de tensão, dos tipos de disjuntores utilizados pela REN .....	30
Tabela 4.3: Diferentes tipos de comandos de um disjuntor .....	33
Tabela 4.4: Quadro resumo do conjunto de sinalizações de um disjuntor a SF6 com acionamento do tipo mola .....	35
Tabela 4.5: Número de disjuntores em operação na RNT por nível de tensão e tipo de acionamento. REN .....	39
Tabela 5.1: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “MENSAGENS” .....	44
Tabela 5.2: Comparação entre as características da BD <i>oracle</i> 12c e a Microsoft SQL Server .....	46
Tabela 5.3: Requisitos de implementação da BD dos disjuntores .....	48
Tabela 5.4: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR” .....	50
Tabela 5.5: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR_ELEX” .....	52
Tabela 6.1: Conjunto de disjuntores que não foram manobrados desde 2009. ....	60
Tabela 6.2: Conjunto representativo de disjuntores em operação com os maiores períodos de inatividade (em meses) .....	62
Tabela 6.3: Conjunto representativo de disjuntores em operação, com acionamento hidráulico e idade superior a 25 anos e período de inatividade superior a 24 meses. ....	63



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

AT	Alta Tensão
BD	Base de Dados
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEI	Comissão Elétrica Internacional
COR	Centro de Operação da Rede
EA	Engenharia de Ativos
EDP	Energias de Portugal
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EXEA	Departamento de Engenharia de Ativos da Direção de Exploração
GS	Gestor do Sistema
GSOR	Departamento de Operação da Rede da direção do Gestor do Sistema
GVO	Grande Volume de Óleo
MAT	Muito Alta Tensão
MBC	Manutenção Baseada na Condição
MT	Média Tensão
PDIRT	Plano de Desenvolvimento e Investimento na Rede de Transporte
PL/SQL	Procedural Language/Structured Query Language
PRE	Produção em Regime Especial
PVO	Pequeno Volume de Óleo
QS	Qualidade de Serviço
REE	Red Elétrica de España
REN	Reder Elétrica Nacional
RNT	Rede Nacional de Transporte
RTE	Réseau de Transport d'Électricité
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SQL	Structured Query Language
TCD	Taxa Combinada de Disponibilidade
TTR	Tensão Transitória de Recuperação

## Lista de símbolos

V	Unidade de tensão
°C	Unidade de temperatura
A	Unidade de corrente
s	Unidade de tempo







# Capítulo 1

## Introdução

O presente documento foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O tema abordado são os disjuntores da Rede Nacional de Transporte (RNT) – Implementação de uma base de dados e respetiva aplicação informática de apoio. O proponente do tema é a Redes Energética Nacional (REN) e a realização desta dissertação foi efetuada em conjunto com os departamentos de Gestão do Sistema (GS) e de Engenharia de Ativos (EA), nas instalações do Centro de Operação da Rede (COR) situadas em Vermoim, Maia.

Este capítulo pretende enquadrar o leitor no tema a desenvolver, apresentar a motivação para a realização desta dissertação e ainda detalhar os objetivos gerais e específicos inerentes ao seu desenvolvimento. É também apresentado no final do capítulo a estrutura desta dissertação.

### 1.1 - Enquadramento e motivação

A motivação do trabalho realizado vai de encontro à necessidade de fornecer à REN uma ferramenta de auxílio na identificação proactiva de problemas que advém da inoperacionalidade dos disjuntores.

A REN, como concessionária da RNT, procura desenvolver a sua atividade no sentido de corresponder aos elevados padrões da Qualidade Serviço (QS) que tem de ser verificados na operação da RNT, e às diretivas associadas a uma utilização racional e eficiente dos ativos materiais. Os disjuntores, como elementos constituintes da RNT, são operados pelo departamento GS sendo que as atividades associadas à sua manutenção e inspeção são realizadas pelo departamento de EA.

De modo a planear estratégias de manutenção, o departamento de EA, recorre às recomendações dos fabricantes. No entanto estas recomendações focam-se maioritariamente no número de manobras máximo que um disjuntor será capaz de realizar, não fazendo referência ao período de tempo que os disjuntores serão capazes de permanecer em funcionamento, sem a realização de manobras. As consequências que advém desta inoperacionalidade poderão revelar-



se críticas no momento de atuação, particularmente no caso de disjuntores com acionamento hidráulico, em que pode ocorrer a falha do disjuntor.

Partindo da necessidade de determinar o tempo decorrido desde a última manobra dos disjuntores, o âmbito desta dissertação consiste na implementação de uma base de dados, permanentemente atualizada, contendo esta informação. Com a criação de uma aplicação de apoio a informação ficará sempre acessível aos departamentos do GS e de EA auxiliando assim na identificação proactiva de problemas.

## 1.2 - Objetivos

O objetivo geral do trabalho é fornecer, à REN, uma base de informação relativa à última manobra dos disjuntores da RNT, suportada por uma aplicação informática de interface com a respetiva base de dados.

Com base no objetivo geral apresentado, e de forma a orientar o desenvolvimento do trabalho, definiu-se o seguinte conjunto de objetivos específicos:

1. Caracterização da missão da REN como concessionária da RNT;
2. Caracterização da RNT e dos seus principais elementos constituintes;
3. Estudo da evolução da tecnologia de disjuntores de alta tensão;
4. Caracterização do parque de disjuntores MAT/AT da REN e respetivas estratégias de manutenção;
5. Estudo da bibliografia relativa a base de dados e aprendizagem das especificidades a ela associadas;
6. Implementação de uma base de dados (BD), atualizada periodicamente, dos disjuntores em operação na RNT;
7. Análise e validação da informação existente na BD;
8. Desenvolvimento de uma aplicação de interface para a BD implementada;
9. Escrita da dissertação.

## 1.3 - Estrutura do documento

O documento elaborado é composto por 7 capítulos. Nos parágrafos seguintes é apresentada de uma forma sucinta a organização do documento, detalhando nas principais metodologias utilizadas e nos estudos efetuados para cumprir os objetivos propostos.

No capítulo 1 é apresentado um enquadramento do tema abordado ao longo deste documento e são ainda apresentados os objetivos a atingir com a sua elaboração.

O capítulo 2 foca-se na caracterização dos principais elementos constituintes da Rede Nacional de Transporte e na sua entidade concessionária, a REN (Rede Elétrica Nacional). É também apresentado o conjunto dos principais indicadores que avaliam a qualidade de serviço da operação da RNT.

No capítulo 3 é feito um estudo do princípio de funcionamento do disjuntor e dos principais elementos que o constituem, demonstrando também o tipo de tecnologias que estes utilizam para interromper a corrente. São ainda analisados os diferentes tipos de correntes que estes tem de interromper e os fenómenos associados a cada corte.

O capítulo 4 refere-se as principais características técnicas e construtivas dos disjuntores e ao funcionamento dos seus sistemas de comando, monitorização e sinalização. É também efetuada uma caracterização do parque de disjuntores da REN. Finalmente são apresentados os tipos de manutenção que podem ser aplicados.

No quinto capítulo é efetuado um levantamento dos requisitos da base de dados a implementar, em seguida é descrita a metodologia utilizada na implementação da base de dados dos disjuntores, sendo detalhados os diversos passos realizados. É também apresentada a solução implementada em base de dados *oracle*.

O capítulo 6 mostra os resultados obtidos e o método utilizado na sua validação. São também apresentadas as diversas análises e as conclusões.

No capítulo 7 é avaliada a solução em base de dados implementada no centro de operação na rede, destacando os aspetos mais importantes que foram atingidos sendo finalmente apresentados possíveis desenvolvimentos futuros.



## Capítulo 2

# Rede Nacional de Transporte

A Rede Nacional de Transporte (RNT) é uma parte essencial da cadeia de valor do Sistema Elétrico Nacional (SEN), esta permite que a energia elétrica seja transportada desde o seu local de produção até aos seus vários locais de consumo. A cadeia de valor do SEN está dividida nas seguintes áreas: Produção, Transporte, Distribuição, Mercados e Comercialização. Todas as áreas do SEN funcionam com base em princípios de racionalidade e eficiência de recursos de forma a permitir uma elevada eficiência sem que esta implique obrigações adicionais aos seus intervenientes. [1]

A exploração da RNT é atribuída pelo Estado Português mediante contrato de concessão com a REN – Rede Elétrica Nacional, S.A., de acordo com o artigo número 69 do Decreto de Lei número 29/2006 de 15 de Fevereiro.[2] Cabe então à REN assegurar a exploração e manutenção da RNT em condições de segurança, fiabilidade e respeitando os padrões de qualidade do serviço estabelecidos no [3].

No âmbito da realização desta dissertação, tornou-se pertinente compreender o funcionamento da RNT, caracterizando os seus principais elementos constituintes. Ao longo deste capítulo são detalhados os diferentes departamentos e áreas que constituem a REN, fazendo por fim referência a alguns dos principais indicadores que avaliam a qualidade de serviço da operação da RNT.

### 2.1 - Caracterização da RNT

A RNT está localizada ao longo de todo o território português de modo a cumprir a sua função de interligação entre os grandes centros produtores e as subestações dos principais pontos de consumo. A produção de energia elétrica encontra-se predominantemente localizada nas regiões norte e centro do país e os locais de consumo de maior relevância estão localizados no litoral tais como as cidades do Porto e Lisboa. Existem ainda oito interligações com Espanha e a restante rede europeia síncrona ENTSO-E criando assim a possibilidade de proporcionar apoio mútuo no caso de

perda de geração. A interligação com a rede elétrica de Espanha permite a existência do mercado de energia ibérico (MIBEL).

No transporte de energia elétrica é utilizada a Muito Alta Tensão (MAT) sendo a RNT composta por três níveis distintos de tensão 150 kV, 220kV e 400 kV. Existe também na REN o nível de alta tensão (AT) de interligação com a rede de Distribuição, nomeadamente com uma tensão de 60 kV. A RNT é dotada de uma topologia fortemente malhada permitindo assim respeitar o critério de segurança n-1 e manter sempre o equilíbrio dinâmico entre a geração e o consumo na perda de qualquer elemento constituinte da rede.

Além das funções anteriormente referidas a REN, como concessionária da RNT, tem ainda a função de garantir o acesso livre e não discriminatório à RNT a utilizadores de energia elétrica que cumpram os requisitos de acesso. A título de exemplo, existem alguns consumidores ao nível da MAT como grandes unidades fabris (AutoEuropa), Siderurgia Nacional (Maia e Seixal) e subestações de tração elétrica (REFER) [4].

### 2.1.1 - Elementos constituintes da rede

Nos últimos anos o paradigma da rede foi alterado devido ao aumento do parque eletroprodutor. A introdução de produção a partir de energias renováveis ou produção em regime especial (PRE) criou a necessidade de escoar este tipo de energia do local onde ela é produzida até aos grandes centros de consumo, transportando-a ao longo de grandes distâncias.

A REN procedeu ao reforço da RNT através da construção de novas linhas MAT (nomeadamente 220 kV e 400 kV) e recorreu também à reconversão de linhas com menor capacidade, respeitando assim os princípios da racionalidade na utilização dos recursos e procurando minimizar o impacto provocado por este reforço.

Analogamente no caso do número de transformadores e subestações existentes, este também aumentou devido à necessidade de maior capacidade de transformação.

Devido a esta constante expansão e modificação da RNT torna-se necessário efetuar uma boa caracterização dos elementos que a constituem. Neste momento a REN tem ao seu dispor 229 linhas aéreas, 9 linhas subterrâneas, 160 transformadores, 66 subestações, 10 Postos de Corte, 2 de transição e 1 Seccionamento, 1330 painéis e 1393 Disjuntores.

Na Figura 2.1 podemos observar a evolução do número de linhas e transformadores presentes na RNT que se verificou entre o ano de 2004 e 2013. [5]

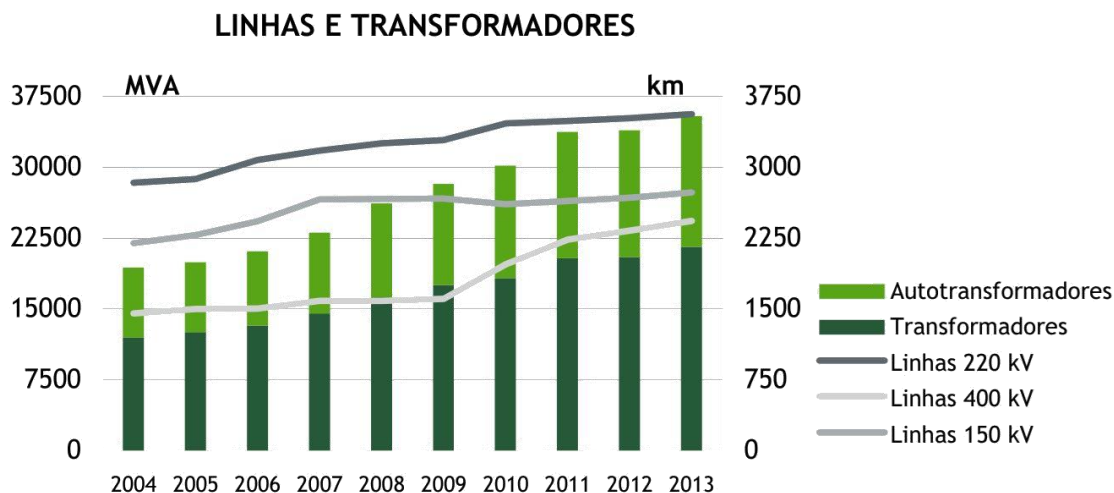


Figura 2.1: Evolução do número de linhas e transformadores na RNT 2004-2013. REN

## 2.2 - Rede Elétrica Nacional, SA

A REN S.A. foi criada em 1994 na sequência da cisão com o grupo EDP S.A., no qual já fazia parte e era denominada por Direção Operacional da Rede Elétrica. Viria a sair oficialmente do grupo em 2000, continuando o processo de privatização e liberalização do mercado energético europeu, que conforme a diretiva 96/92/CE de 19 de Dezembro, impunha a separação jurídica entre empresas responsáveis pela produção e pela distribuição de eletricidade. O Governo procedeu à autonomização da REN, atribuindo-lhe a concessão da RNT consolidando assim a sua posição como entidade independente dos restantes operadores.

A Rede Elétrica Nacional adquiriu, em 2006, a unidade de negócio de gás natural e já em 2007 foi constituída uma sociedade gestora de participações sociais, denominada por Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A. que detém, entre outras, as sociedades de eletricidade e gás natural bem como, a título de exemplo, a REN Serviços e a REN Telecom.[6]

A visão da REN é ser um dos mais eficientes operadores europeus de redes de transporte de energia, criando valor para os seus acionistas dentro de um quadro de desenvolvimento sustentável. Assume como seus principais valores fundamentais:

- **Garantia de abastecimento:** Explorar e desenvolver as atividades concessionadas e as interligações de modo a garantir o transporte ininterrupto de energia, satisfazendo todos os critérios de qualidade, criando as condições técnicas para o mercado ibérico de eletricidade.
- **Imparcialidade:** Garantir a todos os intervenientes no mercado energético, produtores, distribuidores, comercializadores e consumidores, o acesso às suas redes e demais infraestruturas de forma não discriminatória e em condições de igualdade de tratamento.

- **Eficiência:** Desempenhar com rigor todas as tarefas que lhe são cometidas e, com a melhor utilização de todos os recursos, contribuir para o desenvolvimento do País, tendo em vista o bem-estar das populações e a criação de valor para os seus acionistas.
- **Sustentabilidade:** Gerir as suas atividades de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, nas vertentes económica, social e ambiental, com aposta no apoio à investigação e desenvolvimento e, ainda, na formação, na ética e no desenvolvimento do potencial dos seus recursos humanos.

## 2.2.1 - Missão e Responsabilidades

A REN, mais especificamente a sua unidade de negócio de eletricidade, encontra-se dividida em quatro grandes áreas de atividade correspondendo estas à cadeia de valor da RNT e são as áreas de planeamento, investimento, exploração e gestão do sistema como se pode observar na figura seguinte.

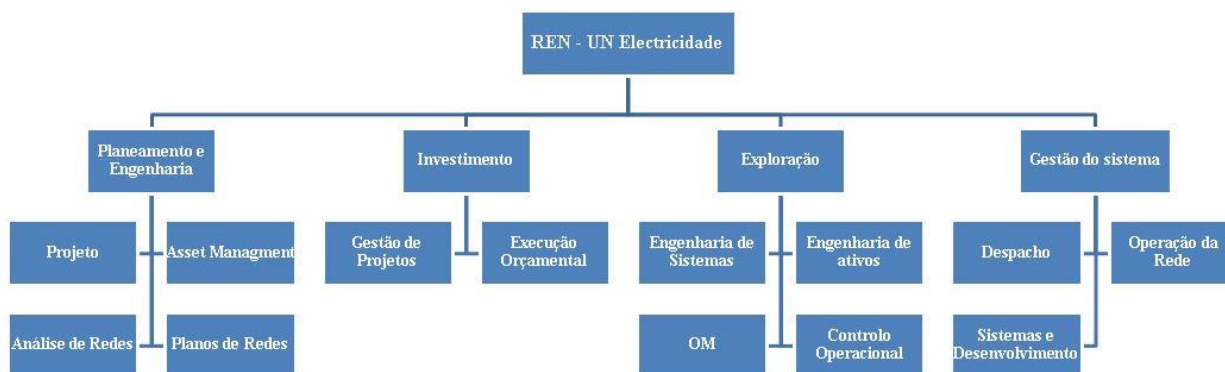


Figura 2.2: Organograma estrutural da unidade de negócio de Eletricidade REN.

De seguida estão detalhadas as missões destas quatro direções e a suas principais responsabilidades, conforme consta em [7]:

- **Planeamento e Engenharia**

Esta direção desenvolve a sua atividade no sentido de planear e coordenar a evolução da RNT através da definição de estratégias e garantindo que o desempenho da rede está de acordo com as necessidades do SEN. Elabora ainda o PDIRT – Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede de Transporte de Eletricidade.

- **Investimento**

Coordenar e controlar a execução dos projetos e das obras do PDIRT, mantendo contacto com as entidades oficiais e com o público geral, de acordo com a legislação nacional e políticas da REN em matéria de ambiente, segurança e desenvolvimento sustentável, de modo a garantir que a concretização das obras e a entrada em funcionamento das infraestruturas ocorre nos prazos e orçamentos estabelecidos.

- **Exploração**

A principal função desta direção é a coordenação e manutenção operacional de todos os ativos materiais que constituem a RNT adotando uma política de manutenção adequada. Elabora

especificações técnicas e funcionais para os Sistemas de Comando, Controlo, Proteção e Alimentação no sentido de garantir a integridade da RNT e a qualidade de serviço da rede.

- **Gestão do Sistema**

Esta direção opera no sentido de garantir a segurança da RNT e das interligações com a rede continental europeia assegurando o bom funcionamento do SEN de acordo com estratégias e políticas definidas e a legislação vigente. Tem ainda como responsabilidade manter o equilíbrio entre a produção e o consumo.

Esta dissertação foi realizada em conjunto com duas direções da UN Eletricidade da REN, sendo uma delas a direção de gestão do sistema, em particular o departamento de operação da rede (GSOR) e a direção de exploração, em particular o departamento de engenharia de ativos (EXEA).

## 2.2.2 - Gestão do Sistema

O direção de gestão do sistema encontra-se dividida em três departamentos, sendo eles o Centro de Despacho, a Operação da Rede e o departamento de Sistemas e Desenvolvimento.

### 2.2.2.1 -Centro de Operação da Rede

O Centro de Operação da Rede (COR) está sediado em Vermoim na Maia tem como principal missão garantir a continuidade do serviço e realizar a supervisão e operação remota em tempo real da RNT com a qualidade de serviço exigível, em coordenação com as equipas de operação e manutenção local que prestam apoio às subestações e com as salas de comando das entidades externas ligadas à RNT (Centrais de Produção, Consumidores MAT, EDP Distribuição e REE – Rede Elétrica de Espanha) e em colaboração com o Centro de Controlo, da mesma Direção (GSDS). [8]

As principais funções que o COR realiza são:

- Supervisão em tempo real da RNT através do sistema SCADA, de modo a reagir prontamente a perturbações na sua topologia ou nas grandezas de tensão, corrente, frequência e temperatura, realizando as manobras necessárias para a reposição das condições normais de operação;
- Monitorizar continuamente os equipamentos das instalações da REN e realizar diagnóstico de avarias e análise de incidentes, atribuindo-lhes um grau de gravidade e notificando os agentes necessários para a sua resolução. Recolher e registar toda a informação relativa a incidentes na base de dados de incidentes (GestInc);
- Em regime normal executar por telecomando as manobras necessárias nas instalações da REN, efetuando as comunicações necessárias para assegurar a coordenação com as salas de comando das entidades externas e com as equipas de operação no local;



- Participar em processos de criação de condições de segurança para trabalhos na RNT, assumindo o papel de Responsável e efetuando a emissão/receção das Autorizações de Trabalho;
- Participar na programação de trabalhos que impliquem indisponibilidades e regimes especiais de exploração em instalações da RNT. Elaboração do plano anual de Indisponibilidades.



Figura 2.3: Instalações do COR (Vermoim, Maia). Fonte: Autor

#### 2.2.2.2 -Centro de Despacho; Sistemas e Desenvolvimento

O Centro de Despacho (CD) da REN está localizado em Sacavém, Loures e tem como principal missão coordenar o funcionamento do sistema elétrico nacional procurando garantir permanentemente o equilíbrio entre a produção e o consumo de eletricidade, garantindo o contínuo abastecimento e a segurança do sistema.

As principais funções realizadas pelo CD são:

- Efetuar, em antecipação, a previsão do consumo a curto prazo, da capacidade de interligação e das necessidades da reserva de geração;
- Assegurar a verificação técnica da operação do sistema elétrico, conjugando os programas de produção e consumo dos agentes do mercado MIBEL;
- Verificação da capacidade comercial da interligação em tempo real, introduzindo restrições quando se justifique, dando conhecimento aos agentes de mercado.

A divisão de Sistemas e Desenvolvimento (SD) tem como missão gerir os sistemas de informação de suporte à atividade do departamento de GS procurando garantir a fiabilidade e

segurança da operação e controlo remoto da rede, e adaptando-os à evolução das suas necessidades.

### 2.2.2.3 -Sistema de aquisição de dados (SCADA)

No exercício das suas funções a direção de Gestão do Sistema e os departamentos que a constituem necessitam de equipamentos que possibilitem a constante supervisão da RNT e de todos os elementos que dela fazem parte. O sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) é a ferramenta que permite, em tempo real, a aquisição de dados e a emissão de comandos de operação da rede através de um sistema de telecomunicações constituído por uma rede física de transmissão de dados e unidades de terminais remotas (RTU).

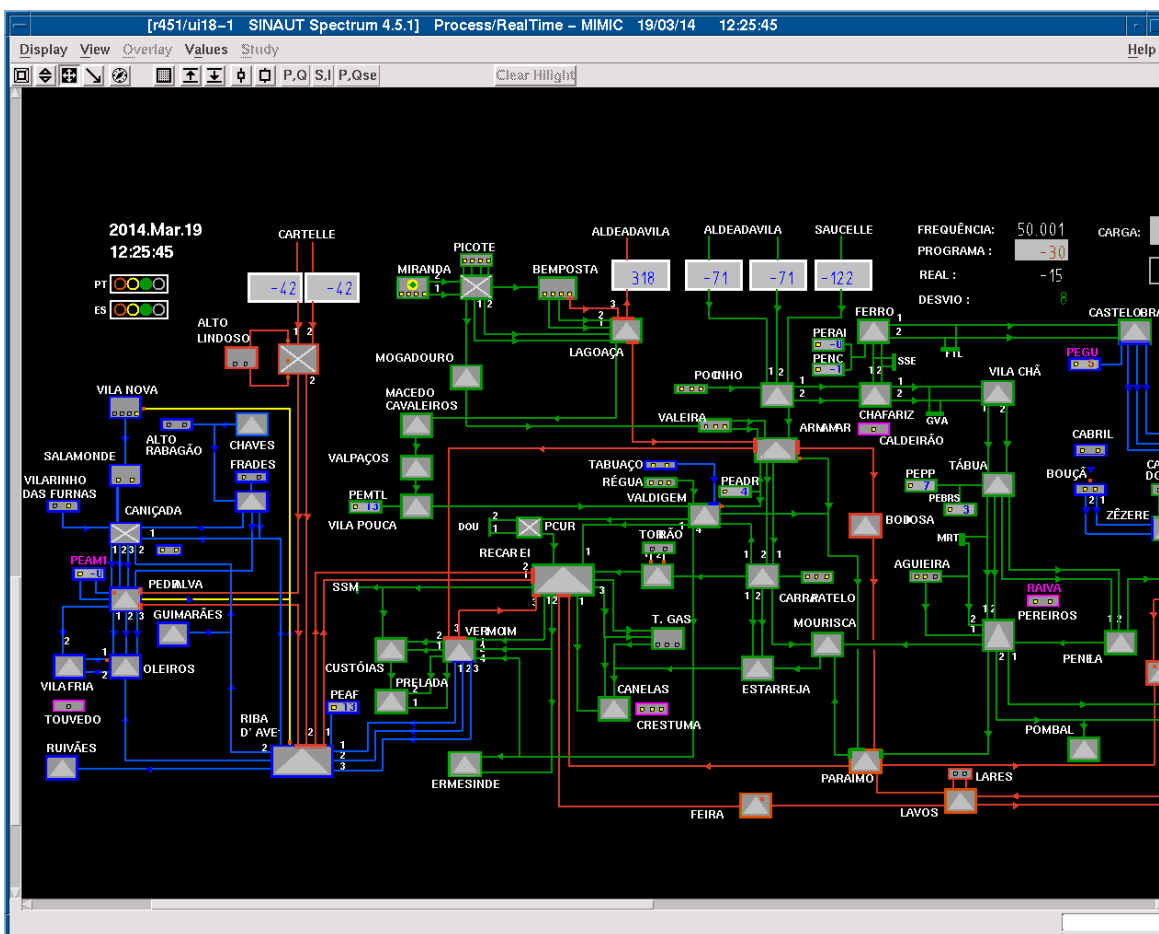


Figura 2.4: Representação do esquema das ligações da RNT observado no sinótico do SCADA em 19/Mar/2014. REN

A ocorrência de anomalias no regime normal de operação é transmitida pelas RTU como sinalizações de alarme para o SCADA. Na receção destas sinalizações o SCADA processa a data/hora da ocorrência, armazenando-a e catalogando-a de acordo com o tipo de evento ocorrido na rede, tornando a informação disponível para análise por parte do operador.

O tipo de alarmes existentes, além ser proveniente das RTU pode também ser gerado no SCADA e são divididos em dois grupos, os alarmes urgentes e não urgentes. Esta divisão permite uma melhor triagem da informação existente e torna mais eficaz a sua análise.

EN		2014.Jun.18 10:11		Lista Geral de Eventos		15 / 22	
18.06	08:32:16,***	CVF	G1	SB1	Fechado		
18.06	08:32:31,720	SAL	M412 LAL.CTL1	Disjuntor	Aberto	ResCom	COR
18.06	08:32:36,740	SAL		Fechar Sec Isol D2	Inicio		
18.06	08:32:37,040	SAL	M422 LAL.RA2	Disjuntor	Aberto	ResCom	COR
18.06	08:32:37,180	SAL		Fechar Sec Isol D2	Fim		
18.06	08:33:37,820	SAL	M432	SLB2	Aberto		
18.06	08:33:55,840	SPD	TR1	Tomada No.	09		
18.06	08:34:19	ELRB	LLRBNUD1	Pot. Aparen 1200 MVA	Inicio	Alta	1020
18.06	08:34:40,010	SCN	626 LCN. N. REGEDOURA	SB1	dist		
18.06	08:34:40,090	SCN	626 LCN. N. REGEDOURA	SB1	Aberto		
18.06	08:34:49	ELRB	LLRBNUD1	Pot. Aparen 0 MVA	Fim	Alta	1020
18.06	08:34:49,753	SPD	TR2	Tomada No.	09		
18.06	08:35:52	CBC		Falha RTU SICAM	Inicio		
18.06	08:35:58	CRV		Falha RTU SICAM	Inicio		
18.06	08:36:09	ELRB	LLRBNUD1	Pot. Aparen 1199 MVA	Inicio	Alta	1020
18.06	08:36:14	CBC		Falha RTU SICAM	Fim		
18.06	08:36:27	SRA	TR6	Tomada No.	11		
18.06	08:36:31	SRA	TR7	Tomada No.	10		
18.06	08:36:54	EJMO	M433	SILB	Fechado		
18.06	08:38:40	CRV		Falha RTU SICAM	Fim		
18.06	08:38:59	ELRB	LLRBNUD1	Pot. Aparen 600 MVA	Fim	Alta	1020
18.06	08:39:40	EBZT	LBZTVDC	SIL	Aberto		
18.06	08:40:01,619	SET		Agente	Inicio		

Figura 2.5: Exemplo ilustrativo da lista de alarmes do SCADA. REN

De modo a tornar mais simples a leitura e compreensão da informação do SCADA este possui coloração dinâmica. Com o auxílio de um código de cores estabelecido os equipamentos representados estão associados aos diferentes níveis de tensão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Coloração dinâmica utilizada no SCADA para os diferentes níveis de tensão

Cor	Nível de Tensão	
Vermelho	400 kV	
Verde	220 kV	MAT
Azul	150 kV	
Bordô	60 kV	AT

### 2.2.3 - Engenharia de Ativos

O departamento de Engenharia de Ativos (EA) em conjunto com os departamentos de Engenharia de Sistemas, de OM e de Controlo Operacional constituem a direção de exploração da UN de Eletricidade da REN. Esta direção tem como missão garantir a disponibilidade e a fiabilidade dos ativos primários e sistemas em exploração, através da execução e do controlo de ações de manutenção e intervenções urgentes sobre as instalações e infraestruturas.

De modo a cumprir a missão incumbida à da direção de exploração, o departamento de EA define quais os requisitos funcionais dos ativos primários, e implementa programas de ensaio/inspeção a estes com o objetivo de diagnosticar a sua condição. Em caso de incidente, efetua uma análise do

comportamento dos equipamentos e identifica ainda necessidades de remodelação de instalações, numa lógica de otimização do seu ciclo de vida.

## 2.3 - Qualidade de serviço

A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) pública anualmente o Relatório da Qualidade do Serviço [9] tornando assim possível aos intervenientes do setor elétrico verificar se a sua operação vai de encontro aos padrões de qualidade estabelecidos no Regulamento da Qualidade do Serviço [3].

Na última década a REN tem conseguido desenvolver a sua atividade no sentido de melhorar o desempenho da RNT, tendo conseguido em 2012 atingir um marco histórico na qualidade de serviço do fornecimento de energia elétrica, não havendo qualquer registo de interrupções superiores a três minutos.

### 2.3.1 - Continuidade de serviço

A continuidade de serviço no fornecimento de energia elétrica é avaliada segundo dois tipos de indicadores de qualidade de serviço, sendo estes de natureza geral ou individual. Os indicadores de natureza geral são:

- Energia não fornecida (ENF) calculada em MWh;
- Tempo de interrupção equivalente (TIE) calculado em minutos;
- Duração média das interrupções do sistema (SAIDI) calculado em minutos;
- Frequência média de interrupções longas (SAIFI);
- Tempo médio de reposição de serviço do sistema (SARI) calculado em minutos;

Os indicadores de natureza individual, calculados anualmente, são:

- Frequência das interrupções;
- Duração total das interrupções.

### 2.3.2 - Disponibilidade

No sentido de promover a existência de maior fiabilidade nos elementos da rede de transporte, a ERSE introduziu um mecanismo de incentivo ao aumento da disponibilidade. Este mecanismo incide sobre o indicador de Taxa Combinada de Disponibilidade (TCD). Na construção deste indicador são analisadas as disponibilidades de dois elementos cruciais da RNT e seus respetivos painéis. Estes elementos são os circuitos de linhas (aéreas e subterrâneas) e os transformadores de potência (Transformadores de entrega à rede de distribuição e autotransformadores).



Figura 2.6: Valores da TCD registados no período 2008-2012. ERSE

O valor da TCD fixado pela ERSE é de 97,5% e consoante a REN possua um valor acima ou abaixo do nível de referência estabelecido, é-lhe atribuído um incentivo ou uma penalidade económica. No final de 2013 o valor da TCD estava situado nos 98,89% sendo que a média desde de 2008 até ao final de 2012 foi de 97,90%.

# Capítulo 3

## Disjuntores de alta tensão

Os disjuntores são elementos cruciais para o funcionamento da rede, proporcionando funções de controlo ao seu operador. Os disjuntores podem ser operados manual ou automaticamente de modo manter os circuitos elétricos ligados ou desligados permitindo ou não o fluxo da corrente. Eles encontram-se normalmente na posição fechada, conduzindo a corrente elétrica e são chamados a atuar ocasionalmente para interromper situações de defeito que surgem na rede protegendo assim os equipamentos que a constituem de danos. Por esta razão os disjuntores tem de ser equipamentos ao qual esta associada um elevada fiabilidade devido ao seu extenso período estacionário e à rápida necessidade de atuação.

Atualmente o número de manobras efetuadas pelos disjuntores aumentou. Este aumento deve-se ao fato de os operadores da rede efetuarem cada vez mais o uso racional dos recursos elétricos. Retirar linhas aéreas de serviço ou ligar baterias de condensadores à rede de modo a controlar o perfil das tensões, a reduzir as perdas e a criar condições de segurança para trabalhos fora de tensão são algumas das manobras em que os disjuntores prestam auxílio.

No âmbito desta dissertação é efetuado, ao longo deste capítulo, um estudo do princípio de funcionamento do disjuntor, dos principais elementos que o constituem e do tipo de tecnologia que estes utilizam para interromper a corrente. Finalmente são analisados os diferentes tipos de correntes que estes tem de interromper e os fenómenos associados a cada corte.

### 3.1 - Princípio de funcionamento e constituintes

Um disjuntor é um equipamento elétrico, de comutação mecânica, capaz de conduzir ou interromper a corrente em condições normais de operação ou em condições de defeito. De modo a efetuar esta interrupção o disjuntor tem a capacidade de, no menor espaço de tempo possível, passar de um condutor ideal a um isolador e vice-versa. [10]

O disjuntor de alta tensão deve cumprir os seguintes requisitos:

- No estado fechado, em regime normal, ser capaz de conduzir a corrente nominal e suportar correntes de curto-circuito sem que haja um aumento de temperatura ou falha mecânica dos seus componentes;
- No estado fechado ou aberto, em regime normal, ser capaz de suportar qualquer tipo de sobretensão dentro da sua gama de operação;
- No funcionamento à sua tensão nominal, ser capaz de conduzir ou interromper qualquer corrente, dentro da sua gama de operação sem ficar inoperacional.

### 3.1.1 – Interrupção do arco elétrico

A natureza altamente indutiva dos sistemas de energia torna impossível a interrupção instantânea da corrente. No momento em que ocorre a separação dos contactos dá-se, no espaço entre eles, o aparecimento de um arco elétrico. Este arco elétrico permite a continuação do fluxo da corrente até ao momento em que é interrompido. [11]

Um arco elétrico é constituído por um canal de plasma estreito e brilhante com alta condutividade que pode atingir temperaturas na ordem dos 5.000°C a 20.000°C dependendo da corrente que por ele passa. Devido a estas altas temperaturas os arcos elétricos deterioram continuamente os contatos pelo que estes possuem um ciclo de vida limitado ao número de manobras efetuadas pelo disjuntor. [10]

De modo a interromper o arco elétrico é necessário a conjugação de dois requisitos em simultâneo. O primeiro requisito é que a corrente seja nula de modo a que o arco não se estabeleça. Nos sistemas de Corrente Alternada (CA) a corrente toma o valor zero duas vezes por cada ciclo. Em sistemas de Corrente Contínua (CC) a corrente nunca toma o valor zero pelo que se torna necessário recorrer a meios que o permitam obter (Ex.: Injeção de corrente em sentido oposto). No âmbito deste estudo torna-se apenas relevante analisar o caso de sistemas em CA, pelo que a análise da extinção do arco em sistema CC não se torna relevante.

Em sistema de CA no momento em que a corrente atinge o valor zero, de modo a impedir o restabelecimento do arco, é necessário que o meio onde os contatos se encontram seja arrefecido de modo a inibir a sua condutividade.[12]

O segundo requisito, após o desaparecimento do arco, é que o meio onde se encontram localizados os contatos, além de ser arrefecido, tenha a capacidade de restabelecer o regime dielétrico de modo a suportar a Tensão Transitória de Recuperação, Figura 3.1. A TTR surge no momento de separação dos contatos e pode atingir um valor desde 1.5 a 3 vezes o valor da tensão do sistema.

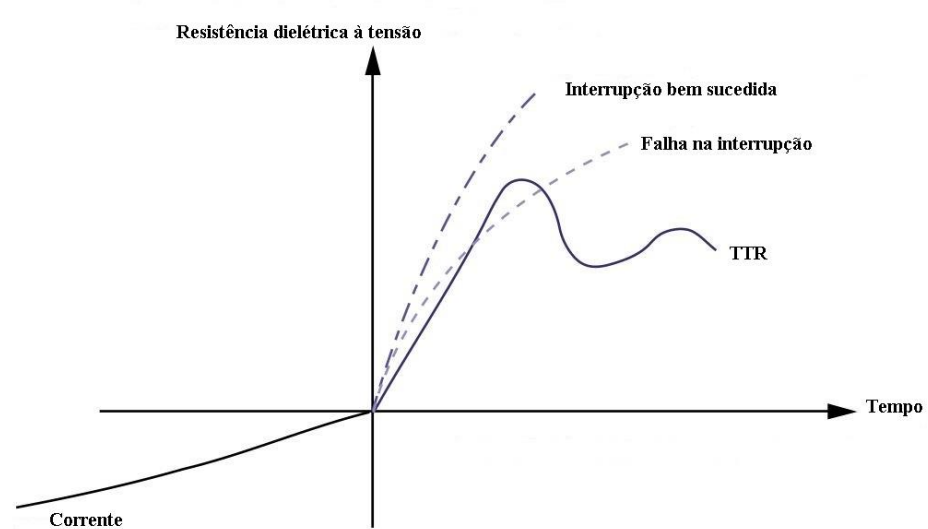


Figura 3.1: Restabelecimento do regime dielétrico comparado com o aumento da tensão transitória de recuperação (TTR)

No caso de a TTR aumentar mais rapidamente que o restabelecimento do regime dielétrico do meio ocorre a formação de um novo arco elétrico. Nesta situação o disjuntor irá efetuar uma nova tentativa de interrupção do arco no próximo valor de zero da corrente.

### 3.1.2 – Elementos constituintes

Devido à variedade de configurações existentes nos disjuntores são apresentados os principais grupos de equipamentos e elementos constituintes de acordo com a função que desempenham.

- Condução de corrente

Este tipo de equipamentos tem como principal função a condução da corrente, quando o disjuntor se encontra na posição fechada. Os contatos e os terminais de um disjuntor estão englobados neste grupo de equipamentos. Existem ainda uma distinção ao nível dos contatos estando estes divididos em principais e auxiliares, sendo que os auxiliares têm como objetivo ser o último ponto de contato antes da separação sofrendo assim uma maior ação de desgaste.

- Isolamento

O isolamento é conseguido através de uma combinação de materiais dielétricos, podendo estes ser sólidos, líquidos ou gasosos. A porcelana e o vidro são materiais geralmente utilizados como isoladores sólidos. O ar (Vácuo), o nitrogénio e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) são bons exemplos de materiais com elevada rigidez dielétrica. [13]



- Mecanismo de Operação

Os equipamentos que constituem o mecanismo de operação têm como principal função a separação e aproximação dos contatos. Estes mecanismos devem atuar de forma imediata no momento da separação dos contatos. Podem ser constituídos por um circuito hidráulico, pneumático ou por um conjunto de molas auxiliadas por motor. Existe ainda a possibilidade de combinar dois mecanismos como exemplo: fecho do disjuntor hidráulico e abertura com mola; fecho do disjuntor pneumático e abertura com mola. [13]

- Equipamento auxiliar

De modo a permitir a operação dos disjuntores existem equipamentos de comando e controlo. Estes encontram-se no exterior dos disjuntores, sendo alimentados por uma tensão de 110-220 V em CC, e tem como função enviar os comandos de abertura ou fecho para o mecanismo de operação permitindo ainda a sua operação manual. Existem também equipamentos de monitorização que têm como propósito o envio de sinalizações, alarmes.

Dentro deste conjunto de equipamentos existem ainda condensadores auxiliares e resistências de pré-inserção. Os condensadores são instalados em paralelo no caso de existirem dois ou mais disjuntores em série. A sua função é evitar que as sobretensões ocorram apenas num único disjuntor. As resistências são utilizadas em circuitos de linhas e tem como propósito a redução do valor da TTR verificada na religação de linhas de transmissão sem carga.[12]

### 3.1.3 – Classificação de disjuntores

Os disjuntores, como os seus elementos constituintes, podem também ser agrupados segundo um conjunto de critérios de classificação. Este são por exemplo o nível de tensão, o tipo de instalação, o tipo de configuração externa, o tipo de meio que utilizam para extinção do arco e ainda o tipo de função que desempenham na rede. Em seguida é apresentada uma breve descrição para cada conjunto.

- Por nível de tensão

Segundo [10] a classificação de disjuntores por nível de tensão pode ser dividida em dois grandes grupos. Disjuntores de baixa tensão, os quais possuem tensão nominal até 1000 V e disjuntores de alta tensão que operam com tensão nominal de 1000 V ou superior. No enquadramento deste estudo só se torna relevante efetuar uma análise com maior detalhe ao grupo de disjuntores de alta tensão devido aos níveis de tensão existentes na RNT.

- Por tipo de instalação

A classificação por tipo de instalação centra-se no fato de os disjuntores se encontrarem em ambiente exterior ou interior não estando expostos às condições atmosféricas. As principais

diferenças na constituição deste tipo de disjuntores podem ser encontradas na forma como o seu revestimento é constituído e no tipo de material utilizado.

- Por tipo de configuração externa

Ao nível de configuração externa, os disjuntores podem ser classificados segundo duas formas: *dead tank* ou *live tank*. Segundo [14] um disjuntor do tipo *dead tank* é aquele que possui a câmara de corte, onde se encontram os contatos e o meio extintor, ligada à massa. No disjuntor do tipo *live tank* a câmara de corte encontra-se em tensão.

Em países/agentes que adotem a norma ANSI são utilizados disjuntores do tipo *dead tank*. A REN como operadora da RNT adotou a norma IEC que especifica a utilização de disjuntores do tipo *live tank* os quais possuem as seguintes vantagens: Menor custo; Menor área de instalação; Menor quantidade de meio interruptor (Ex.: Óleo, SF6).



Figura 3.2: Configuração externa tipo *dead tank* (esquerda) e *live tank* (direita)

- Por tipo de meio interruptor

A classificação quanto ao meio interruptor é de certa forma a mais relevante. Esta é resultado do desenvolvimento que se verificou na tecnologia dos disjuntores desde o início do século XX até à atualidade. Ao longo dos últimos 100 anos a constante subida dos níveis de tensão existentes na rede exigiu que os disjuntores tivessem a capacidade de a suportar.

Numa primeira fase eram utilizados disjuntores que utilizavam o óleo e o ar como principais meios de interrupção. No final da década de 70 no uso de hexafluoreto de enxofre e vácuo foi generalizado, sendo estes os principais meios interruptores utilizados atualmente.[15]

Na secção 3.2 podemos encontrar informação mais detalhada dos diferentes tipos de disjuntores de acordo com o seu meio interruptor.

- Por tipo de função

A função principal dos disjuntores é interromper situações de defeito na rede. No entanto o disjuntor é também utilizado atualmente para efetuar um conjunto de diferentes manobras em situação de exploração normal na rede. Como exemplos temos então: Ligação de baterias de condensadores; Ligação de reactâncias shunt; Abertura de linhas em vazio; Ligação de transformadores.

## 3.2 - Tipos de disjuntores por meio extintor

Sendo este o tipo de classificação que distingue as tecnologias existentes na interrupção de corrente em alta tensão, nesta secção encontramos detalhadas as principais características associadas a cada tecnologia. Na Figura 3.3 observa-se as principais tecnologias utilizadas ao longo do século XX na interrupção do arco elétrico.

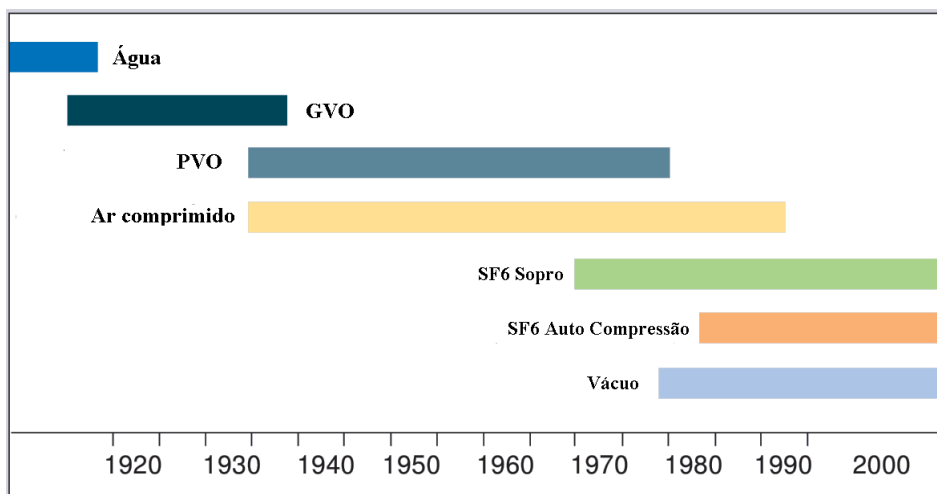


Figura 3.3: Evolução da tecnologia do tipo de meio interruptor ao longo do século XX. Siemens

### 3.2.1 – Disjuntores a óleo

Os disjuntores a óleo foram desenvolvidos no início do século XX e são ainda utilizados em alguns locais do mundo. Em 1901 J.N. Kelman construiu e implementou o primeiro disjuntor que funcionava numa rede de 40 kV e era capaz de interromper uma corrente de 200 a 300 A. Este era constituído por dois barris que continham no seu interior uma mistura de óleo e água onde os contactos eram submersos de forma a interromper a corrente.[16]

Este tipo de disjuntores recorre a um princípio de autoextinção do arco elétrico. Com o aparecimento do arco, a sua alta temperatura leva à vaporização do óleo envolvente, ocorrendo a

formação de uma bolsa de gás. Esta bolsa de gás, composta maioritariamente por hidrogénio (aproximadamente 60% a 80%) envolve o arco, arrefecendo-o e levando à sua extinção. Apesar do hidrogénio ser considerado um bom meio isolador, o difícil manuseamento e elevado custo deste gás inviabilizou o desenvolvimento de disjuntores que utilizassem somente esta tecnologia.

Este tipo de disjuntores pode ser dividido em duas tecnologias diferentes: Grande Volume de Óleo (GVO) e Pequeno Volume de Óleo (PVO).

Os disjuntores GVO foram o primeiro tipo de tecnologia utilizada, estes consistiam num grande reservatório que continha óleo onde se encontravam submersos os contatos em tensão. Este tipo de disjuntores recorria ao óleo não só como meio de extinção mas também como isolante dos elementos em tensão devido á sua elevada rigidez dielétrica. Este tipo de tecnologia tinha como principais desvantagens o seu grande tamanho e a utilização de uma elevada quantidade de óleo, sendo necessários aproximadamente 12.000 litros para um disjuntor com capacidade de 145 kV. [17]



Figura 3.4: Disjuntor de Grande Volume de Óleo (GVO)

De modo a diminuir o espaço necessário e a conseguir suportar o preço do óleo, foram desenvolvidos na Europa os disjuntores do tipo PVO. A principal diferença entre estas tecnologias encontra-se no fato de os disjuntores PVO utilizarem o óleo apenas como meio de extinção, utilizando materiais como a porcelana para o isolamento dos componentes em tensão. A extinção do arco neste tipo de disjuntores ocorre na camara de corte. Quando os contatos efetuam o movimento de abertura, a pressão da camara aumenta e é introduzido o óleo de modo a arrefecer o arco elétrico.

Atualmente a utilização deste tipo de disjuntores nas redes AT não é muito generalizada devido ao impacto ambiental que está associado ao óleo e à sua manutenção, e também devido a problemas relacionados com o corte de baixas correntes.

### 3.2.2 – Disjuntores a ar comprimido

A tecnologia do ar comprimido, ou *air-blast* na literatura anglo-saxónica, aplicada aos disjuntores foi generalizada por volta de 1940 e foi considerada, durante muitos anos, a tecnologia de referência a utilizar em redes com elevados níveis de tensão. O princípio de funcionamento deste disjuntor é baseado no arrefecimento do arco eléctrico recorrendo ao ar comprimido. Ao elevar a pressão do ar este possui uma maior capacidade de arrefecimento, sendo capaz de interromper corrente mais elevadas e funcionar com altos níveis de tensão.

O ar pode também ser utilizado como meio extintor à pressão atmosférica. No entanto este tipo de aplicações só é utilizado em BT e MT pelo que a sua análise não se enquadra no âmbito desta dissertação.



Figura 3.5: Disjuntor a ar comprimido

Analogamente ao disjuntor de PVO, o processo de interrupção da corrente é iniciado com a separação contatos e a formação do arco eléctrico, entre os contactos, no interior da camara de corte. No momento de formação do arco é introduzido na camara, através de um bocal, o jato de ar a alta pressão. Dependendo da configuração, o jato de ar comprimido pode ser introduzido axialmente ou perpendicularmente ao arco eléctrico.

Algumas das principais vantagens deste tipo de tecnologia são:

- Abundancia do ar;
- Estabilidade química do ar;
- Rápido tempo de interrupção;
- Baixa manutenção.

A grande desvantagem destes disjuntores encontra-se no elevado nível de ruído que advém da sua operação.

A introdução deste tipo de tecnologia veio tornar possível o desenvolvimento de tecnologias baseadas no mesmo princípio de funcionamento. Através da utilização de diferentes tipos de gases como meios de interrupção, foi desenvolvida a tecnologia de disjuntores a SF<sub>6</sub>, a qual será analisada com maior detalhe, na secção 3.2.4.

### 3.2.3 – Disjuntores a vácuo

Os primeiros desenvolvimentos neste tipo de tecnologia aconteceram por volta de 1926, mas só no final da década de 60 é que foi iniciada a sua utilização a nível comercial. O desenvolvimento desta tecnologia foi condicionado pelos avanços que ocorreram, na indústria metalúrgica, nomeadamente no processo de fabrico de eléctrodos não libertadores de gases.

O princípio de funcionamento desta tecnologia é baseado na elevada resistência dielétrica do vácuo, a qual é consideravelmente superior a do ar e do óleo. Devido a este fato uma distância de aproximadamente 1 cm entre os contatos é suficiente para conseguir extinguir o arco elétrico.[18]

Neste tipo de disjuntores a interrupção do arco não ocorre devido a um meio de extinção. No momento em que os contatos são separados, ocorre a formação do arco através da explosão do metal, transformando-o em vapor. O arco é posteriormente difundido através da interação com campo magnético. Como podemos observar na imagem seguinte os contatos são fabricados com ranhuras em forma de espiral de modo a induzir o movimento de rotação do arco.

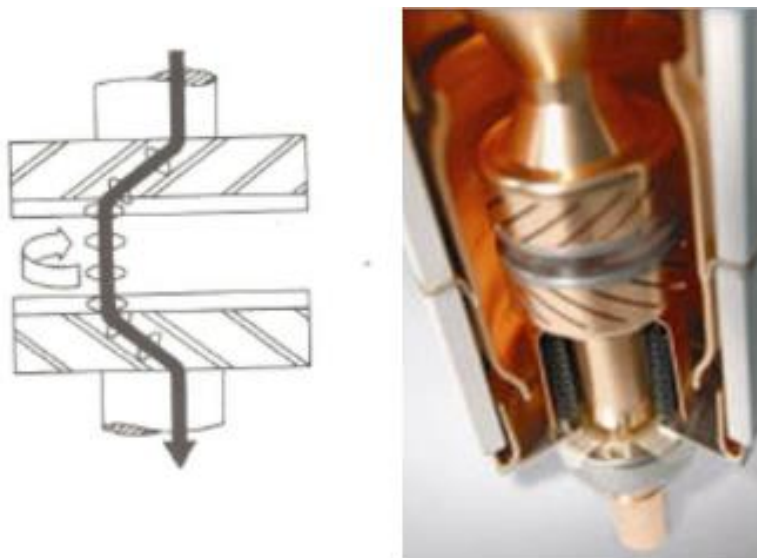


Figura 3.6: Movimento de rotação dos contatos (esquerda). Contatos de um disjuntor de vácuo (direita)

A vantagem desta tecnologia reside na baixa necessidade de manutenção. No entanto só permitem a operação em redes com tensão até 72,5 kV sendo capazes de interromper correntes até 31,5 kA.

Não sendo comum o seu uso em redes MAT e AT a análise desta tecnologia é efetuada nesta secção para uma melhor compreensão dos vários métodos existentes para a interrupção do arco.

### 3.2.4 – Disjuntores a SF6

O hexafluoreto de enxofre é um gás que não apresenta cor ou cheiro, muito estável, não corrosivo, não inflamável e não tóxico. Possui uma elevada resistência dielétrica sendo que esta, em condições semelhantes, é duas vezes superior à do ar e a uma pressão de 3 atm (300 kPa) é aproximadamente igual à do óleo.

A primeira utilização de SF6 como meio de extinção do arco foi registada por volta de 1940, mas só em 1960 é que a tecnologia foi introduzida no mercado. Numa primeira iteração, este tipo de disjuntores partilhava a mesma técnica utilizada nos disjuntores de ar comprimido. Os contatos estavam localizados dentro de uma camara de corte que continha SF6, e de modo a arrefecer o arco era introduzido gás a alta pressão, proveniente de um reservatório, segundo o eixo axial em relação ao arco elétrico. Este tipo de disjuntores eram denominados de SF6 a dupla pressão. Estes disjuntores necessitavam de manter o reservatório de SF6 a alta pressão aquecido de modo a prevenir a liquefação do gás. Diversas falhas no sistema de aquecimento condicionaram a utilização destes disjuntores pelo que deixaram de ser utilizados.

De modo a solucionar os problemas existentes nos disjuntores de dupla pressão, foram desenvolvidos os disjuntores de camara de corte a pressão única. Em relação aos disjuntores de pressão única podemos ainda destacar duas tecnologias distintas. Existem disjuntores do tipo SF6 a sopro (puffer) e do tipo SF6 Auto compressão (self-blast).

Na operação dos disjuntores a sopro, o afastamento dos contatos cria pressão no volume do sopro localizado inferiormente ao contato inferior. Este aumento de pressão no gás força o seu movimento, sendo conseqüentemente expelido através dos bocais auxiliares arrefecendo o arco elétrico. A desvantagem deste tipo de disjuntor encontra-se no fato de necessitar de uma elevada quantidade de energia para a separação dos contatos e compressão do volume do sopro.

Os disjuntores SF6 de auto compressão utilizam a grande quantidade de energia térmica proveniente do arco elétrico de modo a elevar a temperatura e a pressão do gás. Este aumento da pressão do gás é aproveitado por um cilindro de aquecimento que liberta o SF6 através dos bocais auxiliares arrefecendo o arco. No caso deste disjuntor efetuar um corte a uma corrente baixa, a pressão no cilindro de aquecimento não é suficiente para fechar a válvula de retenção. Esta encontra-se situada entre o cilindro e o volume de compressão pelo que o princípio de funcionamento nesta situação é análogo a um disjuntor de sopro.



Figura 3.7: Disjuntor a SF6 para 400 kV com dupla câmara de corte.

Devido a decomposição do gás que resulta na operação deste tipo de disjuntores, estes são equipados com uma unidade de auxílio à regeneração do gás composta por uma mistura de carbonato de sódio ( $\text{NaOH} + \text{CaO}$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Estes disjuntores também necessitam de constante monitorização e manutenção do estado do SF6 de modo a detetar eventuais fugas. Apesar das características acima descritas, este é o gás com maior potencial de contribuição para o aquecimento global.[19]

Este tipo de disjuntores são atualmente a tecnologia mais utilizada na interrupção de corrente em AT e MAT, permitindo cortar correntes de curto-circuito até 63 kA.

### 3.3 - Função dos disjuntores

Como já foi descrita acima além de exercerem a sua função de interrupção de defeitos que surgem na rede, os disjuntores efetuam um conjunto de diferentes manobras que implicam por vezes a interrupção de correntes capacitivas ou indutivas. Nesta secção estão descritos os processos de interrupção consoante o tipo de corrente a interromper.

#### 3.3.1 – Interrupção de defeitos

A interrupção de situações de defeitos na rede é uma operação crucial para a proteção da rede, e dos equipamentos que a constituem, realizada pelos disjuntores. Em sistemas trifásicos as fases encontram-se desfasadas entre si por uma amplitude de  $120^\circ$ . Devido a este fato a extinção do arco elétrico ocorre inicialmente na primeira fase que atinge o zero natural da corrente, encontrando-se o



arco ativo nas restantes fases. Após 90° da extinção do arco na primeira fase ele é extinto nas duas fases restantes simultaneamente. No caso de o condutor de neutro ser isolado ou o defeito não for à terra o valor da tensão de recuperação na primeira fase que extingue o arco pode atingir valores três vezes superior à tensão nominal de uma fase, caso estas sejam equilibradas.

Na ocorrência de um curto-circuito deste tipo longe do disjuntor, a TTR irá possuir componentes a oscilar a diferentes frequências. Além da TTR é necessário considerar também a taxa de aumento da TTR. De acordo com [10] os disjuntores devem ser capazes de suportar uma taxa de aumento da TTR de 2 kV/μs.

No caso de o defeito ocorrer num local próximo do disjuntor (Defeito Quilométrico) a taxa de aumento da TTR é superior a 2 kV/μs atingindo valores na casa dos 3 a 10 kV/μs sendo então necessário a implementação de capacidades/capacitâncias de proteção de modo a reduzir o seu rápido aumento. O defeito quilométrico é a denominação aplicada a defeitos que ocorrem num local desde uma centena de metros até alguns quilómetros do disjuntor.

### 3.3.2 – Interrupção de corrente capacitiva

Na operação de disjuntores localizados em linhas aéreas, cabos subterrâneos sem carga e baterias de condensadores, a corrente que estes necessitam de interromper é do tipo capacitiva. Na interrupção deste tipo de correntes, a tensão existente no lado da carga é superior à tensão que existe do lado da fonte. Este fenómeno é chamado efeito de *Ferranti* e provoca sobretensões no lado da fonte. As consequências que resultam deste efeito são mais severas no caso de linhas aéreas de grande comprimento possuindo elevadas tensões, e no caso de cabos subterrâneos.[18]

No momento de interrupção da corrente, a carga capacitiva encontra-se carregada com a tensão nominal da rede. Após meio ciclo, ocorre a inversão da tensão da rede provocando assim o aumento na tensão para o dobro do valor da tensão da rede. Caso o disjuntor não aguente esta sobretensão, ocorre o restabelecimento do arco elétrico e surge uma corrente com elevada frequência que o disjuntor interrompe meio ciclo depois. No momento da interrupção, a tensão no disjuntor devido à tensão da carga capacitiva já é 3 vezes superior à da rede, continuando a aumentar por cada interrupção de corrente que o disjuntor seja incapaz de realizar.

Na operação de disjuntores situados em linhas aéreas de transmissão, é operado em primeiro lugar o disjuntor situado no final da linha, ficando a linha sem carga. Em seguida é operado o disjuntor que se situa no início da linha que suporta então a ocorrência da sobretensão.

No caso dos disjuntores situados em cabos subterrâneos a interrupção é semelhante ao caso das linhas aéreas sendo que a única diferença reside na magnitude da corrente a interromper, sendo esta mais elevada no caso dos cabos subterrâneos.

A operação de baterias de condensadores provoca na rede o aparecimento de correntes com altas frequências, sendo que no caso de baterias de condensadores *back to back* estas correntes são mais elevadas. A interrupção da corrente em baterias trifásicas ligadas à massa é considerada apenas como um circuito monofásico, atingindo a corrente aproximadamente duas vezes o valor nominal. No caso de baterias trifásicas sem ligação à massa esta pode atingir três vezes o valor nominal.

### 3.3.3 – Interrupção de corrente indutiva

Na interrupção de elevadas correntes de curto-circuito, a energia proveniente do arco elétrico é suficiente para manter o meio ionizado onde este se forma até à sua interrupção quando a corrente atinge o valor zero. No entanto durante a interrupção de pequenas correntes indutivas o meio ionizado é rapidamente arrefecido, forçando a corrente a extinguir-se antes de esta atingir o seu zero natural. Este fenómeno chama-se de *Current Chopping* [20] e introduz na rede sobretensões com rápidos períodos transitórios, como se pode observar na Figura 3.8. Estas sobretensões provocam reacendimentos do arco e podem levar a falha de equipamentos como os isoladores e os transformadores. A interrupção de correntes indutivas ocorre em disjuntores que têm como função a proteção de transformadores ou de reactâncias de *shunt*.

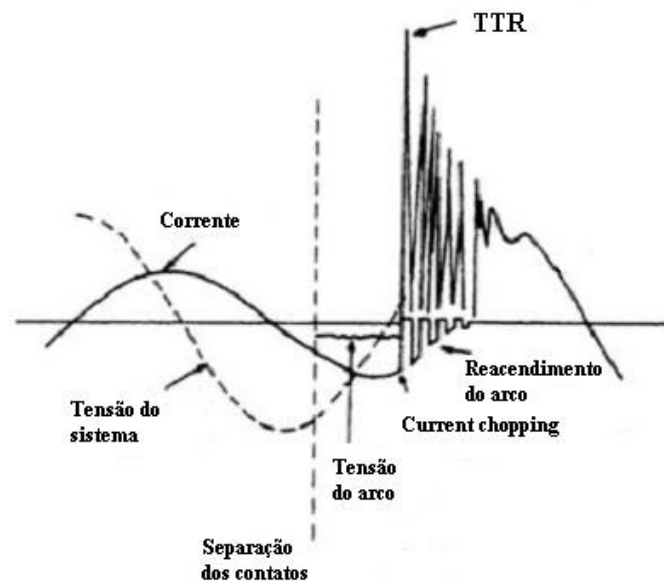


Figura 3.8: Fenómeno de *Current Chopping* no momento de interrupção do arco

O valor da tensão que surge entre os terminais do disjuntor no corte de correntes indutivas pode ser estimado através do balanço energético antes e depois da interrupção do arco. No momento de extinção do arco, o potencial eletromagnético acumulado na indutância  $L$  é transferido para o potencial elétrico da capacitância  $C$ . A equação que representa este balanço energético é:

$$\frac{1}{2}Li_o^2 + \frac{1}{2}Cu_o^2 = E_o$$

Em que,

$L$  Indutância

$C$  Capacitância

$i_o$  Corrente no momento da interrupção

$u_o$  tensão no momento da interrupção

$E_o$  Energia total

Após a interrupção, a energia total e a tensão máxima são representadas pela seguinte expressões:

$$\frac{1}{2}Cu_{max}^2 = E_o$$

$$u_{max} = \sqrt{\frac{L}{C}i_o^2 + u_o^2}$$

Após análise deste conjunto de equações verificamos que o valor máximo da tensão de reacendimento é dependente da impedância característica  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  e da corrente que existe no momento do corte.

# Capítulo 4

## Disjuntores de alta tensão na REN

Partindo do estudo efetuado no capítulo anterior é efetuada, ao longo deste capítulo, uma análise com maior detalhe das características associadas ao tipo de disjuntores de alta tensão utilizados pela REN. Inicialmente são demonstradas as principais características técnicas e construtivas dos disjuntores, sendo descrito de seguida o funcionamento dos seus sistemas de comando, monitorização e sinalização. Posteriormente é apresentada uma caracterização do parque de disjuntores da REN.

### 4.1 - Características

Os disjuntores utilizados pela REN são implementados nos níveis de tensão em que esta opera, nomeadamente em AT e MAT. Consoante o tipo de painel e o nível de tensão no qual os disjuntores estão inseridos, os esforços elétricos e mecânicos que resultam da sua operação são diferentes. Devido a esta diferença os disjuntores de alta tensão possuem características técnicas e construtivas distintas.

Os disjuntores implementados na RNT estão de acordo com as normas da Comissão Elétrica Internacional (CEI), sendo apresentado na Tabela 4.1 uma breve descrição das principais normas aplicáveis.

Tabela 4.1: Descrição das principais normas da CEI seguidas pela REN

<b>Norma</b>	<b>Descrição</b>
<b>CEI 60071</b>	Coordenação de isolamento
<b>CEI 60507</b>	Ensaio sob poluição artificial de isoladores de alta tensão utilizados em redes de corrente alternada
<b>CEI 60529</b>	Graus de proteção oferecidos pelos invólucros (código IP)
<b>CEI 60815</b>	Guia de seleção de isoladores sob poluição
<b>CEI 62155</b>	Isoladores cerâmicos com ou sem pressão
<b>CEI 62271-1</b>	Cláusulas comuns - normas de aparelhagem de alta tensão
<b>CEI 62271-100</b>	Disjuntores de alta tensão - corrente alternada
<b>CEI 62271-110</b>	Reatância Shunt
<b>CEI 62271-2</b>	Qualificação Sísmica para tensão nominal superior ou igual a 72,5 kV

#### 4.1.1 - Técnicas

As características técnicas dos disjuntores para os diferentes níveis de tensão são apresentadas na Tabela 4.2:

Tabela 4.2: Principais características técnicas, por nível de tensão, dos tipos de disjuntores utilizados pela REN

	<b>Unidade</b>	<b>400 kV</b>	<b>220 kV</b>	<b>150 kV</b>	<b>60 kV</b>
Tensão máxima de serviço	kV	420	245	170	72,5
Corrente nominal de serviço contínuo	A	3150	3150	3150	2000
Poder de corte nominal em curto-circuito (valor eficaz da componente simétrica)	kA	50	50	40	31,5
Religação Rápida	---	Tripolar/Monopolar	Tripolar/Monopolar	Tripolar/Monopolar	Tripolar
Valor da componente contínua da corrente de curto-circuito	%	≥ 35	≥ 35	≥ 35	≥ 35
Poder de fecho nominal em curto-circuito (valor de crista)	kA	125	125	125	100
Poder de corte estipulado em discordância de fases	kA	10	10	10	8
Poder de corte de linhas em vazio	A	400	125	63	10
Poder de corte de cabos em vazio	A	400	250	160	125
Poder de corte de bateria única de condensadores	A	---	400	---	400

Poder de corte de bateria de condensadores <i>back to back</i>	A	---	400	---	400
Duração estipulada de corte	ms	≤ 40	≤ 40	≤ 60	≤ 60
Duração estipulada de abertura	ms	≤ 80	≤ 100	≤ 100	≤ 120
Duração estipulada de fecho	ms	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 120
Máximo desfasamento entre pólos, no fecho	ms	5	5	10	10
Máximo desfasamento entre polos, na abertura	ms	3	3	5	5
Fator de 1º polo	---	1,3	1,3	1,3	1,5
Tensão auxiliar de comando	Vcc	48	48	48	48
		110	110	110	110

#### 4.1.2 - Construtivas

Os elementos do disjuntor que estão sujeitos à passagem de correntes de defeito são fabricados de modo a suportar os seus efeitos elétricos, térmicos e mecânicos durante 1 segundo sem ocorrer deterioração. Todas as partes metálicas que se encontram ao potencial da terra, em serviço normal, permitem uma ligação fácil e segura à rede de terra da instalação.

Na sua construção os disjuntores são fabricados de modo a possuir diferentes classes mecânicas, de *endurance* elétrica e de cortes de corrente capacitivo. [10]

Os disjuntores podem ser de dois tipos de classe mecânica:

- Classe M1 (Normal) - permite ao disjuntor efetuar 2000 sequências de manobras;
- Classe M2 (Especial) - permite ao disjuntor efetuar 10000 sequências de manobras.

Relativamente à sua *endurance* elétrica:

- Classe E2 (Elevada) - Define um disjuntor concebido de modo a que durante a sua vida útil, expectável, as partes do circuito principal, em jogo, para o estabelecimento do fecho e abertura, não necessite de qualquer manutenção e que as outras peças apenas necessitem de manutenção mínima.
- Classe E1 (Normal) - Caracteriza um disjuntor cuja *Endurance* elétrica não se enquadra na categoria E2.

As características de corte de correntes capacitivas são:

- Classe C1 - refere-se a um disjuntor de baixa probabilidade de reacendimento do arco no corte de correntes capacitivas.
- Classe C2 - refere-se a um disjuntor de muito baixa probabilidade de reacendimento do arco no corte destas correntes.

## 4.2 - Comando, monitorização e sinalização

Como já foi visto anteriormente o disjuntor, além da sua função de proteção, permite ser manobrado de modo a obter a configuração desejada na operação da rede. As manobras dos disjuntores são efetuadas a partir de comandos que podem ser realizados local ou remotamente.

De modo a auxiliar a operação dos disjuntores com segurança estes possuem equipamentos de monitorização. Estes equipamentos permitem monitorizar um conjunto de diferentes parâmetros por exemplo o tempo de abertura e fecho.

### 4.2.1 - Tipos de comandos e ciclo de manobra

Os tipos de comandos de um disjuntor podem distinguir-se ao nível do armário de comando local, da subestação ou do COR. Estes podem ainda ser comandos elétricos ou manuais.

O comando manual é efetuado localmente ao nível do armário de comando do disjuntor. A abertura ou fecho são realizados por um dispositivo próprio para esse fim sem a presença de tensões auxiliares. Este tipo de comando é realizado para cada polo individualmente.

O comando elétrico pode ser efetuado localmente ou remotamente. Ao nível local este é realizado, no armário de comando, através de duas botoneiras sendo uma de fecho e uma de abertura. O comando elétrico remoto é passível de ser levado a cabo pelo envio de uma polaridade, de qualquer ponto remoto ao disjuntor. Este pode ser enviado a partir do sistema de proteção, do sistema de comando e controlo do painel ou do posto de comando central, ao nível da subestação (Figura 4.1). As ordens de fecho e abertura podem ainda ser enviadas através do COR.

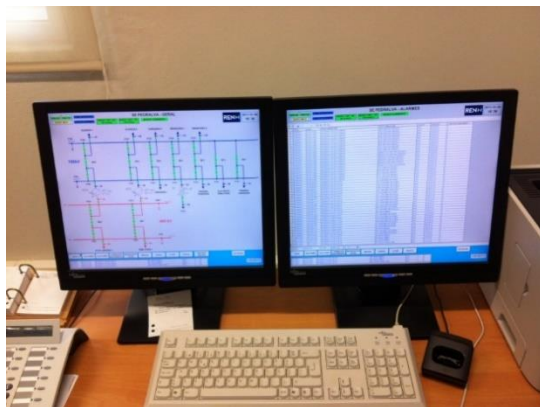


Figura 4.1: Posto de comando da subestação (esquerda) e armário de sistema de comando e controlo do painel (direita), numa subestação da REN.

De forma a garantir a correta seleção dos comandos, existe no armário de comando do disjuntor um comutador que permite selecionar entre três posições diferentes. Este comutador é acionado por meio de uma chave extraível em qualquer uma das posições. A sua operação é apenas realizada a nível local não havendo possibilidade de retorno automático. Na Tabela 4.3 estão detalhados os comandos permitidos consoante a posição do comutador. Quando o comutador se encontra na posição local, todos os comandos remotos são inibidos incluindo eventuais disparos do disjuntor.

Tabela 4.3: Diferentes tipos de comandos de um disjuntor

Posição do Comutador	Tipo de Comandos
Local	Elétrico Local
0	Bloqueados
Remoto	Elétrico Remoto

Na posição de controlo elétrico remoto o disjuntor é capaz de realizar o ciclo de manobra nominal. Este é uma sequência de ações de abertura e fecho que respeita a seguinte ordem (O-t-FO-t'-FO). Nesta sequência "O" representa uma manobra de abertura e "FO" representa uma manobra de fecho seguida de uma de abertura. O valor  $t=0,3s$  no caso de os disjuntores possuírem a função de religação automática rápida e o valor de  $t'=3 \text{ min}$ .

De modo auxiliar uma correta operação do disjuntor, através do comando remoto, a este estão associados um conjunto de funcionalidades. São agora apresentadas algumas destas funções:

- Ordens de abertura são cumpridas imediatamente, mesmo que uma ordem de fecho esteja presente;
- Após um ciclo FO a realização de uma nova manobra de fecho encontra-se inibida enquanto a ordem de fecho primitiva se mantiver;
- Ordens de manobra que não são cumpridas por ausência de condições não são memorizadas;
- Em disjuntores com comando monopolar no caso de abertura por discordância de polos estes ficam bloqueados até ser realizada no armário de comando uma quitação impulsional dos polos.

#### 4.2.2 - Monitorização do disjuntor e sinalizações

Como referido no início do ponto 4.2 os disjuntores possuem um conjunto de equipamentos que permitem a sua monitorização. A monitorização da posição em que se encontram é conseguida através de um conjunto de contatos mecânicos de fim de curso. Esta informação proveniente dos contatos é processada a partir dos seus circuitos internos e posteriormente registada local e remotamente.

Ao nível local é registada num indicador de posição que se encontra localizado em cada polo no caso de disjuntores de comando monopolar. No caso de existir um comando tripolar existe apenas um indicador de posição localizado no polo central. Este indicador utiliza um sinal de cor verde com



o símbolo “O” para a posição aberto e um sinal de cor vermelha com o símbolo “I” para a posição fechado.

A nível remoto é enviada uma sinalização para o COR sendo registado no SCADA a posição em que o disjuntor se encontra. No caso do armário de comando do painel (Figura 4.2) que se encontra na subestação, como se pode ver na imagem seguinte existe um esquema das ligações.



Figura 4.2: Detalhe do armário de comando do painel, numa subestação da REN.

No armário de comando do disjuntor existem ainda diversos contadores. Estes permitem registar o número de manobras realizadas pelo disjuntor e, no caso de acionamento a mola, contar o número de arranques dos motores de carga das molas.

Nos contadores de manobras é registado o número de manobras efetuadas por cada polo caso estes possuam comando monopolares ou então o conjunto dos três polos caso sejam tripolares.

Devido ao fato de esta informação se encontrar apenas ao nível do disjuntor a sua recolha é feita manualmente. Devido ao grande número de disjuntores existentes o processo é bastante moroso e existe uma grande probabilidade de erro na informação. Um dos objetivos desta dissertação é auxiliar este processo de contagem, efetuando-o remotamente, a partir do SCADA. Ao sistematizar esta recolha garantir-se-á assim um rápido e fiável acesso à informação.

Dependendo do meio de extinção do arco utilizado existem também equipamentos que permitem a monitorização do seu estado. No caso de disjuntores a SF6 são utilizados densímetros com o objetivo de determinar a correta densidade do gás e manómetros para verificar a sua pressão.

O conjunto destes equipamentos de monitorização são ainda auxiliados por funções de proteção próprias associados ao disjuntor. Em seguida encontram-se detalhados um conjunto de funções de proteção própria de um disjuntor a SF6 e meio de acionamento a mola:

- Em caso de falta de pressão de SF6 o disjuntor bloqueia a sua operação, não permitindo qualquer manobra;

- Através da verificação do tempo de carregamento das molas, caso alguma não se encontre devidamente carregada o disjuntor fica bloqueado até ser realizada a sua quitação impulsional;
- A proteção do circuito de aquecimento do armário sinaliza a sua atuação;
- A proteção dos motores de carregamento das molas sinaliza a sua atuação;
- Em caso de inserção de uma manivela de carregamento manual das molas, o motor passa a estar bloqueado.

Para alcançar a monitorização anteriormente referida, são utilizadas sinalizações quer ao nível do armário de comando local, da subestação ou do COR.

Na Tabela 4.4 são listados um conjunto de informações e sinalizações referentes ao funcionamento de um disjuntor a SF6 com acionamento a mola.

Tabela 4.4: Quadro resumo do conjunto de sinalizações de um disjuntor a SF6 com acionamento do tipo mola

Sinal/Bloqueio	Efeito	Possível Causa	Medidas corretivas
<b>SF6 Alarme</b>	Apenas sinalização (normalmente pequena fuga)	Fuga de SF6	Localizar pontos com anomalias (por exemplo, com detetores SF6 móveis). Encher com SF6 até atingir a pressão nominal
<b>SF6 Bloqueio</b>	Impossível manobrar	Fuga contínua de SF6	Ver perda de SF6. Localizar pontos de fuga e reparar se possível. Mau funcionamento do densímetro
<b>Motor tempo excedido</b>	Bloqueio de fecho. A mola de fecho não é carregada (> 15 seg.). Impossível operar	Motor sem alimentação/motor com defeito	Providenciar alimentação ao motor/substituir o motor
<b>Vigilância FM alarme (sinalização)</b>	Ausência de tensão CA temporizada	Disparo do térmico de proteção do motor	Providenciar alimentação ao motor/substituir o motor
<b>Térmico/MI disparo (do motor)</b>	Atuação da proteção do motor	Motor sem alimentação/motor com defeito	Providenciar alimentação ao motor/substituir o motor
<b>Discordância pólos disparo</b>	Atuação da discordância de pólos <sup>(3)</sup>	Problema interno disjuntor/proteções	Verificar comportamento de proteções ou efetuar ensaios de sincronismo ao disjuntor
<b>Aquecimento falta</b>	Falta aquecimento no armário de acionamento e de comando	Defeito da (s) resistência (s) de aquecimento	Substituir resistência de aquecimento

### 4.3 - Parque de disjuntores da REN

Nesta secção é apresentada uma análise estatística dos disjuntores que constituem o parque de disjuntores da REN.

A 31 de Dezembro de 2013 existiam instalados na RNT 1393 disjuntores, distribuídos por 4 níveis de tensão (150kV, 220kV, 400kV e 60kV). Através da Figura 4.3 verificamos que no nível de 60 kV existem 39% dos disjuntores da RNT.

#### População de disjuntores da RNT por nível de tensão

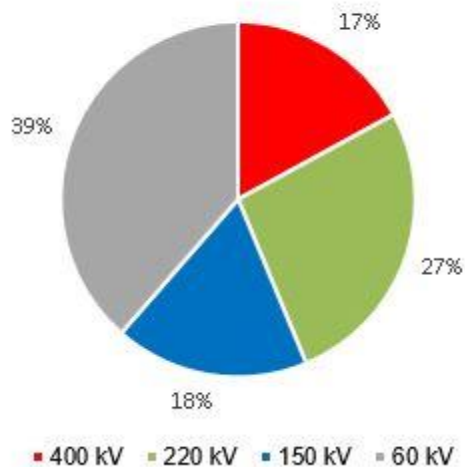


Figura 4.3: População de disjuntores da RNT por nível de tensão. REN

Na Figura 4.4 é apresentada a evolução anual do parque de disjuntores instalados na RNT desde 2007 até ao final de 2013. Verifica-se um aumento gradual do parque de disjuntores, com uma ligeira diminuição no ano de 2012.

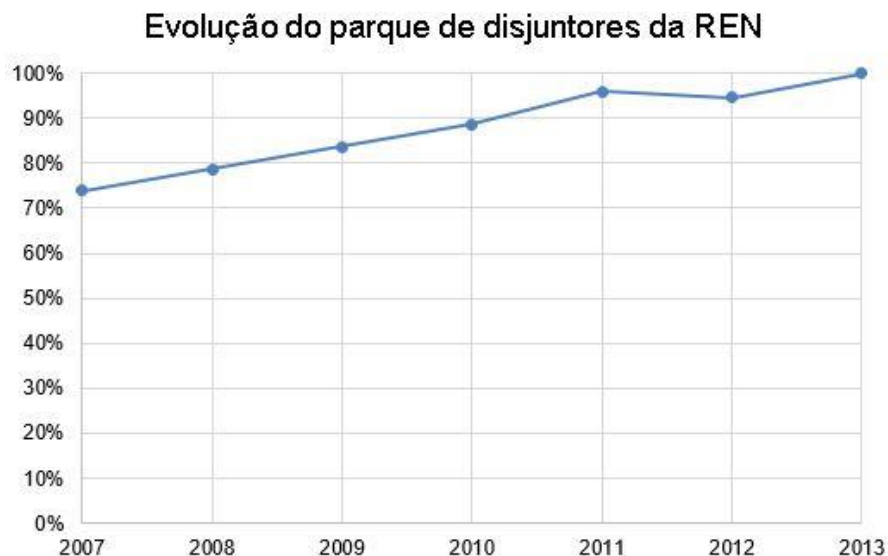


Figura 4.4: Evolução do parque de disjuntores da REN face ao ao de 2013. REN

Como referido acima os disjuntores da RNT apesar de possuírem o mesmo princípio de funcionamento são aplicados em diferentes locais com diferentes funções. Estas diferenças fazem com que alguns disjuntores, no seu período de vida útil, sejam mais solicitados do que outros. Na figura 4.5 é apresentada a distribuição dos disjuntores da RNT por tipo de painel onde este se encontram inseridos. Os diferentes tipos de painéis são:

- BARR – Barramento;
- PBC – Painel de Bateria de Condensadores;
- PBP – Painel de Bypass;
- PGP – Painel de Grupo Gerador;
- PIB – Painel de Interbarras;
- PLN – Painel de Linha;
- PMO – Painel de Modulo;
- PRS – Painel de Reactância Shunt;
- PTR – Painel de Transformador.

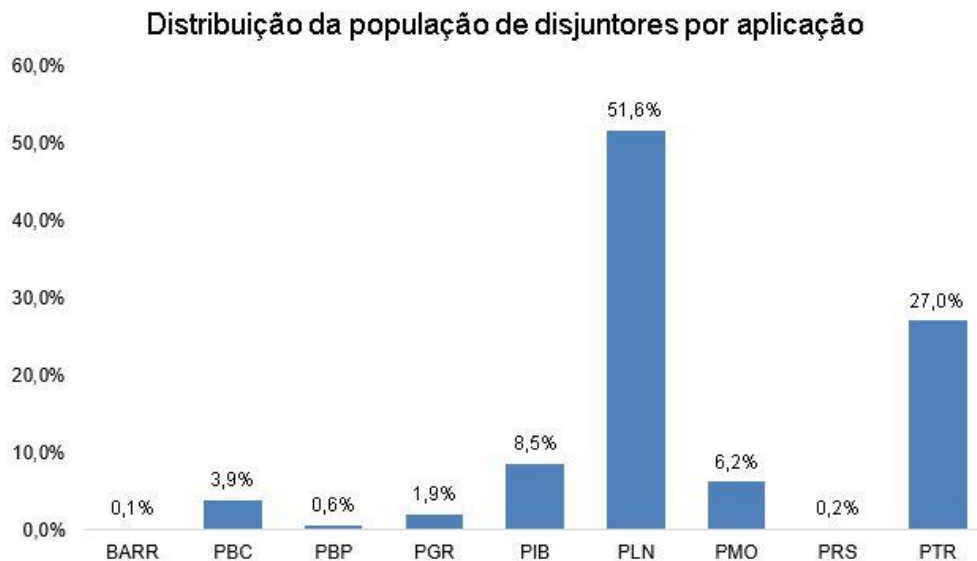


Figura 4.5: Distribuição da população dos disjuntores por tipo de aplicação. REN

Como se pode observar na Figura 4.5 os disjuntores encontram-se predominantemente localizados em painéis de linha, perfazendo estes 51,6 % do parque. Na Figura 4.6 é apresentada a distribuição dos disjuntores de linha associados a linhas aéreas e a cabos subterrâneos, podendo concluir-se que aproximadamente 91% das linhas da RNT são aéreas e apenas 9% são cabo subterrâneo.

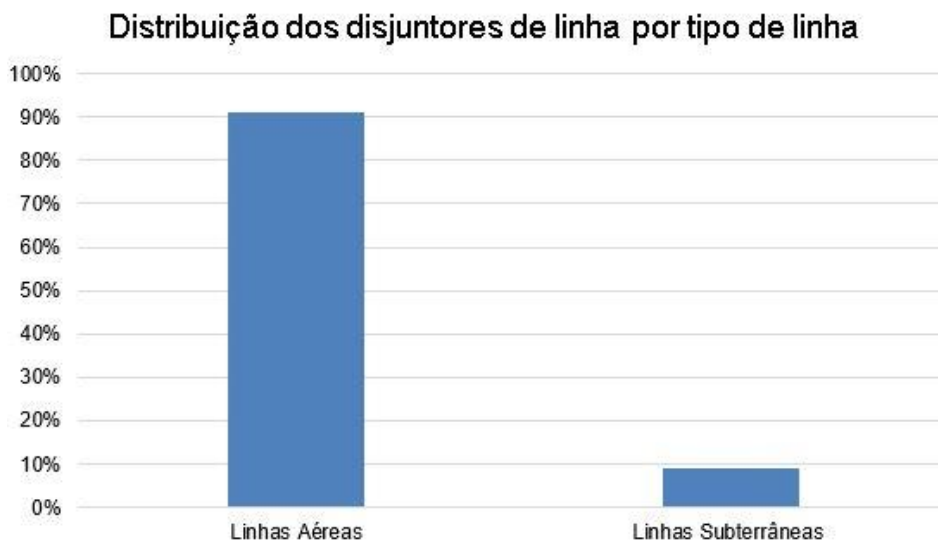


Figura 4.6: Distribuição dos disjuntores de linha por tipo de linha. REN

No que diz respeito ao tipo de acionamento a REN utiliza três tecnologias, o acionamento hidráulico efetuado com óleo, o acionamento a molas e um tipo de acionamento híbrido (Abertura a mola e fecho hidráulico). Na Tabela 4.5 e Figura 4.7 apresenta-se a distribuição dos disjuntores por

tipo de acionamento, verificando-se uma predominância no tipo de acionamento a mola em todos os níveis de tensão.

Tabela 4.5: Número de disjuntores em operação na RNT por nível de tensão e tipo de acionamento. REN

	60kV	150kV	220kV	400kV
<b>Molas</b>	28,6%	7,5%	13,1%	10,1%
<b>Hidráulico</b>	4,7%	7,1%	8,3%	3,9%
<b>Híbrido</b>	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%

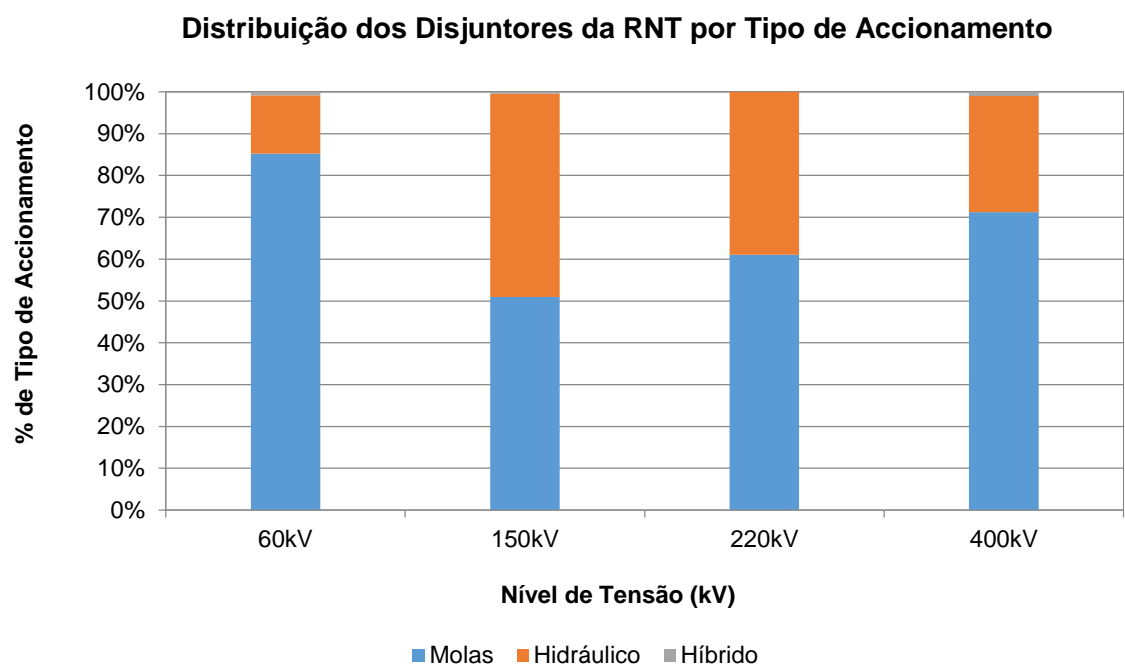


Figura 4.7: Percentagem relativa dos disjuntores em operação na RNT por nível de tensão e tipo de acionamento. REN

Relativamente ao perfil de idade, podemos observar na Figura 4.8 que grande parte dos disjuntores em operação na RNT têm até 10 anos o que significa que estes ainda se encontram numa fase inicial do seu ciclo de vida. Verifica-se também a existência de um número aproximado de disjuntores com idades compreendidas entre os 11 e os 20 anos e os 21 e os 30 anos, sendo que na classe de idades superiores a 31 anos vemos uma redução do número de disjuntores em operação.

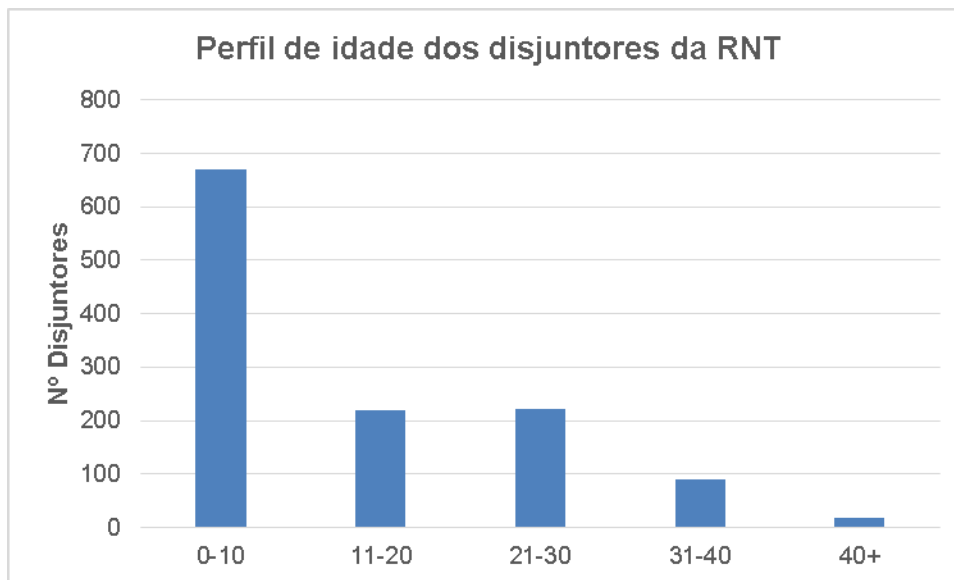


Figura 4.8: Distribuição do número de disjuntores da RNT por classe de idades. REN

#### 4.4 - Manutenção de disjuntores MAT e AT

Os disjuntores, como equipamentos altamente requisitados na operação da RNT, estão sujeitos à realização de um elevado número de manobras. Este grande volume de manobras provoca o desgaste dos seus componentes sendo necessário efetuar a sua manutenção.

A degradação dos elementos do disjuntor varia consoante o número de manobras que este realiza. Disjuntores de proteção que pertencem a painéis de baterias de condensadores ou reactâncias shunt são manobrados diariamente. Em comparação os disjuntores de painéis de linhas ou transformadores são operados um menor número de vezes.

Existe ainda uma distinção relativamente ao tipo de degradação a que estes estão sujeitos. A degradação devido ao desgaste mecânico pelo elevado número de manobras, e a degradação pelos esforços elétricos associados ao corte de correntes de serviço e correntes de curto-circuito.

A degradação do disjuntor devido a esforços elétricos pode manifestar-se das seguintes formas:

- Alargamento da tubeira devido ao corte que se traduz numa perda de pressão no processo de interrupção;
- Desgaste dos contatos que resulta da interrupção de correntes capacitivas e indutivas;

- Degradação das características do meio extintor.



Figura 4.9: Degradação da tubeira (esquerda) e dos contatos (direita)

A manutenção dos disjuntores tem como principais objetivos:

- Análise do estado de desgaste de peças, e do estado geral;
- Assegurar que as peças operacionais mantenham o seu bom estado;
- Substituição de peças a título preventivo;

Existem diferentes estratégias de manutenção que podem ser aplicadas, tais como:

- Manutenção corretiva (MC) representa um tipo de manutenção que é realizada após a falha do disjuntor;
- Manutenção baseada no tempo (MBT) é um tipo de manutenção periódico baseado na experiência efetiva mas não considera os custos efetivos de substituição antes do fim de vida útil;
- Manutenção baseada na condição (MBC) é realizada através da análise de parâmetros essenciais a partir de diagnósticos ou de sistemas de monitorização;
- Manutenção centrada na fiabilidade (MCF) representa um tipo de manutenção que é baseada na condição e importância;
- Manutenção baseada nas recomendações do fabricante.

Com a evolução da tecnologia de monitorização de parâmetros e a contribuição do estudo realizado nesta dissertação, a REN irá procurar no futuro implementar uma estratégia de manutenção MBC de modo a efetuar uma redução de custos que vêm associados ao regime de manutenção atualmente praticado





# Capítulo 5

## Base de Dados REN

O objetivo deste capítulo é apresentar o trabalho realizado na implementação da BD Disjuntor. Em primeiro lugar é apresentada uma análise da arquitetura construtiva da BD SCADA. De seguida, são detalhados os passos efetuados na escolha do tipo BD a implementar e a consequente familiarização com a linguagem de programação e o software utilizado. Posteriormente é efetuado um levantamento dos requisitos que a BD implementada deverá ser capaz de satisfazer. Por fim, apresenta-se a solução implementada evidenciando sua arquitetura funcional e o procedimento de atualização da BD.

### 5.1 - Arquitetura construtiva da Base de Dados

Como foi visto no ponto 2.2.2.3 - o SCADA regista os eventos e situações de anormalidade que ocorrem nos elementos que constituem a rede. A gestão e armazenamento destes grandes volumes de informação é feita através de um sistema de gestão de base de dados *oracle*. Este sistema armazena informação logicamente em forma de tabelas permitindo assim o seu acesso rápido e fácil. Na Figura 5.1 podemos visualizar a lógica construtiva por trás da informação armazenada no SCADA.

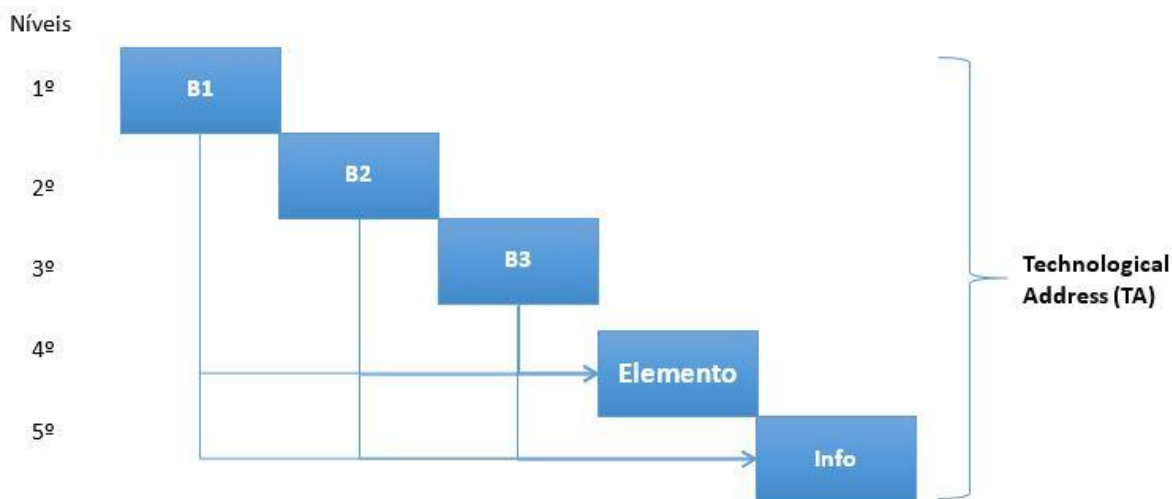


Figura 5.1: Lógica construtiva da informação armazenada no SCADA

Cada elemento de informação no SCADA é composto por 5 níveis. Os elementos do 1º nível identificam as diferentes instalações da RNT como subestações, postos de corte e seccionamento. O nível 2 refere-se ao valor de tensão no qual o elemento se encontra inserido. O 3º nível identifica o local onde o elemento de encontra inserido por exemplo um módulo, painel de linha, interbarras ou transformador. Elementos do nível 4 permitem definir medidas, disjuntores, seccionadores, alarmes, etc. Por fim o último nível é onde a informação é guardada de acordo com as características de cada elemento, como por exemplo o estado de um disjuntor ou o valor de uma medida. O conjunto dos cinco níveis define univocamente a mais pequena unidade de informação da BD chamada *Technological Adress (TA)*.

Relativamente à informação proveniente da lista de alarmes do SCADA ela é armazenada numa tabela denominada “MENSAGENS” sendo carregada com um período de 10 minutos. De seguida é apresentado, na Tabela 5.1, um resumo dos elementos que a constituem.

Tabela 5.1: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “MENSAGENS”

Coluna	Tipo	Descrição
DATA	DATE	Data do acontecimento (precisão até ao segundo)
MILISEGUNDOS	NUMBER	Milissegundos do acontecimento registado pela RTU
ACK	VARCHAR2	Variável de controlo
DATA_TEXTO	VARCHAR2	Agregação dos campos DATA + MILISEGUNDOS
B1	VARCHAR2	Código da instalação
B2	VARCHAR2	Código do elemento
ELEMENTO	VARCHAR2	Descrição do tipo de elemento
TEXTO	VARCHAR2	Informações adicionais
ESTADO	VARCHAR2	Estado do elemento
TAG	VARCHAR2	Tipo de manobra realizada
OPERADOR	VARCHAR2	Operador remoto que realizou a manobra
NORMELEM	NUMBER	Codificação de tipo de elemento
INFOTYPE	NUMBER	Codificação de tipo de informação guardada

Numa fase inicial desta dissertação a tabela “MENSAGENS” continha cerca de 1.300.000 registos desde Novembro de 2013 até à data. Isto devia-se ao fato de existir uma base de dados *oracle* 10g, a qual tinha como limitação o tamanho/quantidade de informação passível de ser armazenada. No entanto a REN efetuou uma migração para uma base de dados mais recente, a *oracle* 12c expandindo assim a capacidade de armazenamento. Esta expansão permitiu assim o aumento de registos existentes na tabela “MENSAGENS” para um valor aproximado de 10.000.000 de registos desde Fevereiro de 2009 até à data. Os registos de informação datam até Fevereiro de 2009 pois foi nessa altura que foi implementado uma BD *oracle* 10g com uma nova versão do sistema SINAUT Spectrum SCADA.

O aumento da quantidade de informação existente na base de dados permitiu efetuar uma análise mais detalhada da operação dos disjuntores da rede como se verifica no capítulo 6. Na Figura 5.2 podemos observar uma amostra representativa de algumas linhas da tabela “MENSAGENS”.

	DATA	MILISEGUNDOS	ACK	DATA_TEXTO	B1	B2	ELEMENTO	TEXTO	ESTADO	TAG	OPER
1	14.06.23 09:01:18	680	(null)	23.06 09:01:18,680	SOR	111 IBBP 150kV	Disjuntor	(null)	Aberto	ResCom	COR
2	14.06.23 08:50:56	904	(null)	23.06 08:50:56,904	SOR	114 TR1	Disjuntor	(null)	Aberto	ResCom	COR
3	14.06.23 08:50:45	865	(null)	23.06 08:50:45,865	SOR	615 TR1	Disjuntor	(null)	Aberto	ResCom	COR
4	14.06.23 08:47:58	981	(null)	23.06 08:47:58,981	SAM	406 LRM.AM	Disjuntor	(null)	Aberto	ResCom	COR
5	14.06.23 08:47:44	910	(null)	23.06 08:47:44,910	SRM	421 LRM.AM	Disjuntor	(null)	Aberto	ResCom	COR
6	14.06.23 08:43:34	790	(null)	23.06 08:43:34,790	SAL	M441 G1	Disjuntor	(null)	Fechado	(null)	(null)
7	14.06.23 08:42:47	284	(null)	23.06 08:42:47,284	SRJ	M423 BL	Disjuntor	(null)	Fechado	ResCom	COR
8	14.06.23 08:42:33	214	(null)	23.06 08:42:33,214	SRJ	M422 LBL.RJ	Disjuntor	(null)	Fechado	ResCom	COR
9	14.06.23 08:42:30	118	(null)	23.06 08:42:30,118	SRJ	M413 BL	Disjuntor	(null)	Fechado	ResCom	COR

Figura 5.2: Excerto da tabela “MENSAGENS”

## 5.2 - Escolha da Base de Dados a implementar

Com o objetivo de determinar qual a BD mais adequada para a solução a implementar foi efetuado uma análise das várias BD existentes. Determinou-se que as mais adequadas eram a BD *oracle* e a BD Microsoft SQL Server tendo em conta a suas capacidades de segurança e robustez. Foi então levada a cabo uma análise comparativa entre elas, a qual se encontra detalhada na Tabela 5.2. [21]

Tabela 5.2: Comparação entre as características da BD *oracle* 12c e a Microsoft SQL Server

	Oracle 12c	Microsoft SQL Server
<b>Linguagem</b>	SQL PL/SQL	SQL T-SQL
<b>Capacidade de programação</b>	Procedimentos; Funções; Pacotes; Cursores; Loops	Procedimentos; Funções
<b>Controlo de transações</b>	Por defeito não efetua <i>commit</i> às transações realizadas na BD	Efetua sempre <i>commit</i> às transações realizadas na BD
<b>Arquitetura</b>	Base de Dados composta por <i>schemas</i> e <i>users</i> . Tabelas partilhadas	Base de Dados separadas
<b>Capacidade de armazenamento</b>	Ilimitado	Limitado (524 Petabytes)
<b>Suporte da plataforma na REN</b>	Já existente	Não existente (a implementar)

Através da observação da Tabela 5.2 verificamos que a BD *oracle* 12c apresenta uma maior gama de capacidades de programação dando ao utilizador um maior número de ferramentas para implementar o seu código. Ao nível do controlo das transações a vantagem vai para a *oracle* 12c pois por defeito, esta não efetua *commit* às transações realizadas mostrando-se assim mais flexível e permitindo mais liberdade do utilizador para efetuar testes na BD. Um fator com peso na escolha foi a capacidade de armazenamento de informação, sendo que na BD Microsoft SQL Server existia uma limitação ao contrário da *oracle* 12c.

Em última análise a escolha recaiu sobre a *oracle* 12c devido às vantagens acima mencionadas, mas primeiramente pelo fato de a BD do SCADA já se encontrar implementada em *oracle* permitindo assim uma maior facilidade de integração da solução.

Após a escolha da BD a implementar foi necessário selecionar uma interface para efetuar a sua construção e manipulação. O software selecionado foi o *oracle* SQL Developer [22], uma ferramenta gratuita baseada num ambiente de interface gráfico integrado, que proporciona amplas funcionalidades de edição e programação de modo a trabalhar com linguagem SQL, PL/SQL. [23]

Permite também a criação e a edição de funções, procedimentos e pacotes que são armazenados na BD, sendo estes programáveis de forma a serem executados no período temporal desejado. A capacidade de exportação da informação existente na BD em vários formatos é também uma funcionalidade indispensável presente neste software. O *oracle* SQL Developer é compatível com a BD *oracle* 12c pelo que após a sua implementação não foi necessário recorrer à utilização de outro software.

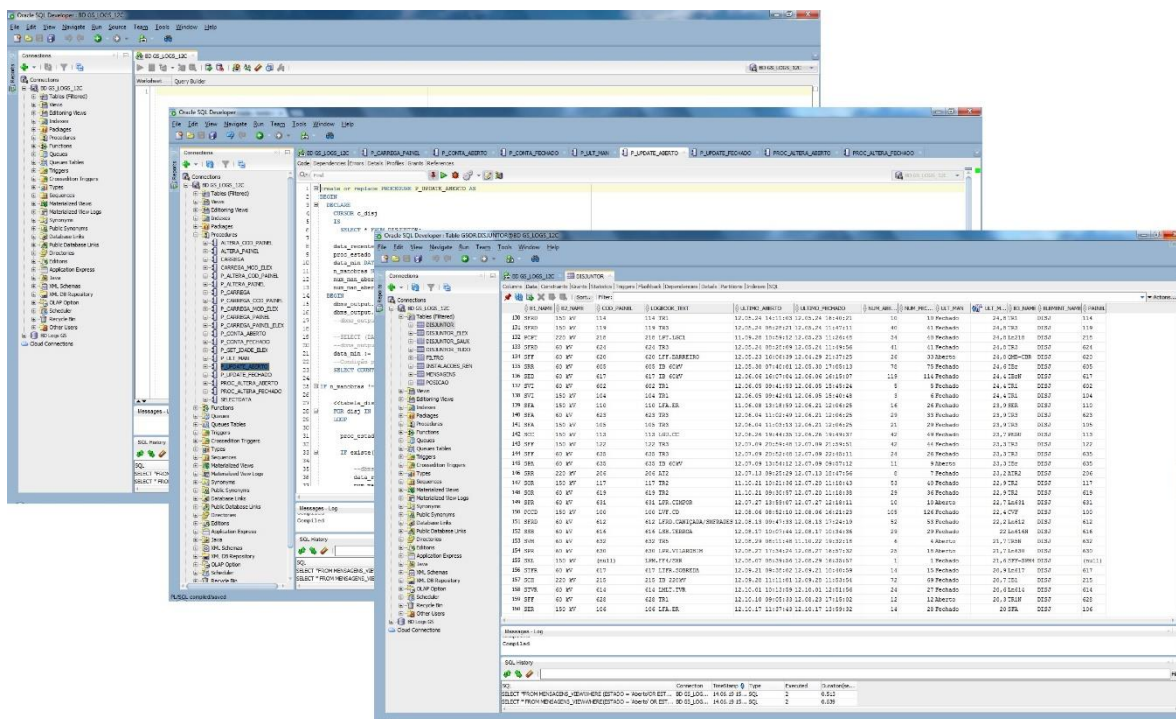


Figura 5.3: Interface do software SQL Developer

Os comandos em linguagem SQL são bastante precisos e eficazes na busca de informação presente na BD, no entanto a sua execução ocorre individualmente de outros comandos SQL. Este caráter individual introduz uma limitação na escrita de programas que implicam usualmente a criação de blocos de código lógicos e executados de uma forma sequencial. De modo a desenvolver programas com recurso a SQL estes terão de ser implementados em blocos de código de outras linguagens, como por exemplo linguagem C.

A solução da *oracle* para esta limitação do SQL foi a criação da linguagem PL/SQL. Os elementos básicos que constituem esta linguagem são blocos anónimos de código, procedimentos, funções e pacotes. Estes blocos de código podem ser editados, compilados e finalmente executados pelos utilizadores da BD.

Durante o desenvolvimento da dissertação houve um período de aprendizagem e ambientação à BD *oracle* e às suas especificidades. A metodologia de aprendizagem consistiu numa fase inicial na implementação de blocos de códigos simples e posteriormente na criação de funções e procedimentos. Esta fase de aprendizagem revelou-se crucial na medida em que permitiu criar uma base de conhecimento que tornou possível a implementação da solução final.

Devido ao fato de as BD serem recursos informáticos que sofrem atualizações frequentes, o período de aprendizagem foi baseado em documentação disponível na página da *oracle*. Recorreu-se também à consulta de fóruns de dúvidas no qual programadores se dedicam à resolução de problemas que resultam da criação de código SQL e PL/SQL. [24] [25]

### 5.3 - Levantamento de requisitos de implementação

Uma fase essencial anterior à implementação da BD consiste na especificação de um conjunto de requisitos que esta deverá ser capaz de cumprir. Os requisitos de implementação foram definidos no âmbito desta dissertação de modo a ir de encontro ao objetivo de identificação da última manobra dos disjuntores. Na sua definição foram seguidas as recomendações dos departamentos do GS e da EA da REN. Apresenta-se na Tabela 5.3 o conjunto de requisitos de implementação da BD.

Tabela 5.3: Requisitos de implementação da BD dos disjuntores

Id	Requisito
1	Capacidade de atualização periódica da Base de Dados
2	Capacidade de exportação de dados para MS Excell
3	Possibilidade de integração com diferentes utilizadores da BD
4	Capacidade de armazenamento em tempo quase real
5	Capacidade de armazenamento de grande volume de dados
6	Capacidade de expansibilidade para diferentes funcionalidades
7	Capacidade de atualização da data da última manobra de abertura/fecho de cada disjuntor
8	Capacidade de atualização da contagem do número de manobras
9	Capacidade de processamento de novos elementos

### 5.4 - Arquitetura funcional da Base de Dados implementada

A BD implementada teve como ponto de partida três fontes de informação, as tabelas “MENSAGENS”, “DISJUNTOR” e “DISJUNTOR\_ELEX”. Neste subcapítulo encontram-se detalhadas as informações respeitantes às diferentes tabelas e alguns dos processamentos da informação efetuados para cada caso. Finalmente é apresentado o modelo relacional da BD evidenciando as relações existentes entre as tabelas bem como a explicação do procedimento de atualização.

#### 5.4.1 - Tabelas constituintes

##### “MENSAGENS\_VIEW”:

A tabela “MENSAGENS” possui, como anteriormente referido, informações relativas a vários tipos de equipamentos e sinalizações. Com o intuito de selecionar a informação relacionada apenas

com elementos do tipo “Disjuntor” foi necessário efetuar uma filtragem da informação existente, sendo utilizados os seguintes critérios:

Apresenta:

- Disjuntores de subestações REN;
- Disjuntores de postos de corte REN;

Não apresenta:

- Disjuntores de centrais;
- Disjuntores de serviços auxiliares (SA) e grupos de socorro (GS);
- Disjuntores da rede elétrica de Espanha (REE) e da rede elétrica de França (RTE);
- Outras informações relativas a disjuntores (Exemplo: Coloração Dinâmica).

Os critérios anteriores foram então implementados com recurso a uma ferramenta presente no *SQL Developer* que permite a criação de vistas de tabelas. Esta ferramenta torna possível a criação de um filtro permanentemente aplicado à tabela “MENSAGENS”, não havendo assim a necessidade de replicação de informação e o conseqüente aumento capacidade de armazenamento que decorreria da criação de duas tabelas distintas. A vista criada foi denominada de “MENSAGENS\_VIEW” e permitiu reduzir a quantidade de registos a processar de 10 milhões para cerca de 300.000 registos.

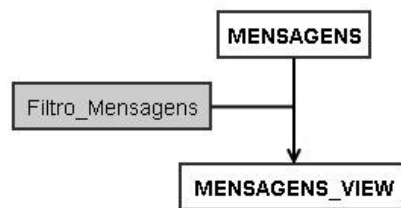


Figura 5.4: Fluxograma do processo de carregamento na vista “MENSAGENS\_VIEW”

“DISJUNTOR”:

De modo a criar a tabela “DISJUNTOR” partiu-se da informação armazenada na BD do SCADA, e analogamente ao caso da tabela “MENSAGENS” foi efetuada uma filtragem da informação, sendo utilizado o “Filtro\_Disjuntor” baseado nos mesmo critérios do “Filtro\_Mensagens”. Após a filtragem a tabela “DISJUNTOR\_SCADA” passou a ser designada por “DISJUNTOR\_FILTRADO”.

Na Tabela 5.4 encontram-se os detalhes das colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR” implementada na BD.



Tabela 5.4: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR”

Coluna	Tipo	Descrição
B1_NAME	VARCHAR2	Código da instalação
B2_NAME	VARCHAR2	Nível de tensão do elemento
ELEMENT_NAME	VARCHAR2	Descrição do tipo de elemento
LOGBOOK_TEXT	VARCHAR2	Nome do elemento
COD_PAINEL	VARCHAR2	Número de painel do elemento em formato de <i>string</i>
PAINEL	NUMBER	Número de painel do elemento
ULTIMO_ABERTO	DATE	Última data de manobra de abertura registada
ULTIMO_FECHADO	DATE	Última data de manobra de fecho registada
NUM_ABERTO	NUMBER	Número de manobras de abertura acumulado
NUM_FECHADO	NUMBER	Número de manobras de fecho acumulado
ULT_MAN	DATE	Descrição da última manobra registada
ULT_MAN_TEMPO	NUMBER	Tempo decorrido desde a última manobra (meses)

A construção desta tabela ocorreu ao longo de várias fases. Originalmente a tabela “DISJUNTOR\_FILTRADO” era constituída apenas pelos campos “B1\_NAME”, “B2\_NAME”, “ELEMENT\_NAME” e “LOGBOOK\_TEXT”. Numa primeira fase foram incluídos os restantes campos, sendo estes carregados com valores NULL, e no caso dos campos “ULTIMO\_ABERTO” e “ULTIMO\_FECHADO” carregados com um valor por defeito. Foi considerado o valor “01.01.01 00:00:00” por defeito de modo a tornar mais fácil a consequente atualização deste campo.

Posteriormente foi necessário efetuar uma extração de informação do campo “LOGBOOK\_TEXT” de cada disjuntor de modo a ser possível obter separadamente o número de painel a ser guardado inicialmente no campo “PAINEL” e em seguida no campo “COD\_PAINEL”. Como exemplo temos a seguinte descrição “218 LRM.CVR” que após ser processada pelo procedimento “P\_CARREGA\_PAINEL” colocou no campo “PAINEL” o valor “218”. Este procedimento foi aplicado à totalidade da tabela “DISJUNTOR” e permitiu também a extração do número correspondente aos módulos em que “M423 FRA/TR2” corresponde a um valor “PAINEL” de “M423”.

Finalmente foi aplicado ainda o procedimento “P\_CARREGA\_COD\_PAINEL” que permitiu carregar o campo “COD\_PAINEL” contendo apenas o número associado ao “PAINEL”. No caso de “M423” foi colocado em “PAINEL” apenas o valor “423”. Na Figura 5.5 pode observar-se o fluxograma que detalha o processo de carregamento acima descrito.

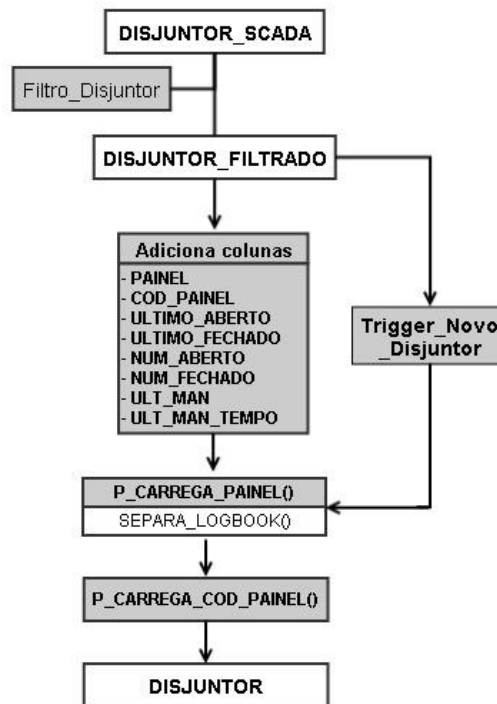


Figura 5.5: Fluxograma do processo de carregamento da tabela “DISJUNTOR”

De modo a garantir a constante atualização da tabela “DISJUNTOR” foi ainda criado um *trigger*. O “Trigger\_Novo\_Disjuntor” é acionado quando existe a introdução de um novo elemento na tabela “DISJUNTOR\_SCADA” que se encontra dentro dos parâmetros do “Filtro\_Disjuntor”. No caso do novo elemento não estar incluído este não é processado.

#### “DISJUNTOR\_ELEX”:

Com o objetivo de criar uma base de informação mais detalhada e completa sobre os disjuntores presentes na RNT foi implementada na solução final a tabela “DISJUNTOR\_ELEX”. Esta tabela permitiu associar aos disjuntores da rede informações relativas à sua idade, tipo de acionamento, tipo de instalação, fabricante e modelo. Uma versão inicial desta tabela “DISJUNTOR\_ELEX\_EA” foi fornecida em formato *Excel* proveniente do SAP pelo departamento de EA da REN, sendo necessário efetuar um tratamento da informação nela existente e posteriormente carregá-la para BD *oracle*.

Tabela 5.5: Quadro resumo das colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR\_ELEX”

Coluna	Tipo	Descrição
INST	VARCHAR2	Código da instalação
EQUIP	NUMBER	Referência do disjuntor
FABRICANTE	VARCHAR2	Fabricante do disjuntor
MODELO	VARCHAR2	Modelo do disjuntor
ACC	VARCHAR2	Tipo de acionamento
TIPO	VARCHAR2	Tipo de painel
TENSAO	VARCHAR2	Nível de tensão do disjuntor
COP_SAP	VARCHAR2	Código SAP do disjuntor
DATA_ES	DATE	Data de entrada em serviço
PAINEL	VARCHAR2	Número de painel do disjuntor
IDADE	NUMBER	Idade do disjuntor (anos)

Na Tabela 5.5 podemos observar as colunas que constituem a tabela “DISJUNTOR\_ELEX”. Semelhante ao processamento efetuado na tabela “DISJUNTOR” foi também necessário efetuar a extração do número painel através do valor presente na coluna “COD\_SAP”. No entanto o texto presente na coluna “COD\_SAP” apresenta uma construção diferente pelo foi necessária a implementação do procedimento “P\_CARREGA\_PAINEL\_ELEX”. Como exemplo temos o texto “R-S-SPA-1-PLN114-DJ” o qual contem o painel 114. Relativamente a elementos do “TIPO” módulo foi necessário efetuar um processamento extra, para tal recorreu-se ao procedimento “P\_CARREGA\_MOD\_ELEX”. O valor presente na coluna “IDADE” é um valor dinâmico pois resulta da subtração entre a data do processamento mais atual e a “DATA\_ES” como se poderá observar posteriormente no final deste capítulo. Na Figura 5.6 é possível observar o fluxograma que explica os processos efetuados no carregamento da tabela “DISJUNTOR\_ELEX”.

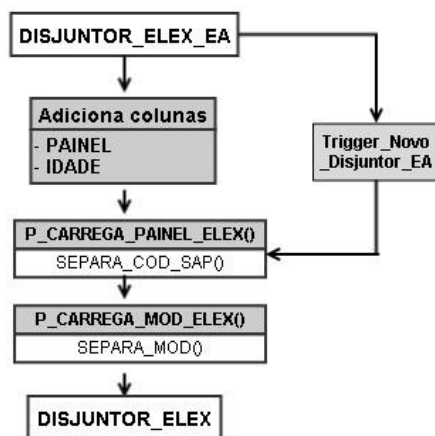
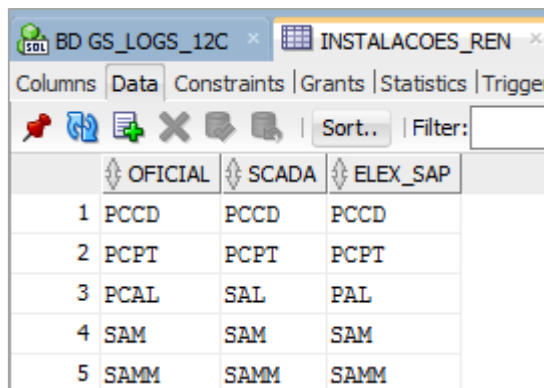


Figura 5.6: Fluxograma do processo de carregamento da tabela “DISJUNTOR\_ELEX”

Analogamente à tabela “DISJUNTOR” foi também utilizado um *trigger* de modo a verificar a existência de novos elementos ou eventuais mudanças nos elementos existentes sendo estes consequentemente processados.

“INSTALAÇÕES REN”:

Devido ao fato de o código que identifica as várias instalações existentes na RNT poder possuir diferentes nomes, para a mesma instalação, nas tabelas “DISJUNTOR” e “DISJUNTOR\_ELEX” foi necessário criar uma tabela auxiliar chamada “INSTALAÇÕES\_REN”. Esta tabela teve como principal função permitir a correta ligação entre as duas tabelas e a criação de uma designação oficial permitindo assim uma mais precisa leitura da informação. Um exemplo de uma instalação que apresenta nomes diferente é apresentado na Figura 5.7.



	OFICIAL	SCADA	ELEX_SAP
1	PCCD	PCCD	PCCD
2	PCPT	PCPT	PCPT
3	PCAL	SAL	PAL
4	SAM	SAM	SAM
5	SAMM	SAMM	SAMM

Figura 5.7: Excerto da tabela “INSTALAÇÕES\_REN”

Observando a figura, na linha 3 verifica-se a designação oficial da instalação é “PCAL” sendo esta distinta da designação que existe na tabela “MENSAGENS” do SCADA e na tabela “ELEX\_SAP” proveniente do departamento de EA.

De modo a conter informação permanentemente atualizada foi também implementado nesta tabela um *trigger*, o qual é acionado após a introdução ou a modificação do nome das instalações nas tabelas “DISJUNTOR” e “DISJUNTOR\_ELEX”.

### 5.4.2 - Procedimento de atualização da base de dados

Após o tratamento da informação descrito em 5.4.1 -, a atualização da BD implementada ocorre periodicamente consoante a janela temporal desejada. Na Figura 5.8 é possível observar quais os processos realizados em cada tabela no momento da atualização.

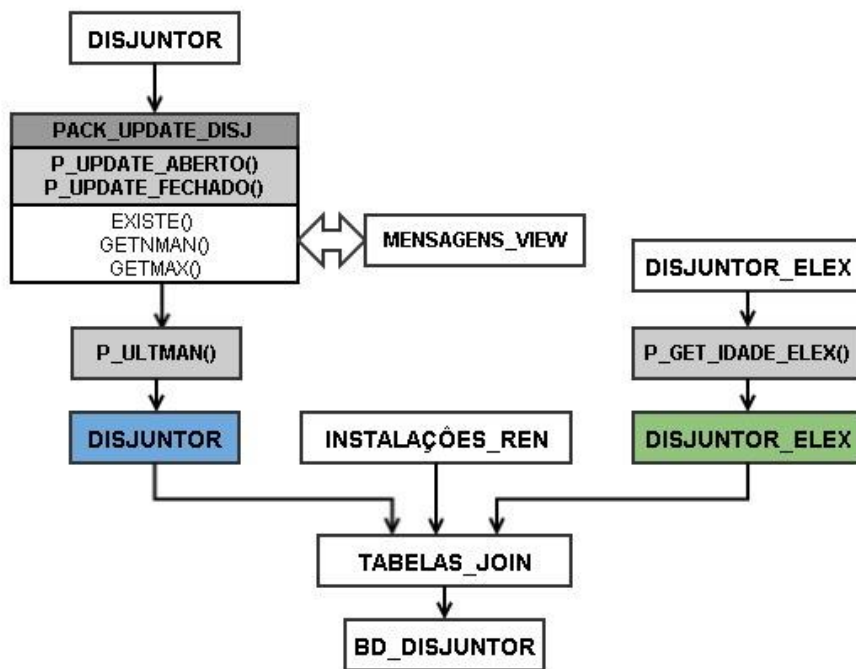


Figura 5.8: Fluxograma do processo de atualização da base de dados

Para a tabela “DISJUNTOR” são atualizados inicialmente os campos que contêm a data das últimas manobras de abertura e fecho e o número de manobras de abertura e fecho efetuados pelo disjuntor. Esta atualização é efetuada com recurso ao pacote “PACK\_UPDATE\_DISJ” o qual é composto pelos procedimentos “P\_UPDATE\_ABERTO” e “P\_UPDATE\_FECHADO”. Estes procedimentos são compostos por um conjunto de rotinas e funções que percorrem todos os elementos da tabela “DISJUNTOR”, e para cada um deles verifica a existência de manobras, na vista de tabela “MENSAGENS\_VIEW”, desde da última data de atualização executada. Em seguida são processados os resultados atualizados com recurso ao procedimento “P\_ULTMAN”, sendo calculado o número de meses decorridos desde a última manobra até à data, sendo armazenados no campo “ULT\_MAN\_TEMPO”. De modo a facilitar a leitura da informação, este procedimento, compara ainda a data das últimas manobras de abertura e fecho e atualiza o campo “ULT\_MAN” com a respetiva informação de “Aberto” ou “Fechado”.

No caso da tabela “DISJUNTOR\_ELEX” o único processamento periódico que é realizado tem como objetivo a atualização da idade dos disjuntores, garantido assim que a informação se encontra sempre o mais atual possível.

Finalmente é realizada a junção das tabelas atualizadas (com coloração azul e verde) e da tabela “INSTALAÇÕES\_REN”, recorrendo ao *script* “TABELAS\_JOIN”, produzindo assim a “BD\_DISJUNTOR” com toda a informação relativa aos disjuntores.

### 5.4.3 - Modelo relacional

Após o carregamento e atualização da informação foi efetuada a junção entre as tabelas da BD. Esta ligação foi efetuada com recurso ao comando “SQL JOIN” e permitiu efetuar a correspondência do número de painel dos elementos. Por forma a garantir a correta correspondência da informação foi também utilizado o código da instalação do elemento recorrendo a tabela “INSTALAÇÕES\_REN” como referido na secção anterior. Na Figura 5.9 é apresentado o modelo relacional da BD com as respetivas ligações entre a informação. As relações do tipo 1:N implicam que na tabela “INSTALAÇÕES\_REN” só poderá existir uma única subestação com aquela designação, permitindo a existência de vários registos para a mesma subestação em “DISJUNTOR\_ELEX” ou “DISJUNTOR”. As relações do tipo 1:1 efetuam a correspondência unívoca entre o número de painel, o qual será idêntico.

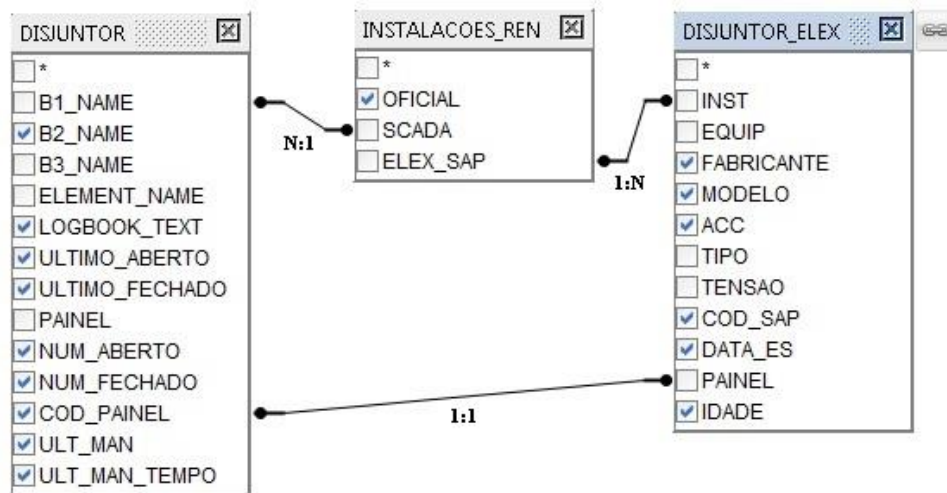


Figura 5.9: Modelo relacional da base de dados implementada

Devido ao fato de a tabela “DISJUNTOR” provir do departamento do GS e a tabela “DISJUNTOR\_ELEX” ser utilizada no departamento de EA, o número de disjuntores existentes em cada uma é diferente, sendo maior no caso da tabela “DISJUNTOR”. Esta diferença ocorre pois sendo a tabela “DISJUNTOR” originalmente carregada a partir da tabela “DISJUNTOR\_SCADA” a qual possui elementos que eventualmente já não se encontram em serviço, continuando apenas a existir um registo na BD do SCADA. Por esta razão a “BD\_DISJUNTOR” é composta por elementos que se encontrem armazenados simultaneamente nas duas tabelas.



# Capítulo 6

## Análise e validação dos resultados

Apresentam-se neste capítulo os resultados obtidos na criação da BD e do seu processo de atualização. Numa primeira fase é demonstrada a metodologia utilizada na validação dos resultados. De seguida, é apresentada uma análise dos resultados sendo evidenciadas as principais diferenças segundo os níveis de tensão em que os disjuntores operam e pelo tipo de acionamento que estes utilizam.

### 6.1 - Metodologia de validação

De forma a validar os resultados obtidos no carregamento e atualização da BD dos disjuntores recorreu-se a um método de validação por escolha aleatória de elementos. Foi selecionado o conjunto de disjuntores apresentados na Figura 6.1, contendo este uma amostra de disjuntores com manobras de abertura ou fecho realizadas nos últimos 6 anos.

B1_NAME	B2_NAME	COD_PAINEL	LOGBOOK_TEXT	ULTIMO_ABERTO	ULTIMO_FECHADO
PCCD	150 kV	103	103 LCD.PDV2	14.02.07 08:04:18	14.02.07 10:23:37
SAM	60 kV	617	617 LAM.SABUGO2	13.08.31 10:44:42	13.08.31 11:14:16
SAV	400 kV	411	M411 TR1	12.02.16 14:00:08	12.02.16 14:11:34
SBL	60 kV	613	613 LBL.S.JORGE	11.10.06 17:52:06	11.05.17 16:35:07
SCC	60 kV	625	625 LCC.TALAGUEIRA	10.05.05 08:21:58	10.05.05 16:47:16
SCT	60 kV	601	601 RESERVA	09.10.16 11:14:08	09.10.16 10:21:34

Figura 6.1: Conjunto de disjuntores, com manobras nos últimos 6 anos, selecionados aleatoriamente para efeitos de validação

A próxima etapa da validação consistiu na procura das últimas manobras de abertura e fecho, de cada disjuntor selecionado, em "MENSAGENS\_VIEW". Esta procura foi realizada através de uma rotina de pesquisa em SQL e permitiu verificar a correspondência entre os valores presentes na



tabela “DISJUNTOR” e os valores registados em “MENSAGENS\_VIEW”. Os resultados desta pesquisa são apresentados na Figura 6.2.

DATA	MILISEGUNDOS	ACK	DATA_TEXTO	B1	B2	ELEMENTO	TEXTO	ESTADO
14.02.07 10:23:37	51	(null)	7.02 10:23:37,051	PCCD	103 LCD.PDV2	Disjuntor	(null)	Fechado
14.02.07 08:04:18	308	(null)	7.02 08:04:18,308	PCCD	103 LCD.PDV2	Disjuntor	(null)	Aberto
13.08.31 11:14:16	793	(null)	31.08 11:14:16,793	SAM	617 LAM.SABUGO2	Disjuntor	(null)	Fechado
13.08.31 10:44:42	759	(null)	31.08 10:44:42,759	SAM	617 LAM.SABUGO2	Disjuntor	(null)	Aberto
12.02.16 14:11:34	970	(null)	16.02 14:11:34,970	SAV	M411 TR1	Disjuntor	(null)	Fechado
12.02.16 14:00:08	21	(null)	16.02 14:00:08,021	SAV	M411 TR1	Disjuntor	(null)	Aberto
11.10.06 17:52:06	0	(null)	6.10 17:52:06	SBL	613 LBL.S.JORGE	Disjuntor	(null)	Aberto
11.05.17 16:35:07	624	(null)	17.05 16:35:07,624	SBL	613 LBL.S.JORGE	Disjuntor	(null)	Fechado
10.05.05 16:47:16	805	(null)	5.05 16:47:16,805	SCC	625 LCCTALAGUEIRA	Disjuntor	(null)	Fechado
10.05.05 08:21:58	608	(null)	5.05 08:21:58,608	SCC	625 LCCTALAGUEIRA	Disjuntor	(null)	Aberto
09.10.16 11:14:08	805	(null)	16.10 11:14:08,805	SCT	601 RESERVA	Disjuntor	(null)	Aberto
09.10.16 10:21:34	615	(null)	16.10 10:21:34,615	SCT	601 RESERVA	Disjuntor	(null)	Fechado

Figura 6.2: Excerto da vista de tabela “MENSAGENS\_VIEW” para efeitos de validação

Através da comparação da Figura 6.1 com a Figura 6.2 é possível observar que os valores das datas são correspondentes. No entanto verifica-se que o nome de alguns elementos em “B2” não é igual, apresentando algumas diferenças na codificação. Este problema foi previamente solucionado no carregamento e atualização da BD recorrendo à pesquisa pelo campo “COD\_PAINEL” e não pelo campo “LOGBOOK\_TEXT”. Esta pesquisa insensibiliza eventuais mudanças de nome do elemento que possam ocorrer, visto que o número do painel se mantem.

De modo a efetuar a validação dos resultados foi selecionado ainda outro conjunto de valores segundo um conjunto de critérios em seguida apresentados.

- Elementos sem registo de manobras (Valor por defeito “01.01.01 00:00:00”).
- Elementos com registo de uma só manobra (abertura ou fecho);
- Elemento com o registo de manobras mais antigo;
- Elemento com o registo de manobras mais atual;

B1_NAME	B2_NAME	COD_PAINEL	LOGBOOK_TEXT	ULTIMO_ABERTO	ULTIMO_FECHADO
SCC	220 kV	241	M241	01.01.01 00:00:00	01.01.01 00:00:00
STFR	150 kV	115	115 IB 150kV	01.01.01 00:00:00	09.04.09 16:34:13
SLV	60 kV	620	620 RESERVA	09.07.02 15:24:59	01.01.01 00:00:00
SPI	400 kV	421	M421 AT2	09.08.31 10:05:39	09.08.31 10:34:27
SMCC	60 kV	618	618 LMCC.BRAGANCA	14.06.10 05:25:59	14.06.10 05:26:00

Figura 6.3: Conjunto de disjuntores, segundo os critérios definidos, selecionados para efeitos de validação

Na Figura 6.3 são apresentados os elementos selecionados, e na Figura 6.4 é possível observar os resultados obtidos na pesquisa em “MENSAGENS\_VIEW”. Através da comparação das duas imagens verifica-se que os valores, nos casos em que há registos, são correspondentes. No caso do disjuntor que não possui qualquer registo de manobra, é apresentado na Figura 6.5 o teste de verificação da existência de manobras em “MENSAGENS\_VIEW” o qual não retornou, como era expectável, nenhum resultado.

Através da metodologia de validação apresentada nesta secção foi possível concluir que os processos de carregamento e atualização da BD dos disjuntores produziram resultados válidos, o que permitiu proceder a sua análise.

DATA	MILISEGUNDOS	ACK	DATA_TEXTO	B1	B2	ELEMENTO	TEXTO	ESTADO
14.06.10 05:26:00	230	(null)	10.06 05:26:00,230	SMCC	618 LMCC.BRAGANCA	Disjuntor	(null)	Fechado
14.06.10 05:25:59	868	(null)	10.06 05:25:59,868	SMCC	618 LMCC.BRAGANCA	Disjuntor	(null)	Aberto
09.08.31 10:34:27	325	(null)	31.08 10:34:27,325	SPI	M421 AT2	Disjuntor	(null)	Fechado
09.08.31 10:05:39	581	(null)	31.08 10:05:39,581	SPI	M421 AT2	Disjuntor	(null)	Aberto
09.07.02 15:24:59	139	(null)	2.07 15:24:59,139	SLV	620 RESERVA	Disjuntor	(null)	Aberto
09.04.09 16:34:13	201	(null)	9.04 16:34:13,201	STFR	115 IB 150kV	Disjuntor	(null)	Fechado

Figura 6.4: Excerto da vista de tabela “MENSAGENS\_VIEW” para efeitos de validação

```

1 SELECT *
2 FROM MENSAGENS_VIEW
3 WHERE (ESTADO = 'Aberto'
4 OR ESTADO = 'Fechado')
5 AND ((B1 = 'SCC'
6 AND B2 LIKE '%M241%'));

```

Script Output x

Task completed in 0,513 seconds

no rows selected

Figura 6.5: Teste de verificação da existência de manobras no disjuntor para efeitos de validação

## 6.2 - Resultados

A “BD\_DISJUNTOR” foi implementada de maneira a que a informação nela contida seja continuamente atualizada. No entanto, de forma a realizar uma análise da informação e a extração de conclusões e resultados apresentados nesta secção foi considerada uma “fotografia” temporal da informação na BD dos disjuntores, retirada no dia 18/06/2014 pelas 13 horas.

O conjunto de elementos existentes em “BD\_DISJUNTOR” é composto aproximadamente por 1400 disjuntores. No entanto é importante referir que, ao considerar a idade dos disjuntores nas análises efetuadas o número de disjuntores passa a ser aproximadamente 1300. Esta diferença de disjuntores ocorre devido à falta de preenchimento de informação relativa à sua idade, ficando assim de fora da análise.

Após uma análise inicial verificou-se que a maioria os disjuntores foram manobrados desde 2009, sendo apresentados na Tabela 6.1 os elementos da BD dos disjuntores que não foram manobrados neste período.

Tabela 6.1: Conjunto de disjuntores que não foram manobrados desde 2009.

OFICIAL	B2_NAME	COD_PAINEL	LOGBOOK_TEXT
SCC	220 kV	241	M241
SCN	220 kV	215	215 Reserva
SPA	150 kV	119	119 LZR.PA1
SPM	150 kV	127	127 Reserva
SVM	60 kV	628	628 -----
SVM	60 kV	624	624 LTO.VM

Como se pode observar pelo campo “LOGBOOK\_TEXT” este conjunto de disjuntores é bastante reduzido, sendo maioritariamente composto por painéis de “Reserva”, verificando-se ainda a existência de dois painéis de linha o “119 LZR.PA1” e “624 LTO.VM” que são referentes a disjuntores que já não se encontram em serviço desde um período anterior a 2009. Os painéis de reserva, em tempos tiveram um disjuntor, mas atualmente a sua utilidade é prestar um eventual apoio aos painéis em serviço, por exemplo no caso de avaria de um TI ou TT, substituir disjuntores ou seccionadores.

Na análise da informação, a idade dos disjuntores e o tempo decorrido desde a última manobra foram agrupadas em classes temporais, as quais facilitaram o tratamento da informação. No caso da idade dos disjuntores, esta foi dividida em classes de 5 anos em 5 anos, sendo o limite máximo fixado em 50 anos. Os valores do tempo decorrido desde a última manobra foram divididos em períodos de 6 meses, com um limite máximo de 60 meses (5 anos). A escolha destas classes temporais é diferente da escolha utilizada na secção 4.3 - de modo a permitir uma análise mais pormenorizada.

Na Figura 6.6 é apresentada a distribuição do número de disjuntores, presentes na BD, pelas diferentes classes de idades e períodos de inatividade. Como se pode verificar a grande maioria dos disjuntores encontra-se com um período de inatividade de 12 meses e tem até 10 anos de idade. Isto traduz-se numa população de disjuntores jovens, como já tinha sido referido no capítulo 4, e que manobra frequentemente.

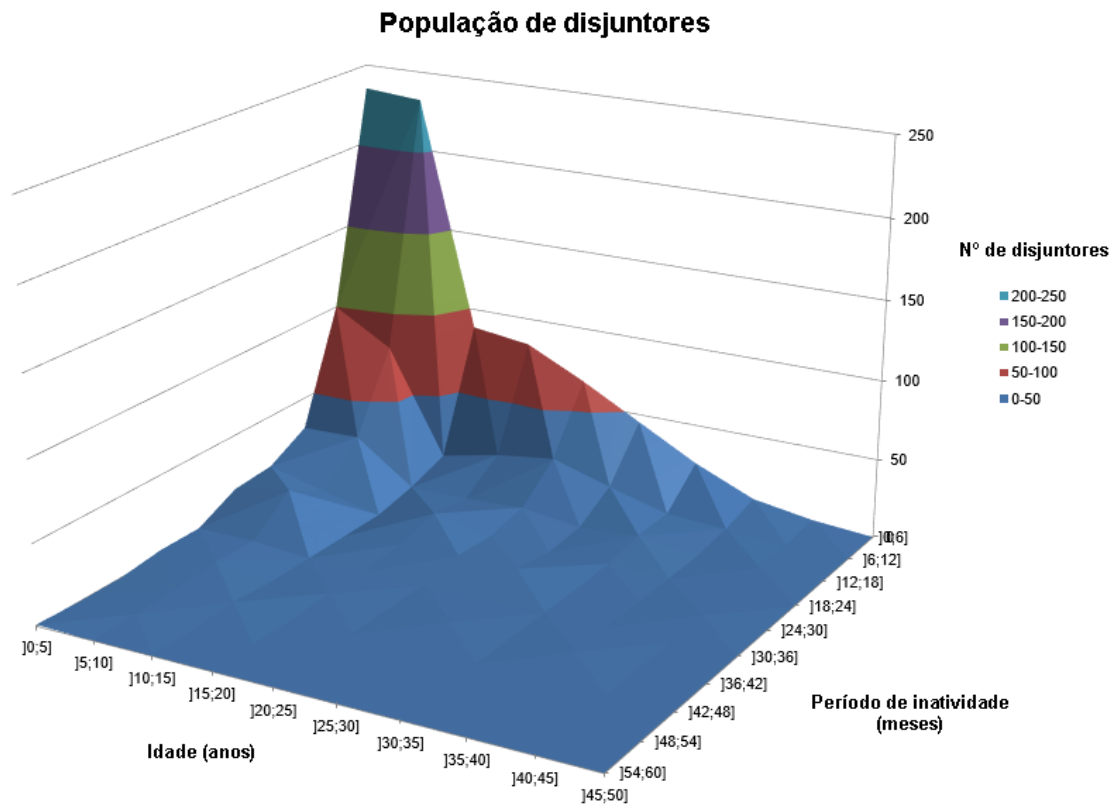


Figura 6.6: Distribuição da população de disjuntores da BD

No entanto os disjuntores com mais de 10 anos e período de inatividade superior a 12 meses são os que eventualmente podem trazer um maior número de complicações devido a sua inoperabilidade. Na Tabela 6.2 é apresentado o conjunto de elementos que possuem os registos de manobra mais antigos na base de dados. Como se pode observar a maioria destes disjuntores estão associados a elementos de rede que não efetuam muitas manobras, excetuando eventuais disparos, tais como os transformadores (TR) ou os Interbarras (IB). Importante salientar o caso dos disjuntores hidráulicos em que um possui 27 anos de idade e o outro 18 anos e ambos não manobram há cerca de 3 anos.

Tabela 6.2: Conjunto representativo de disjuntores em operação com os maiores períodos de inatividade (em meses)

OFICIAL	B2_NAME	LOGBOOK_TEXT	ULT_MAN_TEMPO	ACC	Idade
SCC	60 kV	625 LCC.TALAGUEIRA	49	Mola	7
SPO	60 kV	623 IB 60kV	46	Mola	6
SRR	220 kV	218 TR4	44	Mola	13
SRR	60 kV	604 TR4	44	Mola	13
SET	150 kV	101 TR1	43	Mola	9
SPNL	60 kV	618 TR2	41	Mola	4
SPNL	220 kV	M243 TR2	41	Mola	4
SRR	60 kV	603 LRR.VALONGO	39	Mola	9
SVPA	60 kV	623 IB 60 kV	38	Mola	6
SVI	60 kV	612 TR3	37	Hidráulico	27
SVI	150 kV	110 TR3	37	Hidráulico	18

Na Figura 6.7 está representada a população de disjuntores do tipo hidráulico distribuídos por idade e período de inatividade. Como se pode observar a classe mais representativa é a classe dos 20 aos 25 anos com um período de inatividade até 6 meses perfazendo um total de aproximadamente 50 disjuntores.

#### População de disjuntores com acionamento hidráulico

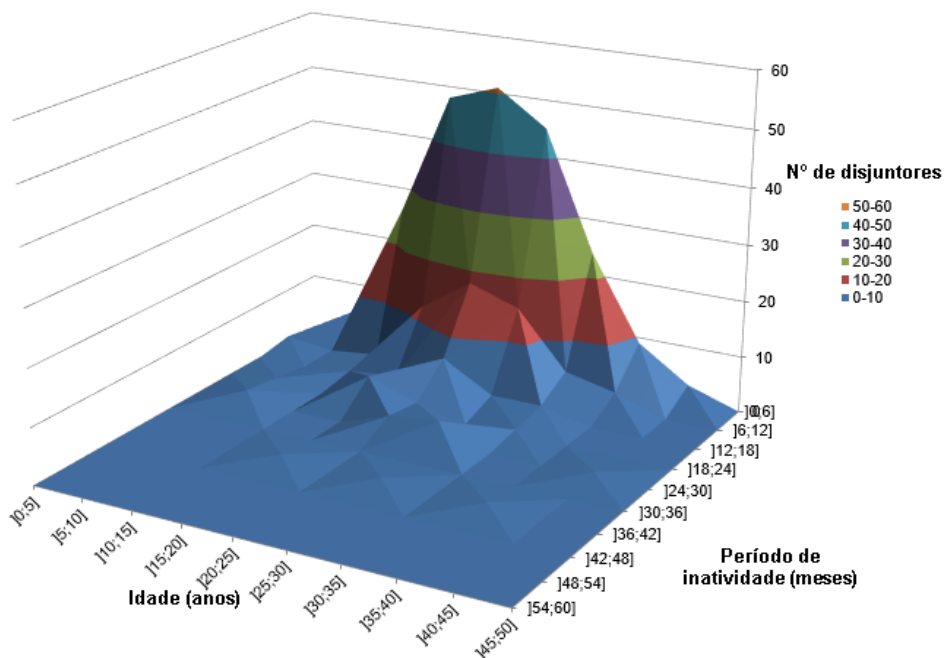


Figura 6.7: Distribuição da população de disjuntores com acionamento do tipo hidráulico por idade e período de inatividade

Tabela 6.3: Conjunto representativo de disjuntores em operação, com acionamento hidráulico e idade superior a 25 anos e período de inatividade superior a 24 meses.

OFICIAL	B2_NAME	LOGBOOK_TEXT	ULT_MAN_TEMPO	ACC	Idade
SPA	60 kV	635 IB 60 kV	24	Hidráulico	34
SCN	60 kV	611 TR1	28	Hidráulico	28
SCN	220 kV	218 TR3	28	Hidráulico	28
SVI	60 kV	612 TR3	37	Hidráulico	27
SCN	220 kV	214 TR1	28	Hidráulico	26
SCN	60 kV	621 TR3	28	Hidráulico	25

Na Tabela 6.3 é possível observar o conjunto de disjuntores com acionamento hidráulico e idade superior a 25 anos e um período de inatividade superior a 2 anos. Aplicando uma análise do ponto de vista da inoperabilidade dos disjuntores, este conjunto pode apresentar um risco acrescido de falha no momento de atuação. Estas falhas podem ocorrer devido ao fato de não havendo manobras durante um longo período de tempo, os circuitos de acionamento hidráulico, estando sob constante pressão, podem sofrer falhas mecânicas ou degradação da qualidade do fluido que o faz atuar.

Foi também analisada a distribuição da população dos disjuntores considerando o seu nível de tensão e agrupando por período de inatividade. Através da Figura 6.8 verifica-se que o número de disjuntores para os diversos períodos de inatividade são maiores nos níveis de tensão de 60 kV e 220 kV, o que é expectável pois em geral são estes dois níveis que perfazem a maior parte da população.

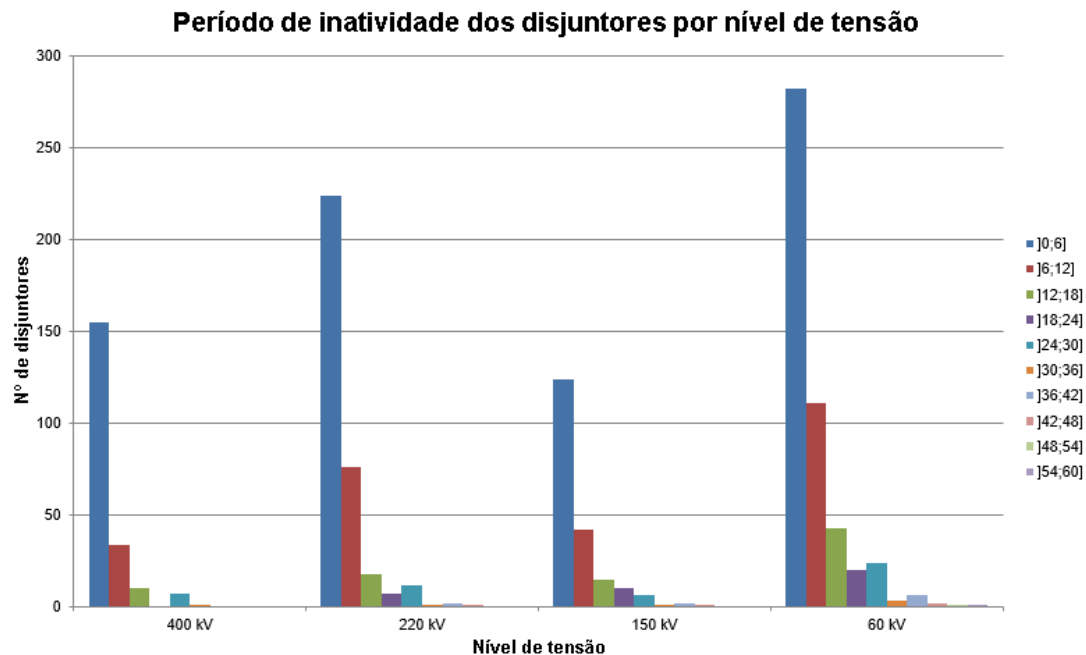


Figura 6.8: Distribuição do número de disjuntores por período de inatividade e nível de tensão

De modo a melhor compreender a análise da figura anterior foram selecionados os dois tipos de acionamento mais utilizados nos disjuntores da RNT. Através da análise da Figura 6.9 e da Figura

6.10 é possível verificar que em disjuntores com acionamento hidráulico o número de disjuntores com período de inatividade até aos 6 meses são mais significativos nos níveis de tensão de 150 kV e de 220 kV, e no período de inatividade entre os 6 e os 12 meses o número de disjuntores nos níveis de 60 kV, 150 kV e 220 kV é aproximado. No caso dos disjuntores com acionamento a mola a maioria pertence ao nível de 60 kV e tem um período de inatividade até aos 12 meses.

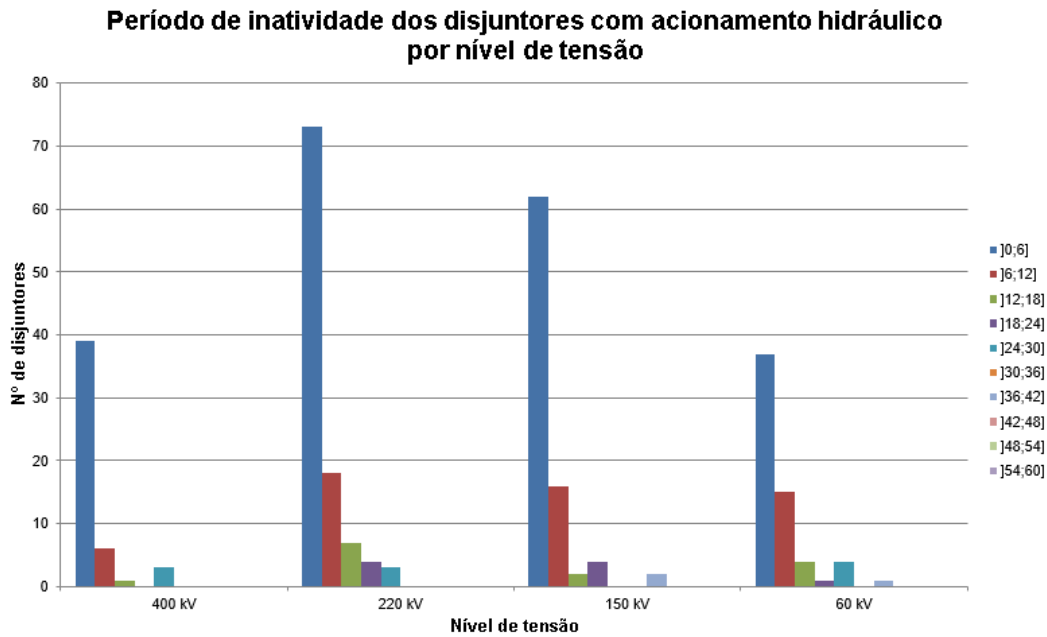


Figura 6.9: Distribuição do número de disjuntores com acionamento hidráulico por período de inatividade e nível de tensão

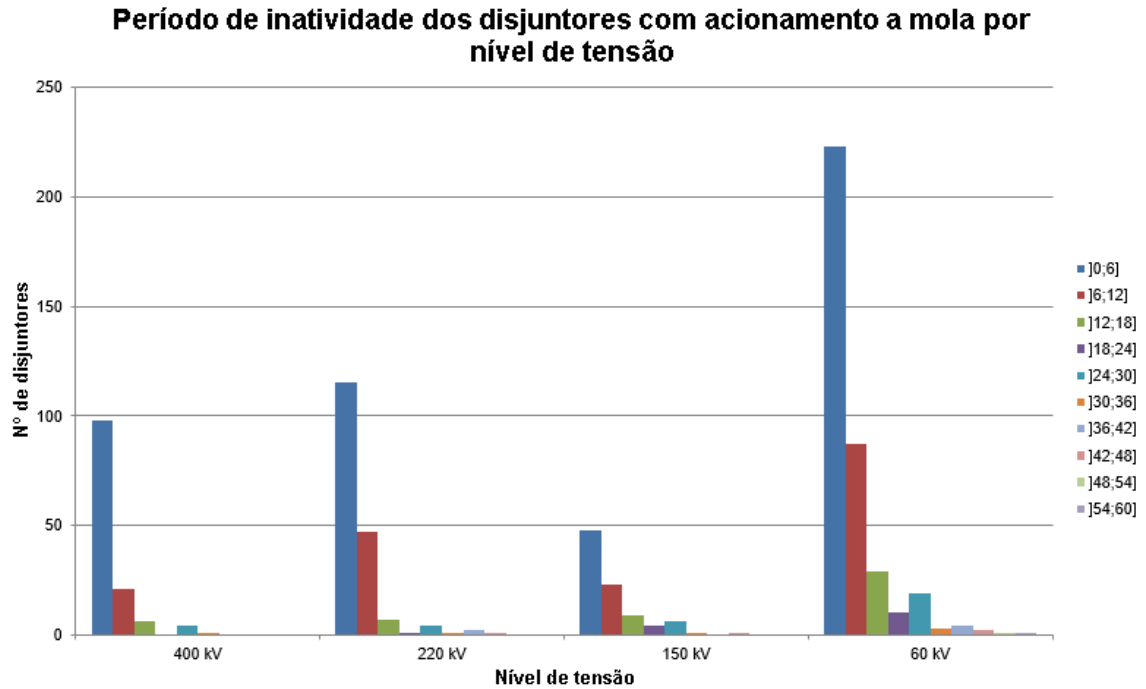


Figura 6.10: Distribuição do número de disjuntores com acionamento a mola por período de inatividade e nível de tensão

Na Figura 6.11 encontra-se representado o gráfico da frequência acumulada nos diversos períodos de inatividade de modo a completar a análise acima efetuada. É possível verificar cerca de 65 % dos disjuntores foram manobrados nos últimos 6 meses e que cerca de 95% dos disjuntores foram manobrados nos últimos 24 meses. Do ponto de vista da análise da inoperabilidade isto significa que apenas 5% dos disjuntores não foram manobrados num período superior a 2 anos.



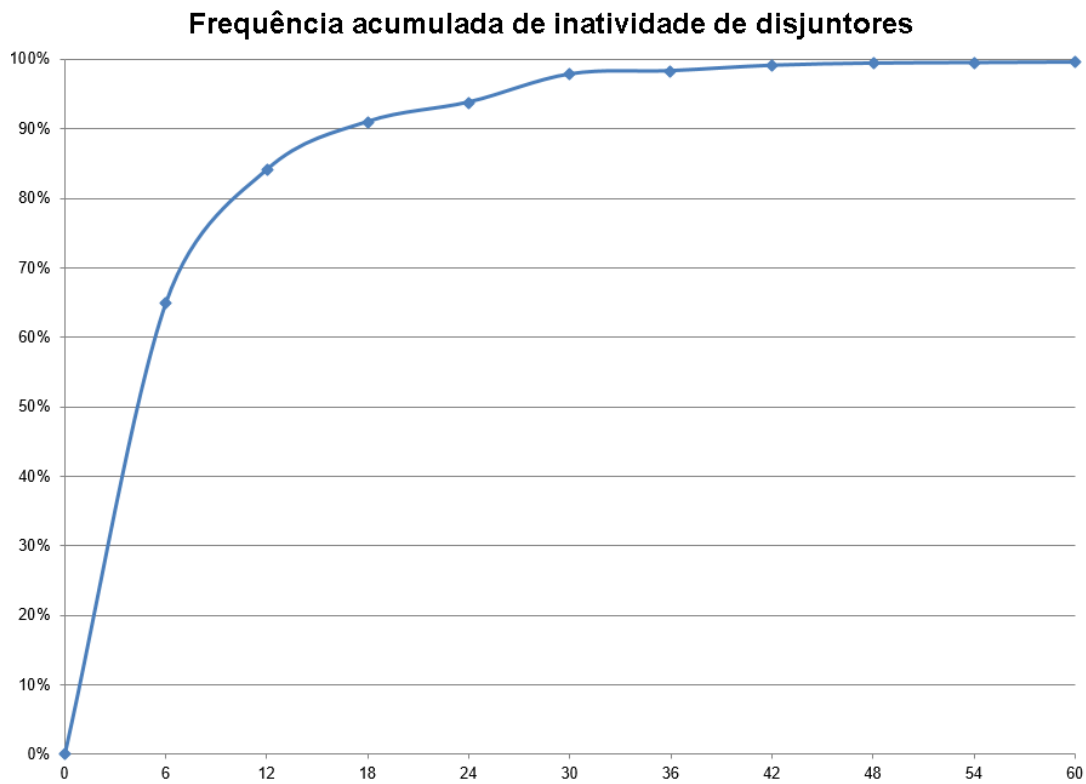


Figura 6.11: Frequência acumulada de períodos de inatividade de disjuntores

Particularizando a análise da frequência acumulada de inatividade para o caso de disjuntores com acionamento hidráulico, observa-se na Figura 6.12 que 95% dos disjuntores foram manobrados

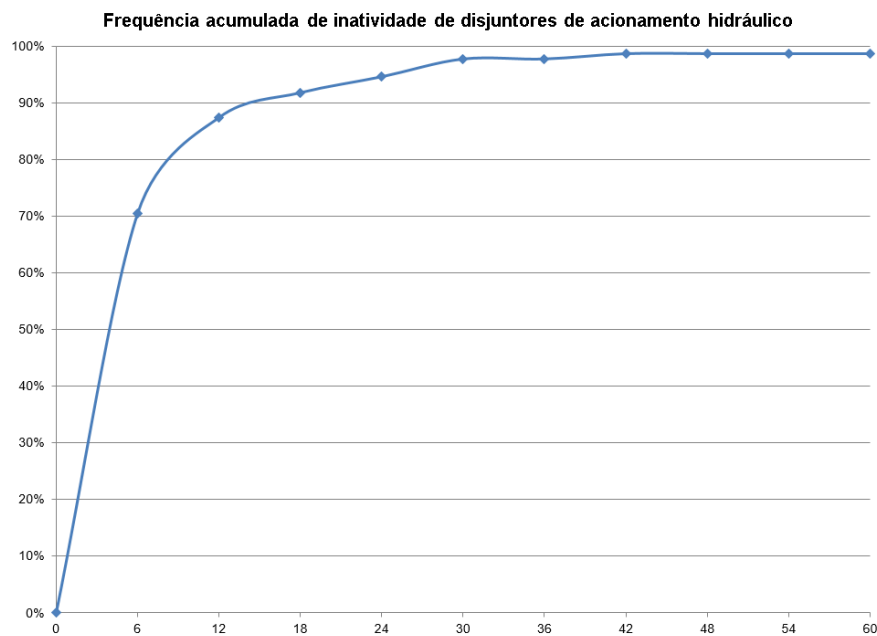


Figura 6.12: Frequência acumulada de períodos de inatividade de disjuntores com acionamento hidráulico

num período inferior a 24 meses. E na Figura 6.13 encontra-se a discriminação da Figura 6.12 pelos diferentes níveis de tensão.

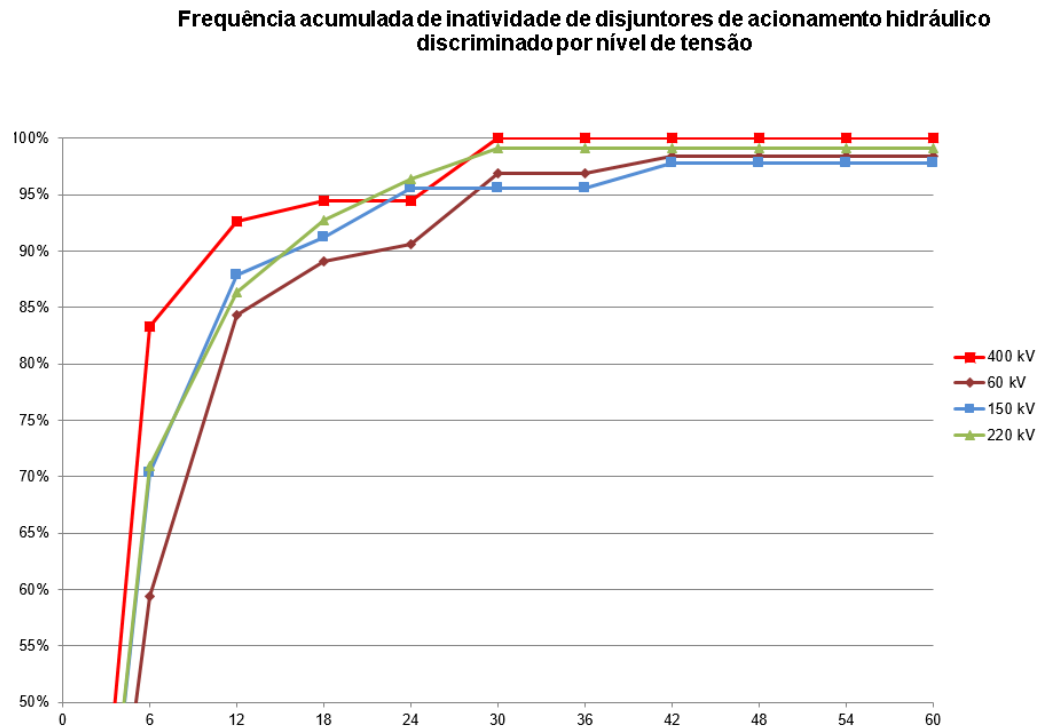


Figura 6.13: Frequência acumulada de inatividade de disjuntores de acionamento hidráulico discriminado por nível de tensão

Na Figura 6.13 observa-se que 10% disjuntores, com acionamento hidráulico, com 60 kV que não operam num período superior a 2 anos. Relativamente aos restantes níveis de tensão, verifica-se que 95% dos disjuntores apresentam manobras nos últimos 2 anos.

Através das análises efetuadas, focando numa perspetiva de inoperabilidade dos disjuntores verifica-se que o número de disjuntores que apresentam risco de falha no momento de atuação é bastante reduzido.



# Capítulo 7

## Conclusões e Trabalhos futuros

São apresentadas neste capítulo as principais conclusões a retirar no desenvolvimento deste trabalho, assim como possíveis sugestões de trabalhos a desenvolver futuramente. A primeira parte deste capítulo apresenta a satisfação dos objetivos, analisando a solução implementada e a metodologia de trabalho utilizada. A segunda parte expõe um conjunto de sugestões de forma a dar continuidade ao desenvolvimento da base de dados implementada, assim como possíveis adições à respetiva aplicação de apoio, tendo em conta as suas características de expansibilidade.

### 7.1 - Conclusões

A partir do trabalho desenvolvido ao longo do estágio de dissertação na REN, a base de dados dos disjuntores implementada permite saber com exatidão qual o tempo decorrido desde a última manobra realizada pelos disjuntores em operação na RNT, traduzindo assim a concretização dos objetivos propostos e dotando a REN de uma ferramenta indispensável na identificação proactiva de problemas nos seus disjuntores.

É importante salvaguardar que no departamento do GSOR, departamento onde foi realizada esta dissertação, não existia conhecimento relativo a bases de dados *oracle*, o que atribui assim um carácter autónomo ao trabalho desenvolvido. Foi então necessário passar por um período de aprendizagem da linguagem PL\SQL e especificidades construtivas associadas às bases de dados *oracle*, de modo a adquirir o conhecimento que tornou possível a criação da solução final implementada.

Com a aplicação da metodologia de validação dos resultados foi possível verificar o correto funcionamento da base de dados implementada. Realizou-se uma análise aos resultados obtidos segundo a perspectiva da inoperacionalidade no qual foram definidos um conjunto de critérios relativamente à idade dos disjuntores e ao seu período de inatividade. A partir desta análise foi possível verificar que o número de disjuntores em possível situação de risco de falha é bastante

reduzido, sendo que no caso dos disjuntores com comando hidráulico foram verificados apenas 5 casos no universo total dos disjuntores analisados.

Em relação a aplicação de interface com a base de dados “Disjuntores da REN” foi desenvolvida em *Visual Basic for Applications* (VBA) e integrada no *EXCEL*. A sua criação partiu da necessidade de distribuir o acesso à informação, presente na base de dados de forma simples e intuitiva. Estas características conferem a esta ferramenta a facilidade de utilização pelos diversos agentes, nomeadamente dos departamentos do GS e EA.

## 7.2 - Desenvolvimentos futuros

Devido ao carácter pioneiro da solução implementada, existe ainda espaço para a introdução de melhorias sendo propostos possíveis desenvolvimentos a realizar em trabalhos futuros.

Relativamente à base de dados, a sua característica de expansibilidade permite alargar o conjunto de elementos para os restantes disjuntores, como por exemplo os disjuntores dos serviços auxiliares. Possibilita também a introdução de novas funcionalidades tais como a análise de padrões de manobras dos disjuntores ou a identificação de disparos que permitirá refinar os contadores de manobras implementados.

Outra possível opção passa pela criação de uma base de dados contendo elementos do tipo seccionador sendo estes elementos que, analogamente aos disjuntores, também operam na RNT pelo que a sua análise poderá ser pertinente.

## Referências

- [1] REN - Rede Elétrica Nacional. *O setor elétrico*  
[http://www.ren.pt/o\\_que\\_fazemos/eletricidade/o\\_setor\\_eletrico/#5](http://www.ren.pt/o_que_fazemos/eletricidade/o_setor_eletrico/#5), Acesso: 7/Março/2014.
- [2] Ministério da Economia e da Inovação, *Decreto-Lei n.º 29/2006. D.R. n.º 33, Série I-A. 2006-02-15.*
- [3] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, *Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico*. Outubro 2013.
- [4] REN - Rede Elétrica Nacional, *Caracterização da rede nacional de transporte para efeito de acesso à rede*. 2012.
- [5] REN - Rede Elétrica Nacional, *Estatística Anual 2004 - 2013 Eletricidade*.
- [6] REN - Rede Elétrica Nacional. *Perfil da empresa*.  
[http://www.ren.pt/quem\\_somos/perfil\\_da\\_empresa/](http://www.ren.pt/quem_somos/perfil_da_empresa/), Acesso: 4/Março/2014.
- [7] REN - Rede Elétrica Nacional, *Missão e Responsabilidades*. 2012.
- [8] REN - Rede Elétrica Nacional, *Missão e Funções, Gestão do Sistema – Operação de Rede*. 2012.
- [9] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, *Relatório da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico*. Outubro 2013.
- [10] Comissão Eletrotécnica Internacional (CEI) Standard, *Norma 62271-100, Disjuntores de alta tensão - corrente alternada*. ,2008.
- [11] Kunio Nakanishi, *Switching Phenomena in High-Voltage Circuit Breakers*. 1991: Taylor & Francis.
- [12] ABB, *Live Tank Circuit Breaker - Application Guide*. 2004.
- [13] H.M.L. Ryan and Institution of Electrical Engineers, *High Voltage Engineering and Testing*. 2001: Institution of Electrical Engineers.
- [14] American National Standards Institute (ANSI) Standard, *C37.100 - Definitions for Power Switchgear*.
- [15] Fritz Pinnekamp, *The Circuit Breaker – A showcase of product development*. 2007 ABB Review.
- [16] L. van der Sluis, *Transients in Power Systems*. 2001: Wiley.
- [17] R.D. Garzon, *High voltage circuit breakers: design and applications*. 1997: Marcel Dekker.
- [18] Phuwanart Choonhapran, *Applications of High Voltage Circuit-Breakers and Development of Aging Models*. 2008, Technische Universität Darmstadt.
- [19] EPA, *Sulfurhexafluoride and Atmospheric Effects of Green House Gas Emissions*, in *Electrical Transmission and Distribution Systems*. 1995.
- [20] M. Abdel-Salam, *High-Voltage Engineering: Theory and Practice, Second Edition, Revised and Expanded*. 2000: Taylor & Francis.

- [21] *Microsoft SQL Server vs. Oracle: The Same, But Different?* 2014 March 13th, 2014, <http://www.seguetech.com/blog/2014/03/13/Microsoft-SQL-Server-versus-oracle>, Acesso: 2/Junho/2014.
- [22] Oracle. *Oracle® SQL Developer User's Guide Release 3.2*. 2006, [http://docs.oracle.com/cd/E16655\\_01/appdev.121/e35117/toc.htm](http://docs.oracle.com/cd/E16655_01/appdev.121/e35117/toc.htm), Acesso: 1/Maio/2014.
- [23] *What is PL/SQL?* , <http://lambda.uta.edu/cse5331/spring98/plsql.html>, Acesso: 4/Junho/2014.
- [24] Oracle. *Oracle® Database SQL Reference 10g Release 2 (10.2)*. 2005, [http://docs.oracle.com/cd/B19306\\_01/server.102/b14200/toc.htm](http://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14200/toc.htm), Acesso: 15/Maio/2014.
- [25] Oracle. *Oracle® Database SQL Language Reference 12c Release 1 (12.1)*. 2014, [http://docs.oracle.com/cd/E16655\\_01/server.121/e17209/toc.htm](http://docs.oracle.com/cd/E16655_01/server.121/e17209/toc.htm), Acesso: 17/Maio/2014.

# Anexo A

## Manual da aplicação Disjuntores da RNT

O presente anexo tem como principal objetivo apresentar o manual de utilização da aplicação de interface Disjuntores da REN. Esta aplicação foi criada *Visual Basic for Applications (VBA)* e integrada no *EXCEL.*, tem como finalidade simplificar a interação dos utilizadores com a base de dados implementada, sendo os dados apresentados de forma estruturada permitindo uma fácil leitura.

De modo a aceder a aplicação é necessário abrir o ficheiro “Interface\_Disjuntores\_da\_REN.xlsx” em formato *Excel*. Após a sua abertura surge a interface de apresentação dos dados, como se pode observar na Figura A.1. Esta interface de apresentação é constituído por 4 grandes elementos, detalhados em seguida:

- Botão “Importar Dados/Opções” – Ao premir este botão, o utilizador é levado ao menu de interface de seleção dos resultados a apresentar, apresentado na Figura A.2;
- Secção de apresentação dos dados – Composta pelos vários atributos de um disjuntor;
- Informação do número de disjuntores selecionados – Do lado esquerdo apresenta o número de disjuntores da seleção atual e à direita o número total de disjuntores existentes na base de dados;
- Informação da data e hora da última importação – no momento de importação da informação da base de dados é registada a data e a hora.

Na Figura A.2 é observada a interface de seleção dos dados a importar, bem como as possíveis opções de ordenação. Apresenta-se em seguida a descrição dos diferentes botões de seleção:

- Na secção Opções de Filtro existem os seguintes botões:
  - Instalação – Selecionar a instalação (Subestação ou posto de corte);
  - Nível Tensão – Selecionar o nível de tensão (400 kV, 220 kV, 150 kV, 60 kV);
  - Acionamento – Selecionar o tipo de acionamento (Mola, Hidráulico, Híbrido);
  - Fabricante – Selecionar o fabricante;



- Idade do Disjuntor – Selecionar um valor de idade ou um intervalo de idades;
  - Tempo Inatividade – Selecionar um valor de tempo de inatividade ou um intervalo de tempo;
  - Nº Abertos – Selecionar um número de manobras de abertura ou um intervalo de valores;
  - Nº Fechos – Selecionar um número de manobras de fecho ou um intervalo de valores.
- 
- Na secção de TOPs existem os seguintes botões que permitem seleccionar a lista de disjuntores segunda as seguintes ordenações:
    - TOP 1 – Do maior tempo de inatividade para o menor tempo;
    - TOP 2 – Do menor para o maior número de manobras de abertura e fecho;
    - TOP 3 – Do mais velho para o mais novo;
    - TOP 4 – Do maior para o menor número de manobras de abertura e fecho.

Na interface de seleção da informação a apresentar existem ainda os seguintes botões:

- Importar Dados BD ORACLE – Botão que efetua o carregamento da informação segundo os filtros desejados;
- Sobre – Botão que leva o utilizador ao manual de utilização da aplicação;
- Sair – Botão que permite sair da interface de seleção dos dados a importar.

Disjuntores da REN											
Importar Dados/Opcões											
Instalação	Tensão	Nº Painel	Descrição	Tempo Inatividade	Últ. Manobra	Nº aberturas	Nº fechos	Idade (anos)	Acionamento	Modelo	Fabricante
SCH	60 kV	614	614 TR1	1.4	Fechado	48	64	28.6	Hidráulico	OR1M	Efacec
SER	150 kV	103	103 LPM.ER/PGS	7.3	Fechado	54	62	28.4	Hidráulico	FL170	Efacec
SER	150 kV	107	107 TR2	1.3	Fechado	30	30	28.4	Hidráulico	FL170	Efacec
SER	60 kV	602	602 TR2	1.3	Fechado	33	34	28.4	Hidráulico	OR1M	Efacec
SCN	60 kV	611	611 TR1	27.3	Fechado	18	26	28.3	Hidráulico	OR1M	Efacec
SCN	60 kV	614	614 LCN.PEDROSO1	0.4	Fechado	20	35	28.3	Hidráulico	OR1M	Efacec
SCN	60 kV	615	615 LCM.CN	0.4	Fechado	24	40	28.3	Hidráulico	OR1M	Efacec
SVM	220 kV	214	214 AT1	1.2	Aberto	9	9	28.2	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SSN	400 kV	409	409 AT5	8	Fechado	17	15	27.8	Hidráulico	3AS2	SIEMENS
SSN	400 kV	410	410 LCSN.SN2	0.6	Fechado	34	32	27.8	Hidráulico	3AS2	SIEMENS
SSN	400 kV	404	404 BP 400kV	0.6	Aberto	152	174	27.8	Hidráulico	3AS2	SIEMENS
SSN	400 kV	405	405 LPM.SN2	0	Aberto	137	156	27.8	Hidráulico	3AS2	SIEMENS
SCN	220 kV	218	218 TR3	27.3	Fechado	18	38	27.7	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SFN	220 kV	215	215 IB 220kV	9.5	Fechado	139	143	27.5	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SFN	400 kV	415	415 IB 400kV	6.1	Fechado	177	195	27.5	Hidráulico	FX420-24	Efacec
SFN	220 kV	214	214 AT6	4.3	Fechado	36	46	27.5	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SFN	400 kV	413	413 AT6	4.3	Fechado	39	40	27.5	Hidráulico	FX420-24	Efacec
SFN	400 kV	410	410 BP 400kV	1.2	Aberto	98	102	27.5	Hidráulico	FX420-24	Efacec
SFN	220 kV	213	213 LFN.SV2	0.7	Fechado	81	87	27.5	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SFN	220 kV	207	207 LFN.CH2	0.6	Fechado	98	87	27.5	Hidráulico	FX245-14	Efacec
SPM	400 kV	414	414 LPM.FF5	0.4	Fechado	74	179	27.5	Hidráulico	FX420-24	Efacec
SFN	220 kV	212	212 LFN.CHI	0.2	Fechado	66	74	27.5	Hidráulico	FX245-14	Efacec

Nº De disjuntores do filtro/Nº Total de disjuntores  
1361 / 1361

Data e hora importação  
19-06-2014 - 14:11

Figura A.1: Interface de apresentação de resultados

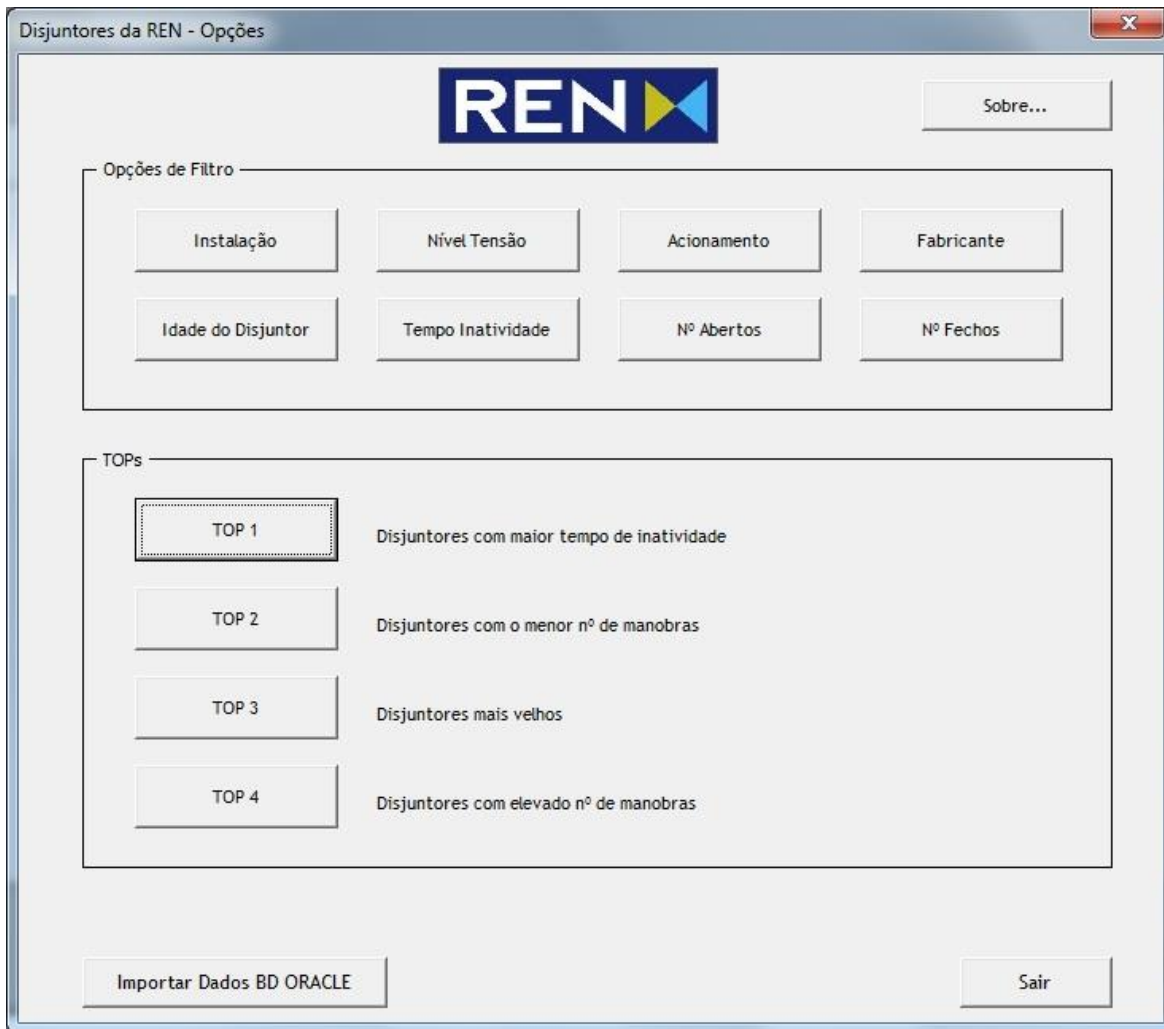


Figura A.2: Interface de seleção dos resultados a apresentar

## Anexo B

# Procedimentos, Funções e Pacotes

O presente anexo tem como principal objetivo apresentar as diversas funções, procedimentos e pacotes implementados com recurso ao SQL Developer que permitem o tratamento da informação e o carregamento da base de dados "BD\_DISJUNTOR"

- Pacotes

```
CREATE OR REPLACE PACKAGE UPDATE_DISJUNTOR
AS
  PROCEDURE P_UPDATE_ABERTO;
  PROCEDURE P_UPDATE_FECHADO;
END UPDATE_DISJUNTOR;
```

- Procedimentos

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_CARREGA_COD_PAINEL
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disj
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR;
    n_mod VARCHAR2 (40);
    first_elem VARCHAR2 (40);
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
    <<tabela_disjuntor>>
    FOR disj IN c_disj
    LOOP
      first_elem := SUBSTR(disj.painel,1,1);
      IF first_elem = 'M' THEN
        UPDATE DISJUNTOR
        SET COD_PAINEL = SUBSTR(PAINEL,2,3)
        WHERE b1_name =disj.b1_name
        AND logbook_text =disj.logbook_text;
        first_elem := NULL;
        <<tabela_disjuntor>>
        NULL;
      ELSE
        UPDATE DISJUNTOR
        SET COD_PAINEL = PAINEL
        WHERE b1_name = disj.b1_name
        AND logbook_text = disj.logbook_text;
        first_elem := NULL;
        <<tabela_disjuntor>>
        NULL;
      END IF;
      <<tabela_disjuntor>>
      NULL;
    END LOOP;
    dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
  END;
END P_CARREGA_COD_PAINEL;
```

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_CARREGA_MOD_ELEX
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_cursor
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR_ELEX WHERE PAINEL LIKE '0__' OR PAINEL LIKE ' __';
    n_mod   VARCHAR2 (40);
    first_elem VARCHAR2 (40);
    modulo  VARCHAR2 (40);
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
    <<tabela>>
    FOR linha IN c_cursor
    LOOP
      IF linha.TIPO = 'PMO' THEN
        modulo := SEPARA_MOD(linha.PAINEL);
        UPDATE DISJUNTOR_ELEX SET PAINEL = modulo WHERE COD_SAP = linha.COD_SAP;
        modulo := NULL;
      ELSIF linha.TIPO = 'BARR' AND linha.PAINEL = '1C' THEN
        UPDATE DISJUNTOR_ELEX SET PAINEL = '266' WHERE COD_SAP = linha.COD_SAP;
      ELSIF linha.TIPO = 'BARR' AND linha.PAINEL = '2A' THEN
        UPDATE DISJUNTOR_ELEX SET PAINEL = '214' WHERE COD_SAP = linha.COD_SAP;
        modulo := NULL;
      ELSE
        modulo := NULL;
        <<tabela>>
        NULL;
      END IF;
    END LOOP;
    dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
  END;
END P_CARREGA_MOD_ELEX;
```

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_CARREGA_PAINEL
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disj
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR ;
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO-----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
    <<tabela_disjuntor>>
    FOR disj IN c_disj
    LOOP
      UPDATE DISJUNTOR
      SET PAINEL = separa_logbook(disj.logbook_text)
      WHERE b1_name = disj.b1_name
      AND logbook_text = disj.logbook_text;
    END LOOP;
    dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO-----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
  END;
END P_CARREGA_PAINEL;

```

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_CARREGA_PAINEL_ELEX
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_cursor
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR_ELEX;
    n_painel VARCHAR2 (40);
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO-----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
    <<tabela>>
    FOR linha IN c_cursor
    LOOP
      n_painel := separa_cod_sap(linha.COD_SAP, linha.TIPO);
      IF n_painel IS NOT NULL THEN
        UPDATE DISJUNTOR_ELEX SET PAINEL = n_painel WHERE COD_SAP = linha.COD_SAP;
        n_painel := NULL;
      ELSE
        n_painel := NULL;
        <<tabela>>
        NULL;
      END IF;
    END LOOP;
    dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO-----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
  END;
END P_CARREGA_PAINEL_ELEX;

```

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_GET_IDADE_ELEX
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disjelex
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR_ELEX ORDER BY COD_SAP;
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO-----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
    <<tabela_disjuntorelex>>
    FOR disjelex IN c_disjelex
    LOOP
      IF disjelex.DATA_ES IS NOT NULL THEN
        --dbms_output.put_line('Entrou no 2º IF-ABERTO. Vai fazer UPDATE à tabela DISJUNTOR...');
        UPDATE DISJUNTOR_ELEX
        SET IDADE = ROUND(MONTHS_BETWEEN(sysdate,disjelex.DATA_ES)/12,1)
        WHERE INST = disjelex.inst
        AND COD_SAP = disjelex.COD_SAP;
      ELSE
        <<tabela_disjuntorelex>>
        NULL;
      END IF;
    <<tabela_disjuntorelex>>
    NULL;
  END LOOP;
  COMMIT COMMENT 'Transacao realizada no PROC_ALTERA_ABERTO' WRITE BATCH
NOWAIT;
  dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO-----');
  dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
END;
END P_GET_IDADE_ELEX;
```



```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_ULT_MAN
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disj
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR ;
  BEGIN
    dbms_output.put_line('----INICIO PROCESSO----');
    dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
    <<tabela_disjuntor>>
    FOR disj IN c_disj
    LOOP
      IF disj.ultimo_aberto > disj.ultimo_fechado THEN
        UPDATE DISJUNTOR
        SET ULT_MAN    = ('Aberto ')
        WHERE b1_name  =disj.b1_name
        AND logbook_text =disj.logbook_text;
        UPDATE DISJUNTOR
        SET ULT_MAN_TEMPO = ROUND(MONTHS_BETWEEN(sysdate,disj.ultimo_aberto),1)
        WHERE b1_name  =disj.b1_name
        AND logbook_text =disj.logbook_text;
        <<tabela_disjuntor>>
        NULL;
      ELSE
        UPDATE DISJUNTOR
        SET ULT_MAN    = ('Fechado ')
        WHERE b1_name  =disj.b1_name
        AND logbook_text =disj.logbook_text;
        UPDATE DISJUNTOR
        SET ULT_MAN_TEMPO = ROUND(MONTHS_BETWEEN(sysdate,disj.ultimo_fechado),1)
        WHERE b1_name  =disj.b1_name
        AND logbook_text =disj.logbook_text;
        <<tabela_disjuntor>>
        NULL;
      END IF;
      <<tabela_disjuntor>>
      NULL;
    END LOOP;
    COMMIT COMMENT 'Transacao realizada no PROC_ALTERA_ABERTO' WRITE BATCH
  NOWAIT;
  dbms_output.put_line('----FIM PROCESSO----');
  dbms_output.put_line('SYSDATE é = ' || TO_CHAR(SYSDATE,'YY.MM.DD HH24:MI:SS'));
  END;
END P_ULT_MAN;
```

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_UPDATE_ABERTO
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disj
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR ;
    data_recente    DATE;
    proc_estado     VARCHAR2 (40);
    data_min        DATE;
    n_manobras      NUMBER;
    num_man_aberto  NUMBER;
    num_man_aberto_aux NUMBER;
  BEGIN
    SELECT (DATA-1) into data_min FROM POSICAO;
    --data_min := '09.01.01 00:00:00';
    --Condição para realizar LOOP, caso haja manobra de Disjuntores
    SELECT COUNT (1)
    INTO n_manobras
    FROM mensagens_view
    WHERE data >= data_min;
    IF n_manobras != 0 THEN
      <<tabela_disjuntor>>
      FOR disj IN c_disj
      LOOP
        proc_estado:='Aberto';
        IF existe(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min) THEN
          --dbms_output.put_line('Entrou no 1º IF-Aberto. Vai executar o getMAX() e getNMAN()');
          data_recente := getMAX(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min);
          num_man_aberto_aux := getNMAN(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min);
          num_man_aberto := disj.num_aberto + num_man_aberto_aux;
          UPDATE DISJUNTOR
          SET NUM_ABERTO = num_man_aberto
          WHERE b1_name =disj.b1_name
          AND logbook_text =disj.logbook_text;
          IF data_recente > disj.ultimo_aberto THEN
            DISJUNTOR...);
            UPDATE DISJUNTOR
            SET ULTIMO_ABERTO = data_recente
            WHERE b1_name =disj.b1_name
            AND logbook_text =disj.logbook_text;
            data_recente := NULL;
            num_man_aberto_aux:=NULL;
            num_man_aberto :=NULL;
            <<tabela_disjuntor>>
            NULL;
          ELSE
            data_recente := NULL;
            num_man_aberto_aux:=NULL;
            num_man_aberto :=NULL;
            <<tabela_disjuntor>>
            NULL;
          END IF;
        ELSE
          <<tabela_disjuntor>>
          NULL;
        END IF;
      <<tabela_disjuntor>>
      NULL;
    END LOOP;
  ELSE
    dbms_output.put_line('Não há manobra de disjuntores desde: ' || TO_CHAR(data_min,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
  END IF;
  COMMIT COMMENT 'Transacao realizada no P_UPDATE_ABERTO' WRITE BATCH NOWAIT;
END;
END P_UPDATE_ABERTO;

```

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE P_UPDATE_FECHADO
AS
BEGIN
  DECLARE
    CURSOR c_disj
    IS
      SELECT * FROM DISJUNTOR ;
    data_recente    DATE;
    proc_estado     VARCHAR2 (40);
    data_min        DATE;
    n_manobras      NUMBER;
    num_man_fechado NUMBER;
    num_man_fechado_aux NUMBER;
  BEGIN
    SELECT (DATA-1) into data_min FROM POSICAO;
    --data_min := '09.01.01 00:00:00';
    --Condição para realizar LOOP, caso haja manobra de Disjuntores
    SELECT COUNT (1)
    INTO n_manobras
    FROM mensagens_view
    WHERE data >= data_min;
    IF n_manobras != 0 THEN
      <<tabela_disjuntor>>
      FOR disj IN c_disj
      LOOP
        proc_estado:='Fechado';
        IF existe(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min) THEN
          --dbms_output.put_line('Entrou no 1º IF-Fechado. Vai executar o getMAX() e getNMAN()');
          data_recente := getMAX(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min);
          num_man_fechado_aux := getNMAN(disj.b1_name,disj.logbook_text,proc_estado,data_min);
          num_man_fechado := disj.num_fechado + num_man_fechado_aux;
          UPDATE DISJUNTOR
          SET NUM_FECHADO = num_man_fechado
          WHERE b1_name =disj.b1_name
          AND logbook_text =disj.logbook_text;
          IF data_recente > disj.ultimo_fechado THEN
            DISJUNTOR...');
            UPDATE DISJUNTOR
            SET ULTIMO_FECHADO = data_recente
            WHERE b1_name =disj.b1_name
            AND logbook_text =disj.logbook_text;
            data_recente := NULL;
            num_man_fechado_aux:=NULL;
            num_man_fechado :=NULL;
            <<tabela_disjuntor>>
            NULL;
          ELSE
            data_recente := NULL;
            num_man_fechado_aux:=NULL;
            num_man_fechado :=NULL;
            <<tabela_disjuntor>>
            NULL;
          END IF;
        ELSE
          <<tabela_disjuntor>>
          NULL;
        END IF;
      <<tabela_disjuntor>>
      NULL;
    END LOOP;
  ELSE
    dbms_output.put_line('Não há manobra de disjuntores desde: ' || TO_CHAR(data_min,'YY.MM.DD
HH24:MI:SS'));
  END IF;
  COMMIT COMMENT 'Transacao realizada no P_UPDATE_FECHADO' WRITE BATCH NOWAIT;
END;
END P_UPDATE_FECHADO;

```

- Funções

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION existe
(
  INST VARCHAR2,
  ELEM VARCHAR2,
  EST VARCHAR2,
  DATA_MIN DATE
)
RETURN BOOLEAN
IS
  res BOOLEAN := false;
  numero NUMBER;
BEGIN
  SELECT COUNT(1)
  INTO numero
  FROM MENSAGENS_VIEW
  WHERE B1 = INST
  AND B2 LIKE ('%' || SEPARA_COD_PAINEL(ELEM,INFOTYPE) ||
'%' )
  AND ESTADO = EST
  AND DATA >= DATA_MIN;
  IF numero != 0 THEN
    res := TRUE;
  END IF;
  RETURN( res );
END existe;
    
```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION getMAX(
  INST VARCHAR2,
  ELEM VARCHAR2,
  EST VARCHAR2,
  DATA_MIN DATE
)
RETURN DATE
IS
  max_data DATE;
BEGIN
  SELECT MAX(data)
  INTO max_data
  FROM MENSAGENS_VIEW
  WHERE B1 = INST
  AND B2 LIKE ('%'
  || SEPARA_COD_PAINEL(ELEM,INFOTYPE)
  || '%')
  AND ESTADO = EST
  AND DATA >= DATA_MIN;
  RETURN max_data;
END getMAX;
    
```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION getNMAN(
  INST VARCHAR2,
  ELEM VARCHAR2,
  EST VARCHAR2,
  DATA_MIN DATE
  --CLASSE NUMBER
)
RETURN NUMBER
IS
  n_count NUMBER;
BEGIN
  SELECT COUNT(ESTADO)
  INTO n_count
  FROM MENSAGENS_VIEW
  WHERE B1 = INST
  AND B2 LIKE ('%'
  || SEPARA_COD_PAINEL(ELEM,INFOTYPE)
  || '%')
  AND ESTADO = EST
  AND DATA >= DATA_MIN;
  RETURN n_count;
END getNMAN;
    
```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION SEPARA_COD_PAINEL(
  MENSAGEM VARCHAR2,
  CLASSE NUMBER )
RETURN VARCHAR2
IS
  first_element VARCHAR2(5);
  resultado VARCHAR2(40);
  encontra_espaco NUMBER;
BEGIN
  IF CLASSE = '902' THEN --exclui disjuntores de SAUX e retorna o texto completo
    resultado := MENSAGEM;
    RETURN resultado;
  END IF;
  first_element := SUBSTR(MENSAGEM,1,1);
  encontra_espaco := INSTR(MENSAGEM, ' ',1,1);
  IF first_element = 'M' AND (CLASSE = '10' OR CLASSE = '12' OR CLASSE = '13') THEN
    resultado := SUBSTR(MENSAGEM,2,3);
    RETURN resultado;
  ELSIF encontra_espaco != '0' AND first_element != 'M' AND (CLASSE = '10' OR CLASSE = '12' OR
CLASSE = '13') THEN
    resultado:= SUBSTR(MENSAGEM,1,INSTR(MENSAGEM, ' ',1,1)-1);
    RETURN resultado;
  ELSE
    RETURN MENSAGEM;
  END IF;
END SEPARA_COD_PAINEL;

```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION SEPARA_COD_SAP
(
  NOME VARCHAR2,
  TIPO VARCHAR2 )
RETURN VARCHAR2
IS
  n_painel VARCHAR2(40);
  INICIO NUMBER;
  FIM NUMBER;
  EXISTE_TRACO_4 NUMBER;
  EXISTE_TRACO_5 NUMBER;
BEGIN
  EXISTE_TRACO_4 := INSTR(NOME, '-',1,4);
  EXISTE_TRACO_5 := INSTR(NOME, '-',1,5);
  IF EXISTE_TRACO_4 > 0 AND EXISTE_TRACO_5 > 0 THEN
    INICIO := INSTR(NOME, '-',1,4);
    FIM := INSTR(NOME, '-',1,5);
    n_painel := SUBSTR(NOME, INICIO + LENGTH(TIPO) + 1 , FIM - INICIO -
LENGTH(TIPO)-1 );
  ELSIF EXISTE_TRACO_4 > 0 AND EXISTE_TRACO_5 = 0 THEN
    INICIO := INSTR (NOME, '-',1,4);
    FIM := LENGTH(NOME);
    n_painel := SUBSTR(NOME , INICIO + LENGTH(TIPO) + 1 , FIM - LENGTH(TIPO)-1 );
  ELSE
    NULL;
  END IF;
  RETURN n_painel;
END SEPARA_COD_SAP;

```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION SEPARA_LOGBOOK
(
  nome_elemento VARCHAR2 )
  RETURN VARCHAR2
  IS
  n_painel VARCHAR2(40);
  BEGIN
  n_painel := SUBSTR(nome_elemento,1,INSTR(nome_elemento, ' ',1,1)-
1);
  IF n_painel IS NULL AND SUBSTR(nome_elemento,1,1)='M' THEN
    RETURN nome_elemento;
  END IF;
  RETURN n_painel;
  END SEPARA_LOGBOOK;
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION SEPARA_MOD(
  PAINEL VARCHAR2)
  RETURN VARCHAR2
  IS
  n_mod VARCHAR2(40);
  tamanho NUMBER;
  first_elem VARCHAR2(40);
  BEGIN
  tamanho := LENGTH(PAINEL);
  first_elem := SUBSTR(PAINEL,1,1);
  IF first_elem = '0' AND tamanho = 3 THEN
    n_mod := SUBSTR(PAINEL,2,2);
    n_mod := n_mod || '3';
  ELSIF tamanho = 2 AND first_elem != 1 AND first_elem != 2
  THEN
    n_mod := PAINEL || '3';
  ELSE
    NULL;
  END IF;
  RETURN n_mod;
  END SEPARA_MOD;
```