Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Impacto das Normas Europeias Relativas à Segurança Eléctrica e à Compatibilidade Electromagnética no Projecto e Marcação CE de Produtos

Pedro Filipe Campos Gonçalves

VERSÃO FINAL

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

Orientador: Prof. Dr. António Pina Martins

Junho 2010

© Pedro Gonçalves, 2010

Resumo

A presente dissertação incide sobre o impacto das normas europeias no projecto e na Marcação CE de um equipamento eléctrico/electrónico da empresa Efacec.

Este equipamento, com a marca comercial EFAPOWER CIB S 48V/8X40A com miniPSM, é um sistema de alimentação extremamente completo e de elevada qualidade, destinado a fornecer uma rápida regulação da tensão de saída de uma forma fiável e ininterrupta.

O procedimento de avaliação da conformidade CE deste equipamento implica o cumprimento dos requisitos essenciais presentes nas Directivas Comunitárias, a aplicação da Legislação que transpõem as Directivas para o acervo legislativo e o estabelecimento de regras, metodologias e recomendações de Segurança Eléctrica e de Compatibilidade Electromagnética de acordo com as Normas Harmonizadas aplicáveis, bem como a elaboração da documentação técnica.

Por fim, a Avaliação do Ciclo de Vida em todas as fases de um equipamento deste tipo surge da necessidade de as empresas compreenderem as incidências ambientais, de forma a melhorar a relação indústria/ambiente.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Compatibilidade Electromagnética (CEM), Interferência Electromagnética (EMI), Marcação CE, Segurança Eléctrica.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Abstract

This dissertation focuses on the impact of European standards in design and CE marking of an electrical/electronic equipment of Efacec company.

This equipment, with the trademark EFAPOWER CIB S 48V/8X40A with miniPSM, is a power supply extremely thorough and with high quality, to provide rapid adjustment of output voltage in a reliable and uninterrupted.

The evaluation procedure of CE conformity for this equipment implies the fulfillment of the essential requirements present in the EU Directives, the implementation of legislation transposing the Directives into the Portuguese legislation and the establishment of procedures, methodologies and recommendations for Electrical Safety and Electromagnetic Compatibility in accordance with the Harmonized Standards applied, as well the preparation of Technical Documentation.

Finally, the Life Cycle Assessment at all stages of such equipment arises with the need of companies to understand the environmental impacts, in order to improve the relationship industry/environment.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), Electromagnetic Compatibility (EMC), Electromagnetic Interference (EMI), CE Marking, Electrical Safety.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Agradecimentos

A execução deste estudo apenas foi possível com a cooperação de um conjunto de pessoas e instituições aos quais não poderia deixar de fazer menção.

Agradeço aos meus pais, Isaura e António, e irmãos, Catarina e Paulo, por todo apoio, sacrifício, amor incondicional e pela excelente família que são.

À Mariana pelo amor, atenção e alegria sem reservas.

Ao Professor Doutor António Pina Martins, na qualidade de meu orientador, pela valiosa orientação científica dada e pelo empenho para o aperfeiçoamento deste estudo.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e ao Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, pela grande importância que tiveram na minha formação profissional e pessoal.

À EFACEC, em particular aos Engenheiros Filipe Cruz e Casimiro Barbosa e futuro Engenheiro Henrique Pinto, pela disponibilização de todos os recursos fundamentais, pelos conselhos e pelas contribuições dadas.

A todos os que contribuíram de alguma forma na realização desta dissertação, o meu profundo agradecimento.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Índice

Resumo iii

Abstract v

Agradecimentos vii

Índice ix

Lista de figuras xiv

Lista de tabelas xix

Abreviaturas e Símbolos xxi

Capítulo 1 - Relevância do tema 1

1.1. Enquadramento e motivação 2

1.2. Efacec Sistemas de Electrónica, S.A 2

1.3. Estratégia de ataque à Marcação CE dos equipamentos CIBs 3

1.4. Objectivos 3

1.5. Estrutura e organização 4

Capítulo 2 - Marcação CE 5

2.1. Enquadramento 6

2.2. Directivas "Nova Abordagem" 7
2.2.1. Directivas Comunitárias aplicáveis a este projecto 8

2.3. Normas Harmonizadas 9
2.3.1. Organismos Europeus de Normalização 10
2.3.2. Normas aplicadas a este projecto 11

2.4. Obtenção da Marcação CE 13
2.4.1. Obtenção da Marcação CE na Efacec 13
2.4.2. Aposição da marca CE 16
2.4.3. Avaliação de conformidade 16
2.4.4. Garantia da qualidade de produção 17
2.4.5. Declaração CE de conformidade 17

2.5. Vantagens e desvantagens da Marcação CE 18

2.6. Conclusões 19

Capítulo 3 - Apresentação do equipamento 20

3.1. Princípio de funcionamento 21

3.2. Armário 23

3.3. EFAPOWER miniPSM 24

3.4. Módulos rectificadores *switching* SM2000 26
3.4.1. Rectificadores com factor de potência unitário 27
3.4.1.1. Parâmetros para a selecção de uma unidade rectificadora 28
3.4.1.2. Conversor *boost* monofásico 28
3.4.1.3. Princípio de funcionamento de um conversor *boost* 29
3.4.1.4. Modos básicos de controlo do conversor *boost* 33
3.4.1.5. Simulação no software PSIM 34
3.4.1.6. Abordagem de um rectificador de dois estágios de conversão 38
3.4.1.7. Escolha e integração dos componentes numa unidade rectificadora 39

3.5. Conclusões 40

Capítulo 4 - Segurança eléctrica 41
4.1. Conformidade com a norma EN 60950-1 42
4.1.1. Interface de potência 43
4.1.1.1. Classificação dos sistemas de distribuição de energia 43
4.1.1.2. Corrente de entrada 44
4.1.2. Marcação e instruções 45
4.1.2.1. Placa de características 45
4.1.2.2. Instruções de segurança e marcação 45
4.1.2.3. Identificação de fusíveis 46
4.1.2.4. Terminais de ligação 46
4.1.2.4.1. Terminais para ligação do condutor de protecção 46
4.1.2.4.2. Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.a. 46
4.1.2.4.3. Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.c. 47
4.1.2.5. Controlos e indicadores 47
4.1.2.5.1. Identificação, localização e marcação 47
4.1.2.5.2. Símbolos 47
4.1.2.6. Durabilidade 48
4.1.2.7. Baterias (não incluído na norma EN 60950-1) 48
4.2. Protecção contra perigos 49
4.2.1. Protecção contra choques eléctricos e perigos energéticos 49
4.2.1.1. Acesso a peças com tensão 49
4.2.1.2. Perigos energéticos 49
4.2.1.3. Protecção em áreas de serviço 49
4.2.2. Circuitos SELV 50
4.2.2.1. Requisitos gerais 50
4.2.2.2. Tensões em condições normais 50
4.2.2.3. Tensões em condições de defeito 50
4.2.2.4. Ligação de circuitos SELV a outros circuitos 50
4.2.3. Provisões para terras 51
4.2.3.1. Terra de protecção 51
4.2.3.2. Condutores de terra de protecção 52
4.2.3.2.1 Tamanho do condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento 52
4.2.3.2.2. Tamanhos dos condutores de terra de protecção 52
4.2.3.2.3. Resistência dos condutores de terra de protecção e respectivos terminais 52
4.2.3.2.4. Cor de isolamento 52
4.2.3.2.5. Retirar terras de protecção 52
4.2.3.2.6. Peças removidas em operações de serviço 52
4.2.3.2.7. Resistência à corrosão 52
4.2.4. Protecção contra sobreintensidade e defeitos à terra em circuitos primários 53
4.2.4.1. Requisitos básicos 53

4.2.4.2. Número e localização dos aparelhos de protecção 53
4.2.5. Isolamento eléctrico 54
4.2.5.1. Propriedades de materiais isolantes 54
4.2.5.2. Grau de isolamento 54
4.2.6. Distâncias no ar (*clearance*), ao longo de uma superfície (*creepage*) e através do isolamento 56
4.2.6.1. Graus de poluição 56
4.2.6.2. Tensão de funcionamento 57
4.2.6.3. Distâncias no ar 57
4.2.6.3.1. Distâncias no ar em circuitos primários 58
4.2.6.3.2. Distâncias no ar em circuitos secundários 59
4.2.6.4. Distâncias ao longo de uma superfície 59
4.2.6.4.1. Grupo de materiais e o *comparative tracking index* 60
4.2.6.4.2. Distâncias mínimas ao longo de uma superfície 60
4.2.6.5. Distâncias através do isolamento 60
4.3. Cabos, ligações e alimentação 61
4.3.1 Aspectos gerais 61
4.3.1.1. Corrente nominal e protecção contra sobreintensidades 61
4.3.1.2. Protecção contra danos mecânicos 61
4.3.1.3. Colocação da cablagem interna 62
4.3.1.4. Isolamento dos condutores 62
4.3.1.5. Isoladores cerâmicos 62
4.3.2. Ligação à alimentação 62
4.3.2.1. Cabo de alimentação c.a. 62
4.3.3. Terminais de ligação para condutores externos 63
4.3.3.1. Terminais da cablagem 63
4.3.3.2. Tamanho dos condutores para ligação 63
4.3.3.3. Tamanho dos terminais dos condutores 63
4.3.3.4. Agrupamento dos terminais dos condutores 63
4.3.4. Desligar a alimentação 63
4.3.4.1. Equipamento ligado permanentemente 63
4.3.4.2. Equipamento trifásico 64
4.3.4.3. Interruptores e disjuntores como aparelhos de seccionamento 64
4.3.5. Interligação de equipamentos 64
4.3.5.1. Requisitos gerais 64
4.4. Requisitos físicos 64
4.4.1. Estabilidade 64
4.4.2. Rigidez mecânica 65
4.4.2.1. Aspectos gerais 65
4.4.2.2. Teste de impacto 65
4.4.3. Detalhes construtivos 65
4.4.3.1. Arestas e cantos 65
4.4.3.2. Baterias 66
4.4.5. Requisitos térmicos 66
4.4.5.1. Requisitos gerais 66
4.4.5.2. Temperatura limite para materiais 67
4.4.5.3. Temperatura limite para peças acessíveis ao utilizador 67
4.4.6. Aberturas em armários 67
4.4.6.1. Aberturas laterais e no topo 67
4.4.7. Resistência ao fogo 67
4.4.7.1. Redução do risco de inflamação e propagação de chamas 68
4.4.7.2. Materiais 68
4.4.7.2.1. Materiais para componentes e outras peças dentro de invólucros de fogo 69
4.5. Requisitos eléctricos e simulação de condições anormais 69
4.5.1. Corrente de fugas e corrente no condutor de protecção 69
4.5.1.1. Configuração do equipamento em teste 69
4.5.1.2. Equipamento com corrente de fugas excedendo 3,5 mA 70
4.5.2. Rigidez dieléctrica 70
4.5.2.1. Procedimento de teste 70

4.5.3. Condições de operação anormal e falha 71
4.5.3.1. Protecção contra sobrecargas e operação anormal 71
4.6. Conclusões 71

Capítulo 5 - Aspectos gerais de Compatibilidade Electromagnética 72

5.1. Breve referência história 72

5.2. Interferência Electromagnética 73
5.2.1. Interferência Electromagnética conduzida 74
5.2.2. Interferência Electromagnética radiada 76

5.3. Compatibilidade Electromagnética 77
5.3.1. Relação entre nível de emissão e imunidade 79
5.3.2. Métodos de abordagem da análise da CEM 80

5.4. Protecção de equipamentos: blindagem 82

5.5. Conclusões 84

Capítulo 6 - Ensaios de Compatibilidade Electromagnética 85

6.1. Ensaios de emissão 86
6.1.1. Ensaio de emissão conduzida – Flutuações de tensão e flicker 87
6.1.1.1. Procedimento de ensaio 88
6.1.1.2. Resultado dos ensaios 89
6.1.2. Ensaio de emissão conduzida – Harmónicas de corrente 91
6.1.2.1. Procedimento de ensaio 92
6.1.2.2. Resultado dos ensaios 92
6.1.3. Ensaio de emissão conduzida – Perturbações de radiofrequência 93
6.1.3.1. Procedimento de ensaio 96
6.1.3.2. Resultado dos ensaios 97
6.1.4. Ensaio de emissão radiada 98
6.1.4.1. Procedimento de ensaio 100
6.1.4.2. Resultado dos ensaios 101

6.2. Ensaios de imunidade 103
6.2.1. Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas 104
6.2.1.1. Procedimento de ensaio 105
6.2.1.2. Resultado dos ensaios 107
6.2.2. Ensaio de imunidade a campos electromagnéticos radiados 108
6.2.2.1. Procedimento de ensaio 110
6.2.2.2. Resultado dos ensaios 111
6.2.3. Ensaio de imunidade a transitórios rápidos 112
6.2.3.1. Procedimento de ensaio 113
6.2.3.2. Resultado dos ensaios 114
6.2.4. Ensaio de imunidade a ondas de choque 115
6.2.4.1. Procedimento de ensaio 116
6.2.4.2. Resultado dos ensaios 117
6.2.5. Ensaio de imunidade a perturbações de radiofrequência conduzida 118
6.2.5.1. Procedimento de ensaio 120
6.2.5.2. Resultado dos ensaios 121
6.2.6. Ensaios de imunidade a quedas e interrupções breves de tensão 122
6.2.6.1. Procedimento de ensaio 124
6.2.6.2. Resultado dos ensaios 125

6.3. Conclusões 126

Capítulo 7 - Avaliação do Ciclo de Vida de um produto 127

7.1. Referências normativas 128

7.2. Fases do ciclo de vida de um produto 128

7.3. Metodologia de ACV 130

7.4. Vantagens e desvantagens da ACV 131
7.5. Conclusões 132

Capítulo 8 - Conclusões e perspectivas futuras 133

Referências 135

APÊNDICE/ANEXOS 140
APÊNDICE A – Dossier Técnico de Construção EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM
ANEXO A – Declaração CE de conformidade EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/MÓDULOS SMi2800 + miniPSM
ANEXO B – Esquema Eléctrico do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM
ANEXO C - Esquema Mecânico do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM
ANEXO D – Relatórios de Ensaio IEP nº E-2010-0462.00 e nº E-2010-0462.01

Lista de figuras

Figura 2.1 - Símbolo representativo da marca CE. 6

Figura 2.2 - Organismos Europeus de Normalização. 11

Figura 2.3 – Organismos Nacional de Normalização. 11

Figura 2.4 - Primeiro fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14]. 13

Figura 2.5 - Segundo fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14]. 14

Figura 2.6 - Terceiro fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14]. 15

Figura 3.1 - Diagrama de blocos simplificado do circuito de potência do sistema de alimentação, [16]. 21

Figura 3.2 - Armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 23

Figura 3.3 - Cenário de operação miniPSM como dispositivo mestre. 24

Figura 3.4 - Vista frontal do miniPSM. 25

Figura 3.5 - Painel traseiro do miniPSM. 25

Figura 3.6 – Vista interna do miniPSM 1U: a) placa de controlo; b) placa de medição trifásica; c) placa de interface com os módulos rectificadores. 25

Figura 3.7 – Formas de onda da tensão e corrente de entrada e saída, obtidas do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM. 26

Figura 3.8 – Diagrama de blocos simplificado do módulo rectificador *switching* SM2000, [17]. 27

Figura 3.9 – Estrutura típica do conversor *boost*. 29

Figura 3.10 – Formas de onda ideais de um conversor *boost*: a) Tensão v_s e corrente i_s de entrada; b) Tensão $|v_s|$ e corrente i_L rectificadas. 29

Figura 3.11 – Diagrama de blocos de controlo. 31

Figura 3.12– Controlo de frequência constante, **[20]**. 32

Figura 3.13 - Forma de onda da corrente na bobina: a) modo de condução continuo; b) modo de condução descontinuo. 34

Figura 3.14 – Diagrama de blocos de simulação do conversor *boost* com *PFC* simulado. 35

Figura 3.15 – Formas de onda da: a) tensão de entrada (v_s) e corrente de entrada (i_s); b) tensão de entrada rectificada ($|v_s|$) e corrente na bobina (i_L) a preto e corrente de referência (i_L^*) a vermelho. 35

Figura 3.16 – Formas de onda da tensão de saída, Vd, com: a) carga a 10% e b) carga nominal. 36

Figura 3.17 – Diagrama de blocos de simulação do conversor *boost com PFC* simulando a rede real. 36

Figura 3.18 – Formas de onda (com uma rede suposta real) da: a) tensão de entrada (v_s), corrente da carga não linear (i_{rede}) e corrente de entrada (i_s); b) tensão de entrada rectificada ($|v_s|$) e corrente na bobina (i_L) a preto e corrente de referência (i_L^*) a vermelho. 37

Figura 3.19 – Formas de onda da tensão de saída, V_d, com: a) carga a 10% e b) carga nominal. 37

Figura 3.20 – Estrutura de um rectificador de dois estágios de conversão: conversor *boost* + conversor em ponte completa. 38

Figura 3.21 – Componentes do SM2000 e vista da sua PCB, [24]. 39

Figura 4.1- Exemplo de um sistema de distribuição de energia: a) TN-C trifásico com condutor N e PE comuns; TN-S trifásico com condutor N e PE separados. 43

Figura 4.2 - Exemplo de um sistema de distribuição de energia TT trifásico com neutro. 43

Figura 4.3 - Exemplo de um sistema de distribuição de energia IT trifásico com neutro. 44

Figura 4.4 - Gráfico representativo da característica *foldback* num equipamento CIB S. 44

Figura 4.5 - Placa de características do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 45

Figura 4.6 - Fusíveis (descarregadores de sobretensões) e respectiva numeração. 46

Figura 4.7 - Símbolo 5019 da norma EN 60417. 46

Figura 4.8 - Terminal de ligação ao condutor de neutro da alimentação c.a. 46

Figura 4.9 - Terminais de ligação ao condutor da alimentação c.c. 47

Figura 4.10 - Contactor de fim de descarga das baterias. 47

Figura 4.11 - Marcação e instruções relativas às baterias no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 48

Figura 4.12 - Barramento de terra de protecção. 51

Figura 4.13 – Representação dos dispositivos de protecção. 54

Figura 4.14 – Tipos de isolamento num equipamento 55

Figura 4.15 - Requisitos de isolamento para uma fonte de alimentação, [25] 56

Figura 4.16 - Definições de *clearance* e *creepage* 57

Figura 4.17 - Exemplo de *clearance*. 58

Figura 4.18 – Exemplo de *creepage*. 59

Figura 4.19 – Exemplo de distâncias através do isolamento, [27]. 61

Figura 4.20 - Representação dos apoios isoladores cerâmicos (a encarnado) presentes no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 62

Figura 4.21 – Teste de impacto descrito na norma usando uma bola de aço lisa. 65

Figura 4.22 - Representação do armário de baterias do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 66

Figura 4.23 - Tecto ventilado do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. 67

Figura 4.24 - Representação do invólucro do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. ... 68

Figura 4.25 – Etiqueta Efacec de aviso de elevadas correntes de fugas. 70

Figura 5.1 - Espectro de frequência electromagnético, [31]. 74

Figura 5.2 - Fonte de ruído de modo diferencial. 75

Figura 5.3 – Fontes de ruído de modo comum: a) tipo I; b) tipo II. 76

Figura 5.4 - Interferência electromagnética radiada: a) entre sistemas; b) entre subsistemas [32]. 77

Figura 5.5 – Decomposição básica do problema da CEM. 77

Figura 5.6 - Tipos de CEM em equipamentos eléctricos ou electrónicos, [30]. 79

Figura 5.7 – Limite, margem e nível de emissão e imunidade. 80

Figura 5.8 - À medida que existe desenvolvimento no equipamento, o número de técnicas de redução de ruído disponível diminuem. Ao mesmo tempo, o custo de redução de ruído aumenta, [30]. 81

Figura 5.9 - Eficiência de uma blindagem = $A_{dB} + R_{dB}$. 82

Figura 5.10 – Perda por absorção em função da espessura da blindagem, [36]. 83

Figura 6.1 - Diagrama dos ensaios de emissão electromagnética. 86

Figura 6.2 - Histograma de avaliação da tensão U(t) e característica de variação relativa da tensão. 88

Figura 6.3 – Circuito de teste de referência para fontes de alimentação monofásicas e trifásicas. 89

Figura 6.4 – Ensaio de emissão de flutuações de tensão. 90

Figura 6.5 – Diagrama de blocos da montagem. 92

Figura 6.6 – Gráfico dos valores da distorção harmónica do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM. 93

Figura 6.7 – Exemplo de uma LISN ou AMN. 94

Figura 6.8 – Circuito de uma LISN 50 µH usado nos testes de emissão conduzida. 95

Figura 6.9 – Impedância vista nos terminais do EUT utilizando uma LISN 50 µH, [30]. 95

Figura 6.10 – Exemplo de montagem para ensaio de emissão conduzida, [47]. 96

Figura 6.11 – Ensaio de Emissão Conduzida – Perturbações de Radiofrequência 97

Figura 6.12 - Detector Pico (10 ms) entre 0,15 e 30 MHz. 98

Figura 6.13 – Esquema de ensaio no interior da câmara semi-anecóica. 99

Figura 6.14 – Diagrama para o ensaio de emissão radiada. 100

Figura 6.15 - Polarização Horizontal. 102

Figura 6.16 - Polarização Vertical. 102

Figura 6.17 - Diagrama dos ensaios de imunidade electromagnética. 103

Figura 6.18 - Forma de onda típica de corrente de um impulso de ESD. 104

Figura 6.19 – Esquema básico de um simulador de ESD, [52]. 105

Figura 6.20 - Montagem para o ensaio de imunidade a ESD para equipamentos instalados no solo. 106

Figura 6.21 – Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas directas. 107

Figura 6.22 – Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas indirectas verticais. 108

Figura 6.23 – Definição do nível de teste e formas de onda na saída do gerador de sinal RF, [56]. 109

Figura 6.24 – Exemplo de montagem para o ensaio de imunidade radiada, [56]. 110

Figura 6.25 – Ensaio de imunidade a campos electromagnéticos radiados. 111

Figura 6.26 - Representação geral de um transitório rápido, [57]. 112

Figura 6.27 - Configuração de ensaio de equipamento de solo. 113

Figura 6.28 – Ensaio de imunidade a transitórios rápidos. 114

Figura 6.29 - Forma de onda de tensão em circuito aberto (1,2 µs/50 µs). 115

Figura 6.30 - Forma de onda de corrente de curto-circuito (8 µs/20 µs). 116

Figura 6.31 – Exemplos de montagem para ondas de choque aplicadas à alimentação do EUT, [59]. 117

Figura 6.32 – Ensaio de imunidade a ondas de choque. 118

Figura 6.33 – Campos EM junto do EUT devido a corrente de MC nos seus cabos, [60]. 119

Figura 6.34 - Esquema de ensaio de imunidade a RF conduzidas, [61]. 121

Figura 6.35 – Ensaio de imunidade à RF conduzida. 122

Figura 6.36 – Exemplo de uma queda de tensão, de uma diminuição até 70% durante 25 períodos do valor da tensão de alimentação, [62]. 122

Figura 6.37 – Interrupção breve de tensão (valor rms), [62]. 123

Figura 6.38 – Ensaio de imunidade a quedas e interrupções breves de tensão. 125

Figura 7.1 – Ciclo de Vida de um Produto. 129

Figura 7.2 – Determinação e geração de impactos ambientais de acordo com as fases do ciclo de vida de um produto, [67].....129

Figura 7.3 – Estrutura ISO de um estudo de ACV, [65].....130

Lista de tabelas

Tabela 1.1 – Gamas e equipamentos constituintes dos equipamentos CIBs. 3

Tabela 2.1 - Directivas Comunitárias aplicáveis a este projecto. 8

Tabela 2.2 - Normas Harmonizadas de Segurança e respectiva descrição. 11

Tabela 2.3 - Normas Harmonizadas de Compatibilidade Electromagnética e respectiva descrição. 12

Tabela 4.1 – Testes de rigidez dieléctrica dos equipamentos desenvolvidos ao equipamento. 71

Tabela 6.1 – Limites dos parâmetros, valores obtidos e resultados no ensaio de flutuações de tensão nos terminais de alimentação do EUT. 90

Tabela 6.2 - Limites para equipamentos da Classe A, [30]. 91

Tabela 6.3 – Limites de emissão electromagnética conduzida para equipamentos da Classe A, [47]. 94

Tabela 6.4 – Registo dos valores da frequência, quasi-pico e média de emissão conduzida. 98

Tabela 6.5 - Limites para o ensaio de emissão radiada para equipamentos classe A (d=10 m). 100

Tabela 6.6 - Valores registados mais significativos. 102

Tabela 6.7 - Níveis de severidade para o ensaio de imunidade às ESD. 105

Tabela 6.8 - Critérios para selecção dos níveis de severidade. 105

Tabela 6.9 – Descargas directas. 107

Tabela 6.10 – Descargas indirectas (VCP). 108

Tabela 6.11 - Níveis de severidade para equipamentos emissores de radiofrequência, [56]. 109

Tabela 6.12 – Testes de ensaio a imunidade a campos electromagnéticos radiados. 111

Tabela 6.13 - Níveis de severidade sugeridos pela norma EN 61000-4-4, [58]. 113

Tabela 6.14 -Testes de ensaio a imunidade a transitórios rápidos. 114

Tabela 6.15 – Selecção dos níveis de severidade, segundo a classe da instalação, [59]. 116

Tabela 6.16 -Testes de ensaio a imunidade a ondas de choque. 118

Tabela 6.17 - Níveis de severidade para uma gama de frequência 150 kHz – 80 MHz. 120

Tabela 6.18 -Testes de ensaio a imunidade à RF conduzida. 122

Tabela 6.19 – Nível de ensaio e duração para queda de tensão e interrupções curtas, [62]. .124

Tabela 6.20 -Testes de ensaio a quedas e interrupções breves de tensão. 126

Tabela 6.21 - Sumário dos resultados dos ensaios de emissão. 126

Tabela 6.22 - Sumário dos resultados dos ensaios de imunidade. 126

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AMN	*Artificial Mains Network*
c.a.	Corrente alternada
c.c.	Corrente contínua
CDN	*Coupling Decoupling Network*
CE	*Conformité Européenne*
CEM	Compatibilidade Electromagnética
CEN	*Comité Européen de Normalisation*
CENELEC	*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*
CIB S	Carregador Industrial de Baterias com tecnologia *Switching*
CISPR	*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*
CSA	Câmara Semi-Anecóica
CTI	*Comparative Tracking Index*
DTC	Dossier Técnico de Construção
EFTA	*European Free Trade Association*
EMI	*Electromagnetic Interference*
EN	*European Norm*
ESD	*Electro Static Discharge*
ETSI	*European Telecommunications Standards Institute*
EU	*European Union*
EUT	*Equipment Under Test*
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GTO	*Gate Turn-Off Thyristor*
HCP	*Horizontal Coupling Plane*
IEC	*Internacional Engineering Commission*
IEP	Instituto Electrotécnico Português

IGBT	*Insulated Gate Bipolar Transistor*
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISN	*Impedance Stabilising Network*
ISO	*International Organization for Standardization*
LISN	*Line Impedance Stabilization Network*
MC	Modo Comum
MD	Modo Diferencial
PCB	*Printed Circuit Board*
PFC	*Power Factor Correction*
PSM	*Power Supply Monitoring*
PVC	*Polyvinyl chloride*
PWM	*Pulse-Width Modulation*
RF	Rádio Frequência
RFI	*Radio Frequency Interference*
rms	*Root Mean Square*
SELV	*Safety Extra Low Voltage*
SMPS	*Switch Mode Power Supply*
SQ	Serviços de Qualidade (Grupo Efacec)
THD	*Total Harmonic Distortion*
TNV	*Telecommunications Network Voltage*
UPS	*Uninterruptible Power Supply*
VCP	*Vertical Coupling Plane*
VRLA	*Valve Regulated Lead Acid*

Lista de símbolos

A	Ampere
cm	Centímetro
dB	Decibel
E	Campo eléctrico
F	Farad
f	Frequência
g	Grama
H	Campo magnético
h	hora
Hz	Hertz

m	Metro
min	Minuto
mm	Milímetro
N	Newton
ºC	Grau Celsius
P	Potência
R	Resistência
s	Segundo
t	Tempo
U	Tensão
V	Volt
V(c.a.)	Tensão alternada
V(c.c.)	Tensão contínua
W	Watt
µ	Micro
ω	Frequência angular
Ω	Ohm

Capítulo 1

Relevância do tema

As práticas de avaliação da conformidade de um equipamento devem ser estudadas como um mecanismo que induz à busca contínua da melhoria da qualidade das empresas e do próprio comércio interno de um país, inserindo-o de forma eficiente e estruturada.

A actividade de certificação tem vindo a progredir em Portugal nos últimos anos constituindo uma ferramenta imprescindível para aumentar o nível de qualidade dos equipamentos bem como a vocação competitiva das empresas.

Antes de serem colocados no mercado, estes equipamentos têm que ser submetidos a uma avaliação, regida por uma legislação rigorosa. Por essa razão, a assimilação desta legislação, assim como o *know-how* da elaboração da documentação técnica dos equipamentos, tem grande importância para a formação de um Engenheiro Electrotécnico.

Se por um lado, temos os problemas da segurança para os utilizadores (sejam técnicos especializados ou qualquer cidadão) que, de alguma forma, têm contacto com o produto em questão; por outro lado, as interferências causadas por equipamentos eléctricos ou electrónicos na rede de energia eléctrica e nos sistemas vizinhos, de forma conduzida ou radiada, tornam-se cada vez mais difíceis de travar sem legislação harmonizada.

Com a evolução da tecnologia nas últimas décadas, cada vez mais estes equipamentos de alimentação ininterrupta, como os Carregadores Industriais de Baterias (CIB), são desenvolvidos para serem utilizados na solução de problemas e optimização de processos, aplicados em diversas áreas, entre as quais as telecomunicações.

O meio habitual de fornecer energia aos CIBs provém da rede de alimentação c.a.. Estes equipamentos têm a capacidade de converter o nível de tensão c.a. (230V(c.a.), 50Hz na Europa) para os vários níveis de tensão c.c. necessários para alimentar os componentes electrónicos do sistema. Estes equipamentos devem, por isso, ser projectados de forma a terem uma segurança eléctrica e um nível apropriado de imunidade electromagnética num ambiente de compatibilidade electromagnética normal nos locais em que os mesmos se destinam a funcionar, de modo a poderem ser utilizados sem perturbação.

1.1. Enquadramento e motivação

Este trabalho constitui uma dissertação de Mestrado para avaliação do impacto das normas europeias relativas à Segurança Eléctrica e Compatibilidade Electromagnética na Marcação CE de produtos. Neste estudo tive o apoio institucional da Efacec Sistemas de Electrónica, S.A., contando com a orientação do Engenheiro Filipe Cruz e, mais tarde, do Engenheiro Casimiro Barbosa. Na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, onde completo o Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, tive orientação do Professor Doutor António Pina Martins.

Num mercado com cada vez menos fronteiras, e onde o factor tecnológico alterou por completo as regras da concorrência, sustentadas na inovação e na valorização, a aposição da marca CE torna-se fulcral para que os equipamentos nacionais consigam competir com os de origem estrangeira de forma legal e com reconhecimento por parte dos consumidores.

Neste contexto, o reinício do processo de certificação CE de produtos na Efacec, S.A. foi encarado como um projecto interessante para o desenvolvimento das minhas competências.

É minha motivação que este estudo constitua um documento útil para aqueles que pretendam saber mais sobre o vasto tema que é a Marcação CE de produtos eléctricos ou electrónicos e que reflicta, de certo modo, o trabalho realizado ao longo deste semestre.

1.2. Efacec Sistemas de Electrónica, S.A

Com mais de 100 anos de história, o Grupo EFACEC teve a sua origem na "Moderna", empresa nascida em 1905. Constituída em 1948 é, presentemente, o maior grupo eléctrico nacional de capitais portugueses com cerca de 2000 colaboradores, situado em mais de meia centena de países e facturando aproximadamente 300 milhões de euros.

A EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A., onde foi desenvolvido este projecto, é uma empresa do Grupo EFACEC vocacionada para as tecnologias de informação e electrónica. Dedica a sua actividade ao desenvolvimento, projecto, produção e comercialização de sistemas de energia em corrente contínua (UPS, rectificadores), conversores de potência (rectificadores de tracção) e Carregadores Industriais de Baterias, denominados CIBs.

Estes produtos destinam-se às mais diversas áreas de actividade desde as telecomunicações à energia, passando pelos transportes, indústria e energias renováveis.

A empresa mantém uma rede de ligações com entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, nomeadamente as Universidades do Porto e Minho e INESC Porto.

A EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A., em consonância com as linhas de orientação estratégicas do Grupo EFACEC, tem vindo a desenvolver nos últimos anos uma intensa actividade de internacionalização, sendo reconhecida internacionalmente como uma das empresas líder nas áreas em que se movimenta.

1.3. Estratégia de ataque à Marcação CE dos equipamentos CIBs

A Efacec estabeleceu um plano de ataque à Marcação CE para equipamentos CIBs, aprovado pelos Serviços de Qualidade (SQ) da Efacec, de forma a não repetir dispendiosos ensaios e desenvolver um procedimento *standard* no âmbito da Marcação CE. Esta estratégia centralizou-se na divisão dos equipamentos por gamas, consoante os rectificadores e unidades de controlo utilizadas e a corrente fornecida. Esta decisão foi tomada com base nas características técnicas dos equipamentos.

Os módulos rectificadores que hoje equipam os armários são fabricados pela *Saft Power Systems* e a Efacec Sistemas de Electrónica, S.A. é o seu representante exclusivo em Portugal. Para além destes, integram unidades de comando e controlo, que permitem a supervisão de todo o sistema e uma maior facilidade de operação e interface, desenvolvidas e produzidas pela Efacec Sistemas de Electrónica, S.A..

Como dentro das gamas propostas os equipamentos produzidos são muito idênticos, não houve necessidade de particularizar mais do que esta divisão apresentada na tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Gamas e equipamentos constituintes dos equipamentos CIBs.

	Gama I	**Gama II**	**Gama III**	**Gama IV**
Rectificador(es)	SM700	SM1600 SM2000	SMi2800	FS100
Unidade(s) de Controlo	miniPSM microPSM	miniPSM	miniPSM	miniPSM
Corrente	Até 150A exclusive	De 150 a 300A exclusive	De 300 a 700A exclusive	De 700 a 3900A exclusive

O equipamento analisado neste trabalho, o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM é, segundo a tabela desenvolvida, enquadrado na Gama II.

Contudo, por se encontrar muito incompleto o processo de certificação da Gama III, a primeira de todas as gamas a ser analisada no âmbito de obtenção da Marcação CE, foi necessário desenvolvê-lo e finalizá-lo[1].

1.4. Objectivos

Esta dissertação em ambiente empresarial tem como principais objectivos apresentar primeiramente a Marcação CE do equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/ MÓDULOS SMi2800 + miniPSM concluída, criando uma estratégia uniforme para futura avaliação da conformidade de outros equipamentos da Efacec, entre os quais se enquadra o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM. É importante realçar que se trata de um procedimento

[1] A Declaração de Conformidade CE do equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/ MÓDULOS SMi2800 + miniPSM encontra-se no ANEXO A desta dissertação.

moroso e algo burocrático em certas empresas que, acima de tudo, não depende única e exclusivamente do responsável de Marcação CE.

Para além destes, esta dissertação tem vários propósitos dissimulados, entre os quais, a elaboração de um dossier técnico de construção com base na segurança eléctrica e compatibilidade electromagnética do equipamento em estudo, o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM, e entender todos os mecanismos relacionados com os impactos que podem resultar da obtenção da Marcação CE para um equipamento eléctrico ou electrónico.

Por fim, convém realçar que a aproximação ao ambiente empresarial que futuramente se irá conjecturar, assim como a autonomia que se adquire foram alguns dos objectivos pessoais que me levaram a abraçar este projecto.

1.5. Estrutura e organização

A estrutura e organização desta dissertação seguem o processo de execução do trabalho desenvolvido. Esta dissertação é constituída por oito capítulos.

O capítulo 1 é um capítulo de carácter introdutório onde são apresentados alguns pontos como a relevância do tema proposto, o enquadramento do trabalho, uma pequena apresentação da Efacec – Sistemas de Electrónica, S.A., a sua nova estratégia de ataque à Marcação CE de equipamentos, os principais objectivos e estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é efectuada uma breve contextualização do tema que impulsionou o desenvolvimento deste trabalho, a Marcação CE.

No capítulo 3 é abordado o equipamento estudado, o EFAPOWER CIB S 48V /8x40 com miniPSM, e analisada a importância que a unidade de controlo e supervisão, o miniPSM, e os rectificadores SM2000 de factor de potência unitário têm neste equipamento.

O capítulo 4 centra-se na importância da Segurança Eléctrica, um dos pontos fundamentais desta dissertação. É efectuada uma análise teórica e experimental ao equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM com base na norma EN 60950-1, com um complemento essencial, o Dossier Técnico de Construção, disponível no APÊNDICE A.

No capítulo 5 é feito um estudo sobre os aspectos gerais da Compatibilidade Electromagnética onde é abordada a problemática da Interferência Electromagnética e os mecanismos utilizados para a sua solução.

O capítulo 6 detalha todos os ensaios de Compatibilidade Electromagnética realizados abordando aspectos específicos dos ensaios, os principais pontos de análise, bem como os resultados obtidos.

No capítulo 7 é realizada uma breve referência a um assunto importante e actual, como é a Avaliação do Ciclo de Vida de um produto.

Por fim, o capítulo 8 apresenta as conclusões da dissertação e propostas de trabalhos a desenvolver no futuro.

Capítulo 2

Marcação CE

Num mercado único, como o da União Europeia, é necessário que os produtos oriundos dos diversos países obedeçam a regras (normas) bem definidas, sem as quais é impossível fazer comparações entre equipamentos do mesmo tipo, de origens diferentes.

A marca CE desempenha, no Espaço Económico Europeu, uma função reguladora, compulsória e legal. O seu propósito não se centra em certificar o desempenho, a qualidade do equipamento ou as necessidades funcionais para as quais um determinado equipamento foi projectado, já que é o próprio mercado que o irá avaliar, mas sim se o mesmo, em situações normais de funcionamento, não será capaz de gerar riscos ou situações perigosas a utilizadores, demais envolvidos e ao ambiente.

A actividade de certificação de equipamentos em Portugal tem vindo a evoluir nos últimos anos constituindo uma ferramenta indispensável para o aumento do nível de qualidade dos equipamentos e das empresas nacionais. Não é alheio a isto, o facto dos países mais industrializados serem os que mais se têm desenvolvido nesta actividade.

O factor tecnológico alterou por completo as regras da concorrência que se torna mais justa com a certificação dos equipamentos, na medida em que indica, claramente, os equipamentos que satisfazem aos requisitos essenciais especificados.

Hoje em dia o consumidor final é cada vez mais exigente e simultaneamente melhor informado, evoluindo no sentido de adquirir equipamentos que lhe dêem as mais variadas garantias, como são a segurança, a compatibilidade electromagnética ou as questões ambientais. Compete aos fabricantes nacionais corresponderem às tendências do mercado e, para tal, podem utilizar todos os meios disponíveis, incluindo a certificação dos seus equipamentos. É neste contexto que surgem as grandes temáticas deste trabalho.

A eficácia dos pressupostos da Marcação CE é obtida através da fiscalização do mercado por parte das autoridades e das disposições legais para aplicação de sanções nos casos de não conformidade.

2.1. Enquadramento

A marca CE, abreviatura da designação francesa *Conformité Européene*, é representada pelo símbolo exposto na figura 2.1, cuja aposição tem de seguir determinadas regras, segundo um determinado grafismo. A sua representação gráfica é constituída pela sigla "CE", que deve ser aposta de forma visível, legível e indelével.

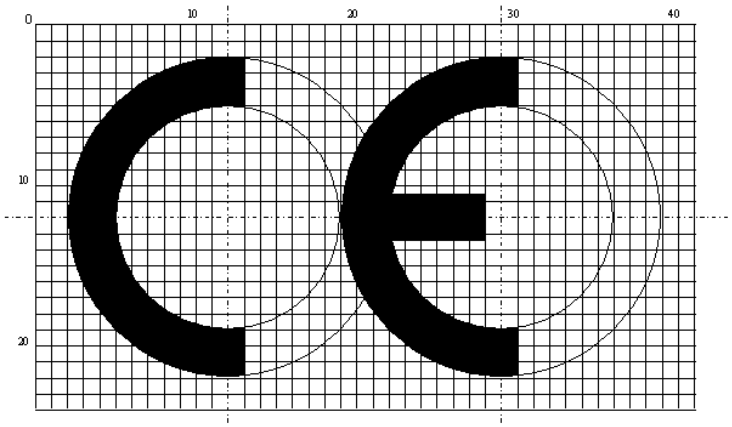


Figura 2.1 - Símbolo representativo da marca CE.

A marca CE é a evidência dada pelo fabricante (ou de quem introduz no mercado) de que um determinado produto foi projectado e fabricado conforme os requisitos essenciais estabelecidos nas Directivas Comunitárias aplicáveis e se cumpriram todos os procedimentos passíveis de avaliação de conformidade, consentindo-lhe deste modo a livre circulação no Espaço Económico Europeu.

A Marcação CE não se estabelece como uma barreira técnica que impede os países de exportarem os seus produtos para o mercado europeu. É somente, uma das formas de harmonização e unificação de procedimentos, normas e legislação que tem o propósito de concretizar o mercado interno europeu, [1].

Os procedimentos de avaliação da conformidade de um produto com as normas das directivas, visam garantir que os produtos colocados no mercado estão de acordo com as exigências expressas nas directivas. Esse procedimento de avaliação é imputado ao fabricante (ou a quem introduz no mercado).

A avaliação da conformidade consiste na constituição, por parte do fabricante, do Dossier Técnico de Construção (DTC), o qual deve ser disponibilizado às autoridades competentes sempre que solicitado. O processo técnico demonstra a conformidade do equipamento com os requisitos da directiva e abrange, na medida do necessário, o projecto, a produção e o funcionamento do equipamento.

Os Estados Membros, por sua vez, têm a obrigação, através das estruturas competentes para o efeito, de verificar se os produtos que apresentam a marca CE cumprem efectivamente os requisitos essenciais e os procedimentos de avaliação da conformidade

definidos na legislação harmonizada que lhe é aplicável, bem como proceder à respectiva penalização, caso tal não se verifique, [2].

Por último, e após a avaliação da conformidade, deve-se apor a marca CE antes da comercialização do produto, acompanhada do número de identificação do organismo notificado.

A eliminação de barreiras técnicas anteriormente impostas pelos mercados dos diferentes países da União Europeia permitiu a ampliação das exportações e a tomada de consciência destes factos. Neste sentido, tornaram-se fundamentais as seguintes acções:

- Inclusão das Directivas Comunitárias na Legislação dos diversos Estados-Membros (e mesmo para alguns exteriores à União Europeia);
- Harmonização das Normas internacionais, europeias e nacionais;
- Estabelecimento de um sistema de acreditação, teste e certificação que implica um mútuo reconhecimento da validade dos relatórios de teste e dos certificados de conformidade entre todos os Estados-Membros.

2.2. Directivas “Nova Abordagem”

Um dos passos importantes da integração económica da União Europeia foi a eliminação progressiva das barreiras técnicas às trocas comerciais entre os países membros, o qual foi conseguido através da Resolução do Conselho Europeu aprovada em Maio de 1985, relativa à harmonização das regulamentações técnicas e normalização.

Esta resolução, que ficou conhecida por "Nova Abordagem", veio impor que as directivas Comunitárias passassem a definir os requisitos essenciais que os produtos devem cumprir, assim como as formas de comprovação de conformidade com esses mesmos requisitos.

Simultaneamente, a resolução "Nova Abordagem" remeteu para Normas Harmonizadas as especificações técnicas e de ensaio indispensáveis para que os produtos estejam em conformidade com determinada directiva, bem como os meios de comprovação dessa mesma conformidade, [2].

Actualmente são vinte e duas as directivas "Nova Abordagem" que têm por base princípios que se referem à regulamentação dos produtos e à sua avaliação de conformidade, limitando a intervenção governamental ao essencial e permitindo à indústria amplitude de decisão quanto ao modo de cumprir as suas obrigações. As directivas são publicadas no Diário Oficial da Comunidade Europeia, obrigando os Estados-Membros a transpô-las para a sua legislação nacional, substituindo todas as disposições nacionais correspondentes, [3-4].

As directivas são aplicáveis a produtos destinados a serem colocados no Espaço Económico Europeu, sejam novos, modificados ou de segunda mão. Estas indicam o conjunto de acções que se deve tomar para a obtenção da Marcação CE, estabelecem as orientações

gerais para a adequação dos equipamentos, o modelo de avaliação de conformidade a ser seguido, normalmente definem o que fazer, porém fica para o responsável pela Marcação CE do fabricante a tarefa e o desafio de como fazer, [5].

Para cada equipamento devem ser identificados os requisitos legais aplicáveis visto que, para um determinado equipamento, podem ser aplicadas mais de uma Directiva Comunitária da "Nova Abordagem". De outro modo, nenhum produto pode ter a Marcação CE se não for suportado por uma directiva que disponha a sua colocação.

2.2.1. Directivas Comunitárias aplicáveis a este projecto

O ponto de partida para o responsável pela Marcação CE deve ser a confirmação de que o equipamento que pretende certificar está de facto abrangido pela Legislação Europeia.

Neste sentido, as directivas que foram seguidas no projecto, por se enquadrarem com o equipamento, foram as apresentadas na tabela 2.1.

Com o objectivo de decidir a correcta directiva a aplicar ao equipamento foram também utilizados guias de orientação e aplicação, um para cada directiva, disponíveis no site *O Portal da União Europeia*, [6-7].

Tabela 2.1 - Directivas Comunitárias aplicáveis a este projecto.

Directiva	Descrição	Legislação Nacional
2006/95/CE	Equipamento Eléctrico de Baixa Tensão	Decreto-Lei nº 6/2008
2004/108/CE	Compatibilidade Electromagnética	Decreto-Lei nº 325/2007

A Directiva Comunitária 2006/95/CE para Equipamentos de Baixa Tensão estabelece as regras de segurança para material eléctrico, destinado a ser utilizado sob uma tensão nominal compreendida entre 50 V e 1000 V para a corrente alternada, e entre 75 V e 1500 V para a corrente contínua, de acordo com normas harmonizadas. A Directiva 2006/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Dezembro, revogou e substituiu a Directiva 73/23/CEE, [8].

Todo o material eléctrico abrangido por esta directiva deve cumprir com todos os requisitos de segurança, incluindo a protecção contra riscos de origem mecânica.

A Directiva Comunitária 2004/108/CE de Compatibilidade Electromagnética tem a seu encargo o estabelecimento e a regulamentação de um quadro harmonizado de requisitos no âmbito da CEM, de forma a eliminar barreiras comerciais entre os Estados-Membros. Apoia-se para isso em normas desenvolvidas por Comités Técnicos Internacionais de reconhecida competência. A Directiva 2004/108/CE, de 15 de Dezembro de 2004, revogou e substituiu a Directiva 89/336/CEE, [9].

A directiva referida é aplicável a todos os produtos, instalações e sistemas eléctricos e electrónicos, assim como define dois requisitos essenciais de protecção: Emissão e Imunidade.

No caso particular deste projecto, e por se tratar de um sistema CIB S para telecomunicações, composto um conjunto de dispositivos, combinados, projectados e destinados a ser colocados no mercado para desempenhar uma tarefa específica, estão sujeitos à Directiva 2004/108/CE e o fabricante deve assumir a responsabilidade pela conformidade com a mesma.

A Directiva de Baixa Tensão 2006/95/CE e a Directiva de Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE têm, contudo, que ser transpostas para o acervo legislativo português. É neste contexto que o Decreto-Lei nº 6/2008, de 10 de Janeiro, e o Decreto-Lei nº 325/2007, de 28 de Setembro transpõe, para a ordem jurídica interna a Directiva 2006/95/CE e a Directiva 2004/108/CE, respectivamente.

A Efacec – Sistemas de Electrónica S.A. possui um Controlo Interno de Produção conforme o Procedimento de Avaliação da Conformidade referido no Artigo 7º do Decreto-Lei nº 325/2007 e no Anexo III no Decreto-Lei nº 6/2008, que transpõem para o acervo legislativo português, a Directiva 2004/108/CE e a Directiva 2006/95/CE respectivamente. A Marcação CE e colocação no mercado respeitam o Artigo 6º do Decreto-Lei nº 6/2008.

2.3. Normas Harmonizadas

Uma norma harmonizada pode definir-se como um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, linhas directrizes ou características, para actividades ou seus resultados, garantindo um nível de ordem óptimo num dado contexto, [4].

As normas harmonizadas traduzem os requisitos essenciais em regras técnicas e o fabricante é livre de as utilizar ou não.

Quando o equipamento é projectado de acordo com as normas europeias harmonizadas específicas, fica simplificada a tarefa de demonstrar conformidade, pois presume-se que o equipamento foi fabricado de acordo com uma norma harmonizada, cujas referências tenham sido publicadas no Jornal Oficial da União Europeia, conforme com os requisitos essenciais das Directivas Comunitárias aplicáveis ao projecto, [5]. Se não utilizar normas harmonizadas, o equipamento não beneficiará da presunção de conformidade.

A designação das normas é, em regra, composta por um prefixo alfabético seguido por um código numérico.

As normas harmonizadas referidas nas Directiva Comunitárias estão agrupadas, geralmente, como:

- **Normas Básicas -** Definem os requisitos relacionados com os fenómenos e os procedimentos de teste, não contendo por isso valores limite ou critérios de avaliação para os equipamentos.
- **Normas Genéricas** – Definem os requisitos para a utilização de equipamentos em ambientes específicos.
- **Normas de Produto** – Abordam os requisitos para determinados equipamentos ou famílias de equipamentos.

As normas, apesar de serem um documento de seguimento voluntário, assumem um estatuto quase legal, devido ao seu papel na presunção da conformidade com um ou mais requisitos da directiva, [2].

As normas harmonizadas são normas europeias, adoptadas pelos Organismos Europeus de Normalização (como são o CEN, CENELEC ou ETSI) elaboradas de acordo com as orientações gerais acordadas entre a Comissão Europeia e os ditos Organismos, e obedecem a um mandato de normalização emitido pela Comissão, após consulta dos Estados-Membros.

2.3.1. Organismos Europeus de Normalização

A Normalização é uma actividade que tem como principal objectivo a elaboração de normas que contribuam para a obtenção de soluções tecnológicas e económicas de problemas com carácter repetitivo, que sejam reprodutíveis e aceites de forma consensual pelas partes interessadas.

Existem três Organismos Europeus de Normalização, figura 2.2, com elevada importância ao nível de normalização e harmonização técnica europeia:

- ***Comité Européen de Normalization*** **(CEN)** — ocupa-se de todos os sectores, excepto electrotecnia e telecomunicações. Foi fundado em 1961 pelos Organismos Europeus de Normalização dos países da União Europeia e da EFTA. O CEN é composto por trinta Organismos Nacionais de Normalização, entre os quais o IPQ - Instituto Português da Qualidade, [10].
- ***Comité Européen de Normalization Electrotechnique*** **(CENELEC)** — é responsável pelas normas do sector electrotécnico. É o comité que prepara as normas relativas à electricidade e à electrónica para os países que pertencem à União Europeia. O CENELEC foi fundado em 1973, [11].
- ***European Telecommunications Standards Institute*** (**ETSI)** — abrange o domínio das telecomunicações e alguns aspectos da radiodifusão. É um instituto europeu, que tem como objectivo definir padrões que permitam ao mercado europeu funcionar como um todo ao nível das telecomunicações. Formado pela Comissão Europeia em 1998, inclui fabricantes e operadores, [12].

Figura 2.2 - Organismos Europeus de Normalização.

No quadro do Sistema Português da Qualidade e de acordo com o Decreto-Lei nº 142/2007, de 27 de Abril, a actividade de normalização é coordenada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), como Organismo Nacional de Normalização, podendo ser desenvolvida com a colaboração de Organismos de Normalização Sectorial, por ele reconhecidos para o efeito. É da responsabilidade do IPQ, figura 2.3, a aprovação e disponibilização do Programa de Normalização, bem como a aprovação e homologação das Normas Portuguesas.

Figura 2.3 – Organismos Nacional de Normalização.

2.3.2. Normas aplicadas a este projecto

A norma EN 60950-1 (2006), cujo campo de aplicação se cinge à segurança de equipamentos ligados às tecnologias de informação, é uma norma bastante exigente e usada em múltiplos equipamentos e em diversas áreas. Esta norma aplica-se a equipamentos industriais eléctricos que não excedam os 600 V de tensão nominal, [13].

Considerando a norma EN 60950-1 uma norma mais completa, foi usada como principal referência de segurança no propósito da Marcação CE, sendo complementada pela EN 62040-1 para questões relacionadas com baterias, tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Normas Harmonizadas de segurança e respectiva descrição.

Norma	Descrição
EN 60950-1	*Information technology equipment – Safety Part - 1: General requirements (IEC 60950-1:2005, modified)*
EN 62040-1	*Uninterruptible Power Systems (UPS) - Part 1: General and safety requirements for UPS*

A norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04) foi a escolhida para a avaliação do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM em detrimento da norma EN 61204-3, tratando-se de uma

Norma Harmonizada publicada no Jornal Oficial da União Europeia, relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros no que respeita à compatibilidade electromagnética (Directiva 2004/108/CE).

Esta norma define todos os requisitos de Compatibilidade Electromagnética para equipamentos específicos utilizados em redes públicas de telecomunicações. Nestes equipamentos, estão incluídas os CIBs, assim como outras fontes de alimentação utilizadas em redes de telecomunicações.

Neste projecto é utilizada como principal referência, sendo complementada com as normas da série EN 61000 e EN 55022. Para cada tipo de interface e equipamento a norma estabelece padrões específicos, como mostra a tabela 2.3.

Diversas empresas internacionais estabelecem que, para comercialização de equipamentos utilizados em redes de telecomunicações no Mercado Europeu e para todos os mercados que aceitam Marcação CE como forma de homologação, deve ser utilizada a norma internacional ETSI EN 300386 para julgar a conformidade dos requisitos de Compatibilidade Electromagnética.

Como se verá no desenvolver deste documento, em particular nos capítulos 4 e 6, são cumpridos e comentados os requisitos essenciais de todas as normas harmonizadas aplicáveis que conferem a presunção de conformidade segundo as directivas comunitárias. O cumprimento desses requisitos é evidenciado nos equipamentos em causa por meio da aposição da marca CE de conformidade.

Tabela 2.3 - Normas Harmonizadas de Compatibilidade Electromagnética e respectiva descrição.

Norma	Descrição
ETSI EN 300386	*Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; Electromagnetic compatibility (EMC) requirements.*
	Emissão
EN 61000-3-2	*Limits for harmonic current emissions*
EN 61000-3-3	*Limitation of voltage change, voltage fluctuations and flicker*
EN 55022	*Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement*
	Imunidade
EN 61000-4-2	*Electrostatic discharge immunity test*
EN 61000-4-3	*Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
EN 61000-4-4	*Electrical fast transient/burst immunity test*
EN 61000-4-5	*Surge immunity test*
EN 61000-4-6	*Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
EN 61000-4-11	*Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

2.4. Obtenção da Marcação CE

2.4.1. Obtenção da Marcação CE na Efacec

O processo de obtenção da Marcação CE é encarado por muitas pessoas como um processo burocrático e moroso.

Nos três fluxogramas que se seguem, figuras 2.4, 2.5 e 2.6, é apresentado, de uma forma sequencial e clara, o procedimento para a obtenção da Marcação CE na Efacec. Este importante procedimento apresenta apenas uma das muitas possibilidades que as empresas podem empregar nos seus equipamentos, onde a Marcação CE representa apenas a garantia da qualidade destes e não do serviço que poderão prestar.

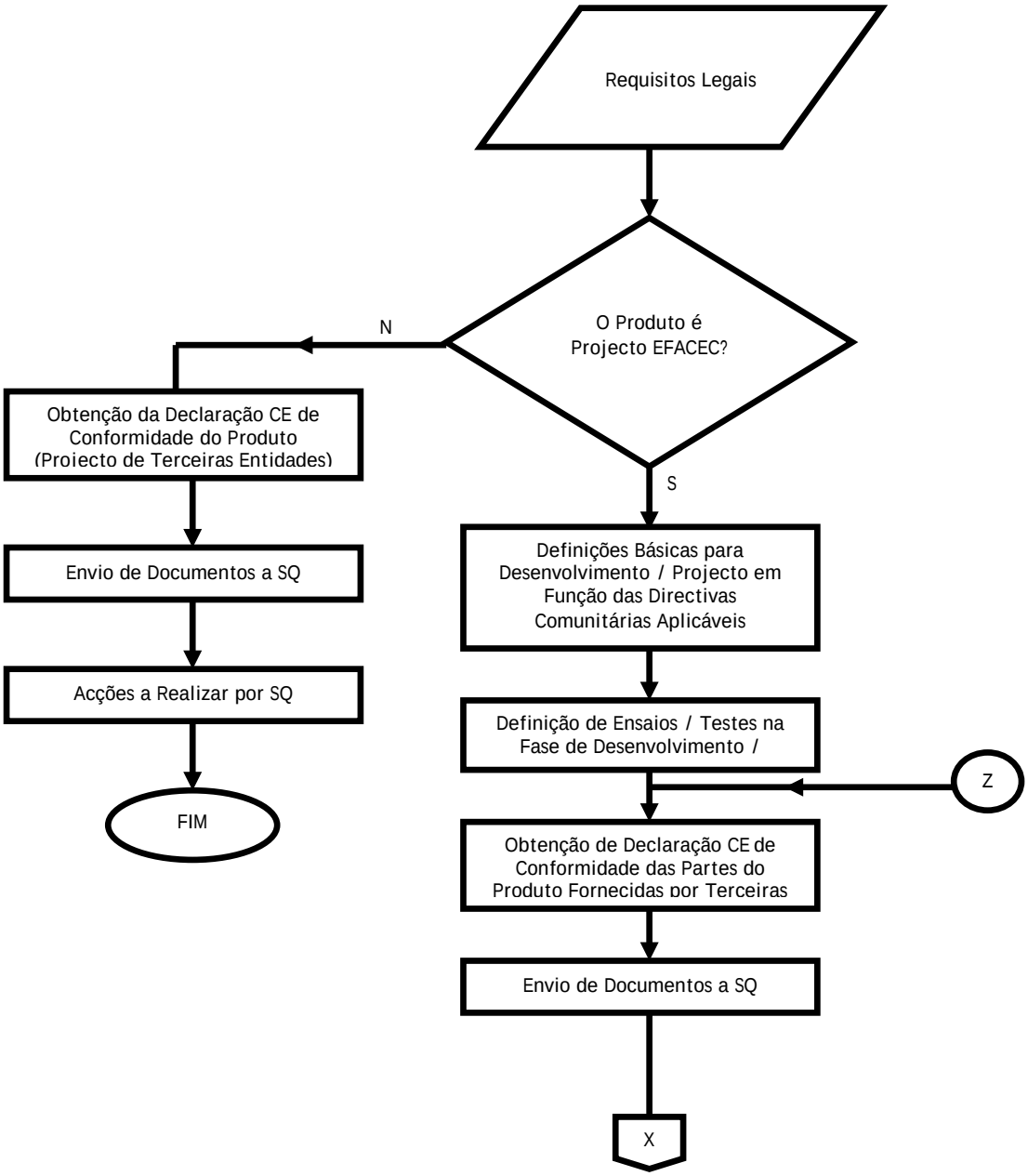


Figura 2.4 - Primeiro fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14].

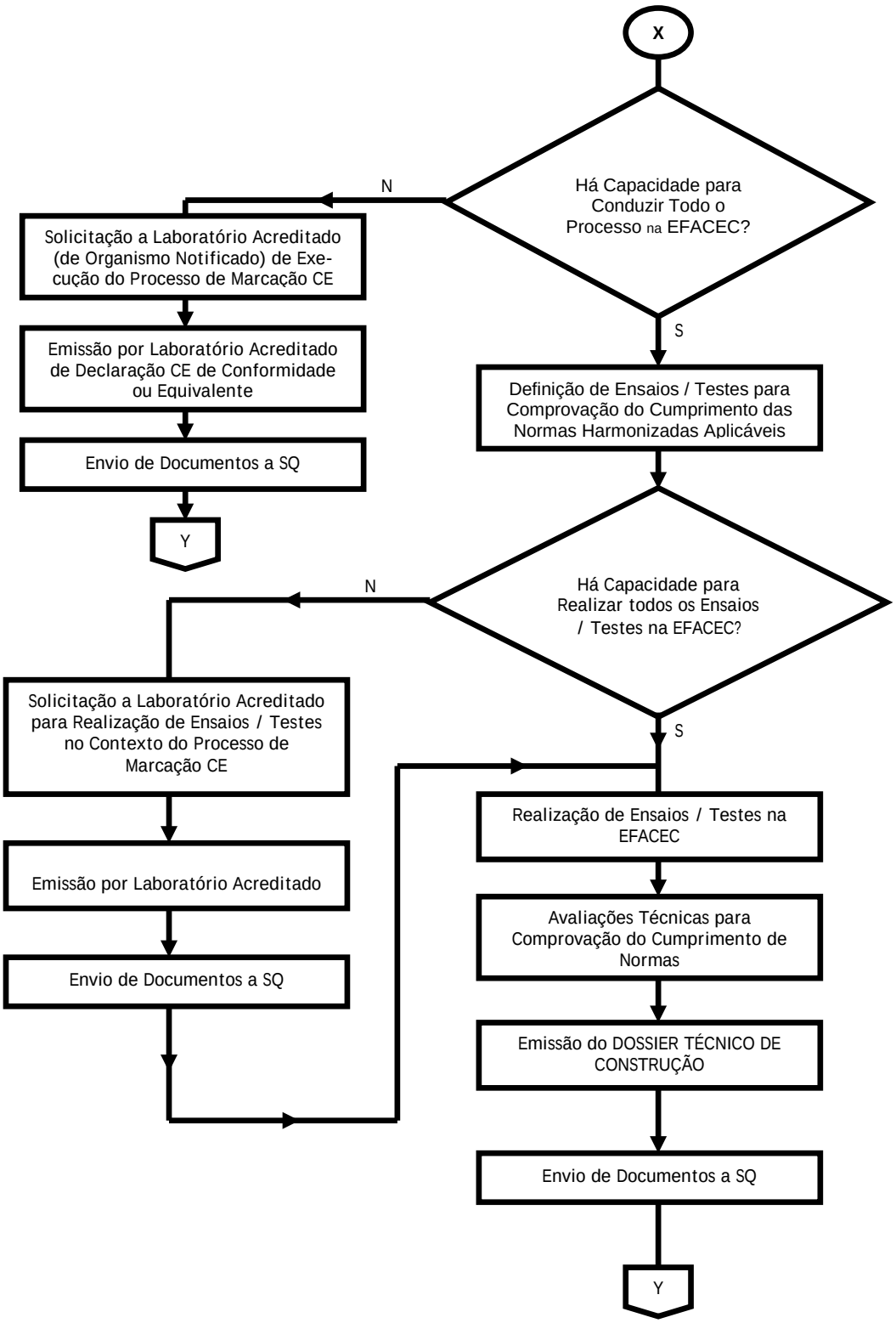


Figura 2.5 - Segundo fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14].

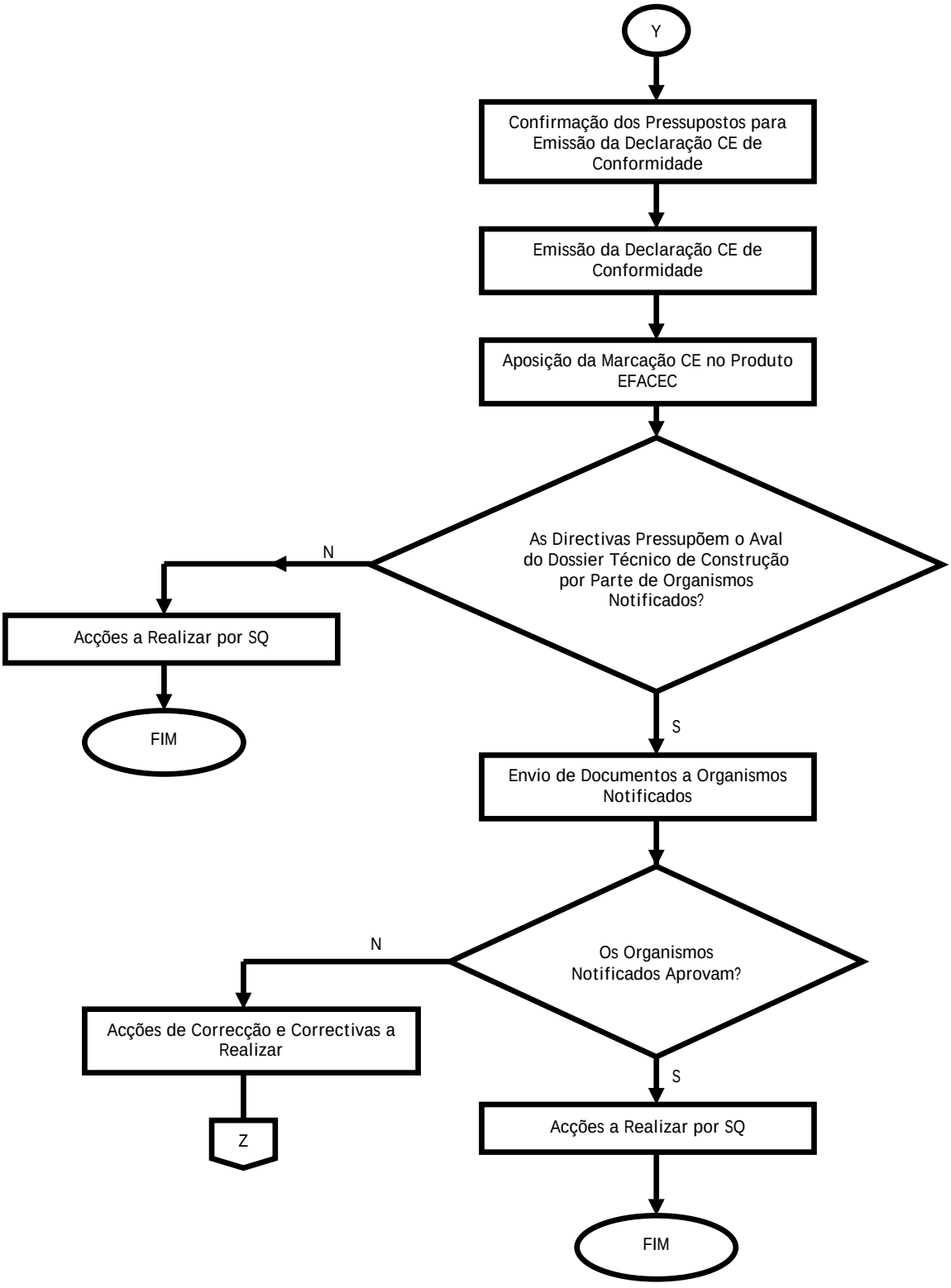


Figura 2.6 - Terceiro fluxograma de obtenção da Marcação CE na Efacec, [14].

2.4.2. Aposição da marca CE

A marca CE de conformidade é constituída pelas iniciais "CE", com um grafismo único ao nível comunitário. A sua utilização indevida é penalizada com sanções, que podem ser de natureza criminal, em caso de infracções graves.

A aposição da marca CE é obrigatória para todos os produtos abrangidos pelas directivas. Esta é, no fundo, uma prova do fabricante ou representante legal de que o produto atende às exigências estabelecidas pelas directivas que lhe dizem respeito, ou seja, de que o mesmo está conforme com todas as disposições aplicáveis e de que foi objecto dos processos de avaliação de conformidade adequados.

Este tipo de marca deve ser aposta de forma visível, legível e indelével no equipamento ou numa etiqueta nele fixado. Sempre que isto não for possível ou não se possa garantir devido à natureza do equipamento, será aposta na embalagem, se esta existir, e nos documentos que acompanham o aparelho.

A marca CE deve ter uma altura de, pelo menos, 5 mm e se for reduzida ou ampliada, devem ser respeitadas as proporções que figuram no desenho graduado acima.

Sempre que o equipamento for objecto de outras directivas que abranjam outros aspectos e que também prevejam a Marcação CE, esta última indicará que o aparelho é igualmente conforme com essas directivas.

2.4.3. Avaliação de conformidade

A avaliação de conformidade é condicionante para a entrada e a livre circulação de equipamentos no mercado comunitário de acordo com as exigências expressas nas directivas.

A avaliação da conformidade consiste na elaboração, por parte do fabricante, do Dossier Técnico de Construção, o qual deve ser disponibilizado às autoridades competentes sempre que solicitado. O dossier técnico demonstra a conformidade do equipamento com os requisitos essenciais de todas as normas harmonizadas aplicáveis que conferem a presunção de conformidade segundo as Directivas Comunitárias e abrange, na medida do necessário, a concepção, a fabricação e o funcionamento do equipamento, podendo incluir:

- Directivas, normas, e especificações técnicas utilizadas;
- Descrição geral e desenhos do equipamento e dos circuitos eléctricos;
- Medidas de protecção implementadas para eliminar/reduzir os perigos identificados;
- Manual do utilizador/instruções;
- Resultados dos ensaios;
- Declaração CE de conformidade.

2.4.4. Garantia da qualidade de produção

O fabricante deve demonstrar que tem implementado um sistema de qualidade para a fabricação e inspecção final dos equipamentos, garantindo que estes estão conformes com os requisitos essenciais, ficando sujeito à fiscalização do organismo notificador, quando necessário. Este agente deve comprometer-se a cumprir todas as obrigações decorrentes do sistema da qualidade aprovado, bem como mantê-lo de forma adequada e eficaz.

Após avaliação fundamentada da documentação entregue, será realizada uma auditoria às instalações do fabricante, podendo ser também estendida às instalações do subcontratado e dos fornecedores. A auditoria e a data da sua realização são marcadas com a devida antecedência acordado entre as partes interessadas.

A Efacec Sistemas de Electrónica, S.A. tem como vantagem ser uma empresa certificada pela norma ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão de Qualidade, o que facilita o processo de Marcação CE, no que diz respeito ao controlo de qualidade do fabrico do equipamento em análise, o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM.

2.4.5. Declaração CE de conformidade

Em paralelo com a aposição da marca CE, deve ser redigida uma declaração CE de conformidade, pelo fabricante ou seu mandatário, numa das línguas oficiais da comunidade.

A declaração CE de conformidade, assim como documentação técnica, fornecem à autoridade de fiscalização as informações necessárias a respeito do equipamento, [4].

Uma Declaração CE de conformidade deve incluir, pelo menos, o seguinte, [9]:

- Uma referência às presentes directivas aplicáveis;
- A identificação do equipamento a que se refere;
- Nome e endereço do fabricante ou do mandatário estabelecido na União Europeia;
- Uma referência datada às especificações ao abrigo das quais a conformidade é declarada, para assegurar a conformidade do aparelho com as disposições da presente directiva;
- Data de emissão da declaração;
- Identificação e assinatura do mandatário do fabricante ou do seu representante autorizado.

2.5. Vantagens e desvantagens da Marcação CE

A actividade de certificação é benéfica para todos os sectores da sociedade, nomeadamente para o Estado, os consumidores, os utilizadores, os grandes compradores e as empresas, [15].

Para o Estado, a certificação contribui para o controlo dos produtos no mercado, reduz as despesas públicas com as acções de fiscalização e simplifica a aquisição de produtos para serem utilizados em obras promovidas pela Administração.

Para os consumidores e os utilizadores, a Marcação CE representa uma orientação na escolha dos produtos, assegura uma boa relação qualidade/preço e proporciona uma garantia de assistência pós-venda (troca ou reparação no caso de produtos defeituosos). Quando uma marca de conformidade é conhecida e procurada pelos consumidores, evita-se também a concorrência desleal pois é garantido o mínimo de qualidade e regularidade dos produtos.

Para os grandes compradores, a certificação simplifica o controlo dos produtos adquiridos, reduz as despesas com as acções de aceitação/recepção, facilita a qualificação de fornecedores e permite recorrer ao Organismo de Certificação com eventuais casos de reclamação.

Para os fabricantes, este tipo de marcação enfatiza a garantia da qualidade dos seus equipamentos nos diversos mercados, aumenta a competitividade perante outros fabricantes que não possuem os seus equipamentos certificados, valoriza a empresa assim como os seus produtos, conduz a um aumento de vendas, amplia a credibilidade e a confiança dos clientes e evita reclamações e inspecções adicionais. Quando os produtos são certificados segundo normas europeias ou internacionais, protege a sua exportação de eventuais barreiras técnicas à colocação dos produtos nesses mercados.

Contudo, não existem só vantagens na Marcação CE. As condições e requisitos que envolvem a Marcação CE são fundamentais, mas por vezes, inúmeros fabricantes não conseguem suportar estes encargos e custos.

Os fabricantes encontram algumas dificuldades quando o seu equipamento precisa de respeitar as exigências de uma norma ou directiva. Por vezes, os instrumentos necessários para efectuar os ensaios são de elevado custo e existem poucos laboratórios, em particular em Portugal, com capacidade de os realizar. Tudo isso eleva o custo do produto, pois o fabricante terá de repetir os ensaios sempre que alterar o projecto até que o produto esteja dentro dos limites exigidos pela respectiva norma.

2.6. Conclusões

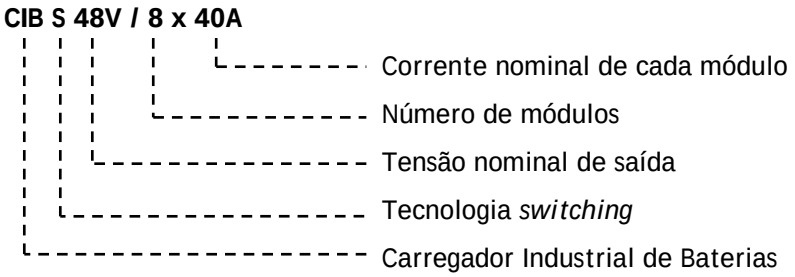
Ao longo deste capítulo foram abordadas as diversas etapas para a Marcação CE dos equipamentos eléctricos/electrónicos, benéfica para todos os sectores da sociedade. Através das Directivas Comunitárias que medeiam este processo de marcação, da aplicação da Legislação que transpõem as Directivas para o acervo legislativo português e da utilização de Normas Harmonizadas, são estabelecidos os requisitos essenciais, que permitem às empresas aumentar o seu rendimento interno e a sua competitividade na fase de projecto, produção e funcionamento do equipamento.

A aposição da marca CE, afixada de modo visível, legível e permanente, permite colocar estes equipamentos nos restantes países dos Estados-membros, sem necessidade de aplicar legislação adicional, assim como satisfazer as tendências do mercado.

Capítulo 3

Apresentação do equipamento

O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM é um sistema de alimentação extremamente completo e dinâmico. A designação CIB S provém das iniciais de Carregador Industrial de Baterias com tecnologia *switching*. A esta nomenclatura cresce a informação da tensão e corrente de saída e ainda o número de módulos pelo que, por exemplo, um carregador de baterias com saída de 48V / 8x40A tem a seguinte interpretação, [16]:



Os CIB S são sistemas de alimentação estacionários altamente confiáveis e de elevada qualidade, que reduzem drasticamente o risco de inactividade de um sistema e os custos em aplicações críticas. Estes sistemas destinados a fornecer uma rápida regulação da tensão de saída de uma forma fiável e ininterrupta, vêm sendo utilizadas pela indústria devido, principalmente, ao aumento da necessidade de carregadores de bateria. Pode-se citar o mercado de telecomunicações e o de fontes ininterruptas de energia como os grandes clientes das empresas que desenvolvem estes equipamentos.

O CIB S, através dos seus módulos rectificadores *switching*, tem a capacidade de alimentar a carga para a qual foi dimensionado e a bateria, no caso de se encontrar descarregada, de forma ininterrupta e contínua.

Dada a importância dos módulos rectificadores, optou-se por realizar um estudo mais aprofundado sobre estes, em particular do seu primeiro estágio, o conversor *boost* com correcção do factor de potência.

3.1. Princípio de funcionamento

O meio habitual de fornecer energia aos CIBs provém da rede de alimentação c.a.. Estes equipamentos têm a capacidade de, por meio de rectificadores, converter o nível de tensão c.a. (230 V(c.a.), 50 Hz na Europa) para os vários níveis de tensão c.c. necessários para alimentar os componentes electrónicos do sistema.

Graças a um circuito de correcção do factor de potência incluído em cada módulo rectificador, o CIB S produz uma distorção de corrente muito baixa, com uma corrente de entrada quase sinusoidal. O factor de potência de entrada é maior que 0,99 e o THD reflectida na corrente de entrada menor que 5%.

Com a utilização da tecnologia *switching* e avançadas técnicas de controlo em todos os módulos rectificadores de potência que constituem o sistema de alimentação, o CIB S apresenta também características de saída de alta qualidade como a rápida resposta a degraus, valores aceitáveis de *ripple*, protecção de limitação de corrente e tensão de bateria compensada por temperatura.

Devido ao conceito modular usado na sua construção, o CIB S revela alta disponibilidade de potência c.c. e uma boa fiabilidade, pois uma eventual falha num módulo rectificador não afecta o restante sistema, continuando a alimentar as cargas e as baterias, com base numa filosofia de n+1. Esta filosofia tem como objectivo instalar um módulo além da potência necessária, ficando este sempre em reserva no caso de um dos outros falhar.

A figura 3.1 apresenta um diagrama de blocos simplificado do circuito de potência do sistema de alimentação.

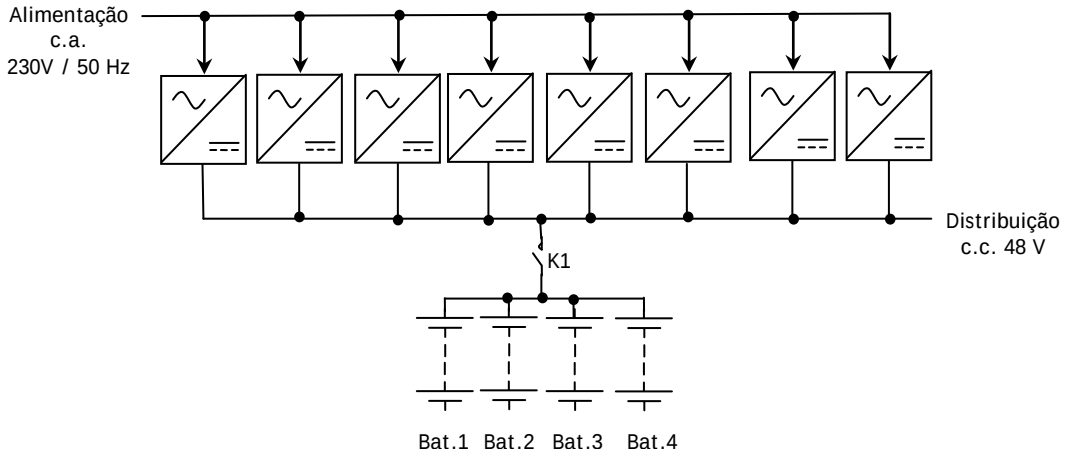


Figura 3.1 - Diagrama de blocos simplificado do circuito de potência do sistema de alimentação, [16].

Inicialmente, o sistema está preparado para incluir cinco módulos rectificadores. Porém, pode facilmente ser ampliado, adicionando-se apenas mais módulos rectificadores.

Durante o funcionamento do equipamento, os módulos rectificadores repartem a corrente entre si automaticamente (a repartição só é eficaz para correntes superiores a 10% da

nominal) e a sua manutenção é elementar uma vez que os módulos podem ser substituídos com o sistema ligado, [16].

Este sistema permite a comunicação com uma unidade de comando e supervisão, o miniPSM, que entre outras funções, realiza o interface com o utilizador através do *display* e teclado. O CIB S pode, no entanto, funcionar sem miniPSM. Nesta circunstância o equipamento mantém as protecções principais, não tendo obviamente disponível o seu interface a partir do *display* e teclado, assim como os alarmes remotos.

A aquisição das medidas de corrente para supervisão pelo miniPSM, é efectuada através de transdutores de corrente ou *shunts*, quer para a corrente total, quer para a corrente de bateria.

Um componente essencial nestes sistemas de fornecimento ininterrupto de energia é o dispositivo de armazenamento, as baterias. Estas são responsáveis por fornecer energia para cargas críticas no caso de falha da energia da rede eléctrica ou de defeito nos rectificadores. O tempo de alimentação aos consumidores depende da capacidade, da temperatura, da idade e estado da bateria, bem como da corrente nos receptores.

Para além destes aspectos, é importante ter em conta que grande parte dos custos, do volume e do peso de um CIB provém das baterias. Entre os diversos tipos de baterias existentes no mercado, as de chumbo-ácido reguladas por válvula, designadas na literatura inglesa por *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA), têm sido mais utilizadas.

A limitação da corrente de bateria actua logo que a corrente atinja o valor máximo programado. A limitação é conseguida através do abaixamento da tensão de saída, de forma a não permitir que a corrente para a bateria ultrapasse o valor programado.

Para facilitar a compreensão plena do objectivo deste equipamento, será importante conhecer as características dos diferentes dispositivos utilizados. Segue-se então uma descrição introdutória[2].

[2] Os esquemas eléctrico e mecânico do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM estão presentes no ANEXO B e C, respectivamente, para um melhor conhecimento do seu funcionamento e das partes abrangidas.

3.2. Armário

O armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM constitui, em associação com os bancos de baterias, um sistema de alimentação ininterrupto com o necessário grau de protecção, permitindo aos receptores obter uma alimentação contínua, insensível às diversas perturbações que possam ocorrer na rede de alimentação.

Este armário, apresentado na figura 3.2, reúne como principais características, uma topologia modular e de fácil acesso, e é constituído essencialmente por:

- Um armário metálico de assentamento sobre outro armário metálico referente às baterias;
- Até oito módulos rectificadores *switching* SM2000 ligados em paralelo (possibilidade de expansão);
- Um EFAPOWER miniPSM, unidade de controlo e supervisão;
- Dois bancos de baterias em paralelo de 180 Ah, cada um constituído por quatro blocos de 12 V ligados em série;
- Adequada aparelhagem de protecção;
- Um contactor de fim de descarga com comando manual;
- Cablagem interna ajustada ao tipo de sistema.

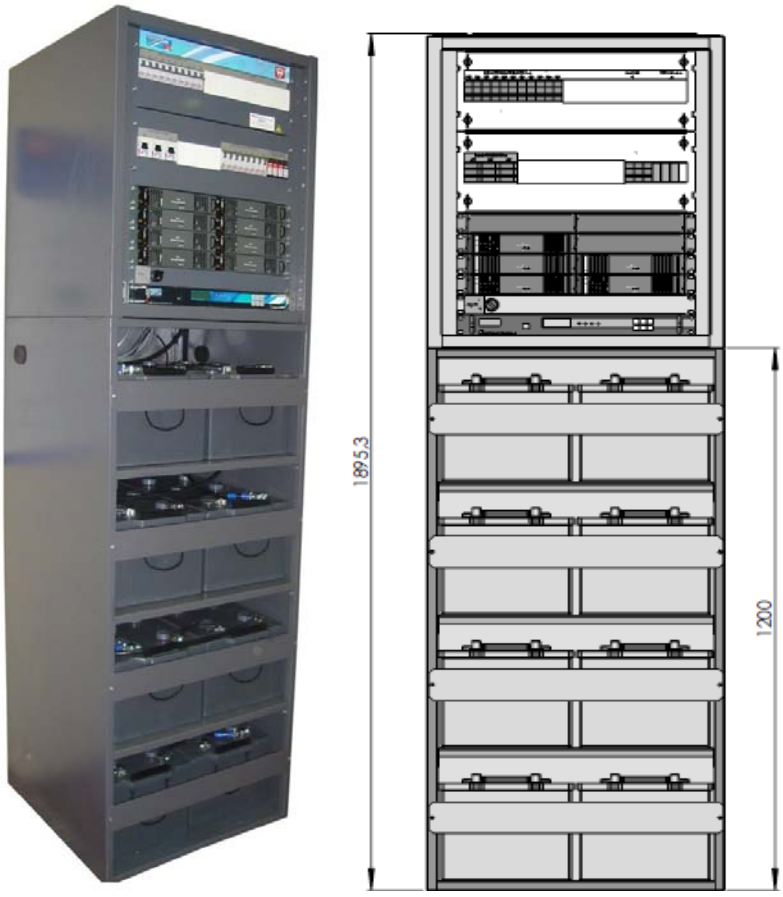


Figura 3.2 - Armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

3.3. EFAPOWER miniPSM

Os sistemas de energia actuais utilizados em Telecomunicações e na Indústria requerem monitorização e controlo a partir de um centro de controlo. A Efacec – Sistemas de Electrónica, S.A. possui uma família de unidades de supervisão e controlo que permite a fácil integração do sistema de energia às diversas plataformas de controlo.

O EFAPOWER miniPSM[3] (mini *Power Supply Monitoring*) é um equipamento de controlo e supervisão do sistema de energia, pensado para equipar armários rectificadores. O seu custo reduzido, aliado ao elevado grau de flexibilidade, tornam este equipamento ideal para utilização em sistemas de pequeno e médio porte.

A compreensão do cenário de operação é uma tarefa fulcral para a descrição deste equipamento. O EFAPOWER miniPSM funciona como um dispositivo mestre, isto é, neste cenário de operação, actua como um módulo independente, tendo a seu cargo a gestão energética das baterias, assim como a sua monitorização e protecção eléctrica. A estas características, acrescenta a capacidade de aquisição de dados analógicos ou digitais, assim como o controlo da sinalização de todos os equipamentos que compõem o sistema de alimentação, monitorização de todas as grandezas físicas relevantes para o sistema e, sempre que necessário, geração dos alarmes previamente definidos.

A figura 3.3 ilustra o cenário de funcionamento do miniPSM como dispositivo mestre.

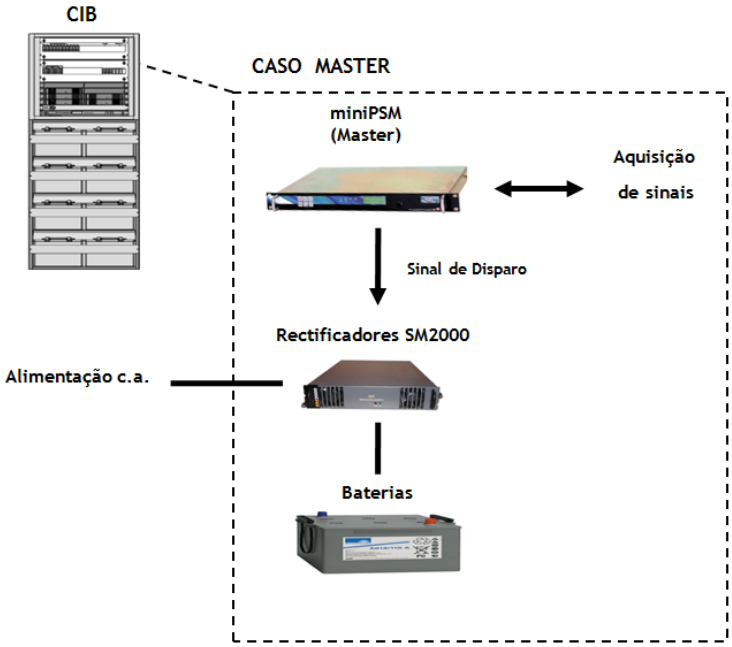


Figura 3.3 - Cenário de operação miniPSM como dispositivo mestre.

[3] O EFAPOWER miniPSM foi objecto de ensaios em conjunto com o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM por possuir uma declaração de conformidade CE desactualizada.

Esta versão do miniPSM foi projectada para controlar até 8 entradas analógicas de aquisição de grandezas para controlo ou monitorização, uma saída analógica para controlo da tensão de saída do sistema, um conjunto de entradas e saídas digitais das quais 8 por relé, 2 interfaces digitais série "standard" (RS232 e CAN) e uma interface série concebida apenas para o controlo de módulos rectificadores com comando digital.

O miniPSM dispõem um painel frontal de interface com o utilizador, figura 3.4, onde é possível observar as medidas obtidas assim como o estado dos vários equipamentos e eventuais alarmes. A interface do miniPSM com o utilizador é realizada por um *display* LCD de 20x4 caracteres, 6 teclas de membrana e 4 leds informativos.

Na figura 3.5 está disponível o painel traseiro do miniPSM com placa de interface com os diversos componentes do sistema.



Figura 3.4 - Vista frontal do miniPSM.



Figura 3.5 - Painel traseiro do miniPSM.

No caso particular dos módulos rectificadores realiza igualmente o controlo e comando sobre estes, de forma a estes terem à sua saída a tensão ideal para prolongar a vida útil das baterias.

A unidade miniPSM trata-se de uma unidade de comando e supervisão, que permite também a monitorização à distância por interfaces digitais, utilizando uma porta de comunicações RS232 e uma linha telefónica (PSTN ou GSM), [16].

Na figura 3.6 é apresentada a vista interna do miniPSM.



Figura 3.6 – Vista interna do miniPSM 1U: a) placa de controlo; b) placa de medição trifásica; c) placa de interface com os módulos rectificadores.

3.4. Módulos rectificadores *switching* SM2000

Os módulos rectificadores *switching* SM2000[4] são considerados de vital importância para o correcto funcionamento do sistema. Fazem uso de circuitos electrónicos para converter a tensão alternada de entrada disponibilizada pela rede eléctrica numa tensão contínua regulada e estável (com boa resposta dinâmica), utilizada para alimentar o equipamento, ao qual o EFAPOWER CIB S se destina e, simultaneamente, carregar as baterias de socorro do sistema.

As aplicações destes módulos de potência, como os CIBs, exigem dos conversores estáticos empregados, além de simplicidade e robustez, também eficiência, isolamento e baixos níveis de interferência gerados tanto na entrada quanto na saída.

Esta unidade rectificadora monofásica aceita amplas variações sinusoidais da tensão e corrente de entrada produzindo uma saída nominal contínua, como é possível observar na figura 3.7. Operam em regra em paralelo com outros rectificadores partilhando activamente a corrente, podendo, todavia, funcionar de forma independente.

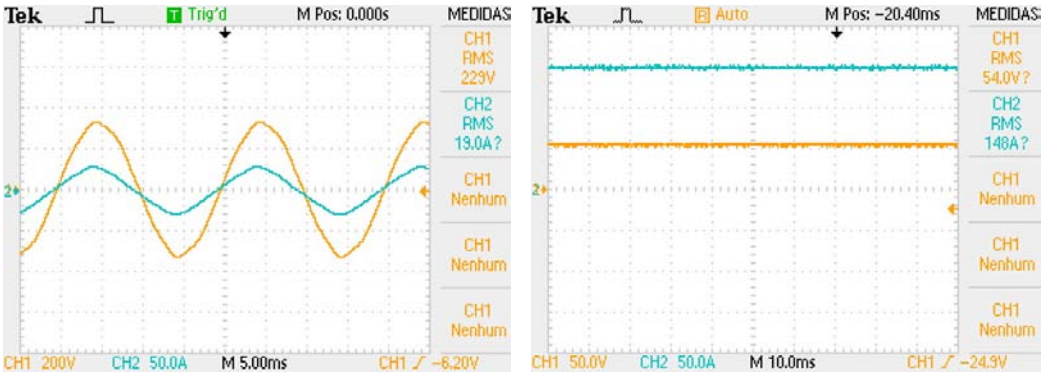


Figura 3.7 – Formas de onda da tensão e corrente de entrada e saída, obtidas do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM.

Cada módulo rectificador é composto, como sugere a figura 3.8, por quatro subconjuntos:

- Um circuito de entrada com dispositivos de protecção, um circuito de rectificação, um filtro de EMI e elementos de armazenamento de energia. Este circuito inclui uma correcção activa do factor de potência (utilizando um conversor *boost* a 50 kHz) que garante uma entrada sinusoidal, bem como um factor de potência superior a 0,99 e uma baixa distorção harmónica na corrente de entrada inferior a 5%.
- Um conversor de ponte completa, conectado a um transformador, converte a tensão c.c. do condensador de armazenamento em tensão c.a. de alta frequência (100 kHz).
- Um circuito de saída com filtro de EMI e dispositivos de rectificação que convertem a tensão secundária transformada em tensão c.c..

[4] Apesar de possuírem uma declaração CE de conformidade, emitida pelo fabricante, foi objecto de ensaios em conjunto com o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

- Por fim, um circuito de controlo e regulação conduz a ponte completa em função da tensão de saída e informações actuais usando dispositivos de modulação por PWM.

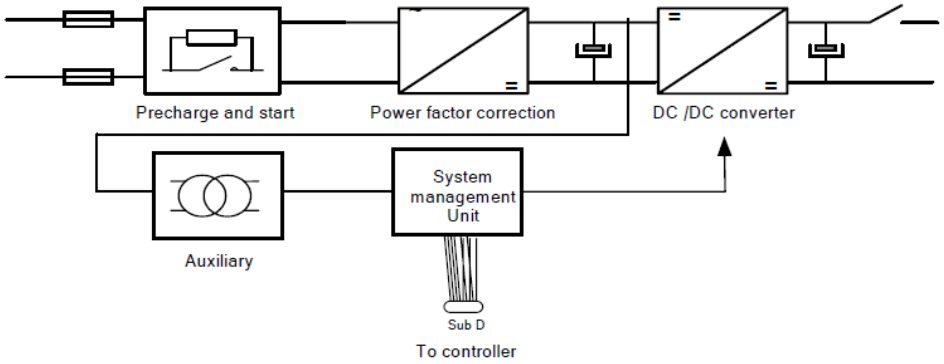


Figura 3.8 – Diagrama de blocos simplificado do módulo rectificador *switching* SM2000, [17].

3.4.1. Rectificadores com factor de potência unitário

Idealmente, a rede de energia eléctrica está isenta de picos de tensão e harmónicos de corrente, de modo a assegurar boa qualidade e estabilidade do fornecimento de energia aos diversos equipamentos electrónicos.

Inicialmente as unidades rectificadoras eram equipamentos pesados e volumosos, características de uma rectificação com filtro capacitivo com isolamento em baixa frequência e de uma regulação da tensão de saída utilizando tirístores ou transístores.

Com o progresso da tecnologia houve um desenvolvimento muito grande no processo de fabricação de semicondutores MOSFET's, IGBT's ou GTO's de melhor desempenho, o que possibilitou o aumento da frequência de operação dos conversores e consequentemente a redução de volume e peso dos elementos reactivos, [18].

Embora cada equipamento possua as suas particularidades quanto às características de desempenhos, questões como correcção de factor activa de potência, alto rendimento, excelente regulação da tensão de saída, conteúdos harmónicos da corrente de entrada reduzidos, compatibilidade electromagnética e monitorização são pontos comuns na análise do seu desempenho.

Da mesma forma, como o desenvolvimento de novas estruturas vinha sendo realizado ano após ano, especificações mais restritivas foram sendo exigidas ao longo do tempo. Na actualidade, devido ao crescente número de cargas não lineares, algumas normas, como a EN 61000-3-2, impõem limites ao conteúdo harmónico de corrente injectado na rede de energia eléctrica, fazendo com que seja necessário a introdução de um estágio pré-regulador.

Estas estruturas monofásicas convergiram para uma estrutura de potência que, neste trabalho, é basicamente composta de um primeiro estágio para correcção de factor de

potência (conversor *boost*) e um estágio de isolamento e regulação da tensão de saída (conversor de ponte completa).

3.4.1.1. Parâmetros para a selecção de uma unidade rectificadora

A escolha correcta de uma unidade rectificadora para uma aplicação particular é uma decisão importante. Os seguintes factores são importantes para determinar o correcto tipo e configuração do conversor que se pretende:

- Nível de qualidade de energia de entrada (factor de potência, THD)
- Tensão de saída (constante, variável, etc.)
- Fluxo de potência (unidireccional, bidireccional)
- Número de quadrantes (um, dois ou quatro)
- Natureza da saída c.c. (isolada, não isolada)
- Topologia da saída c.c. (*boost*, *buck*, *buck-boost* e *multilevel*)
- Nível de qualidade de energia de saída (*ripple* da tensão, regulação da tensão)
- Carga c.c. alimentadas (linear, não-linear, etc.)
- Custo
- Tamanho
- Peso
- Rendimento
- Nível de ruído (EMI, RFI, etc.)
- Potência (W, kW, MW, etc.)
- Fiabilidade
- Número de saídas c.c.
- Ambiente de instalação (temperatura ambiente, altitude, nível de poluição, humidade, tipo de refrigeração, etc.).

Além destes factores, existem outras considerações ao nível de outros recursos, como tipos de dispositivos, componentes magnéticos, protecções, etc., para a escolha da melhor unidade rectificadora para a aplicação em questão, [19].

3.4.1.2. Conversor *boost* monofásico

O rectificador SM2000 da *Saft Power Systems*, alvo de estudo neste trabalho, é classificado como um rectificador monofásico unidireccional *boost*, pois apresenta um primeiro estágio de conversão do tipo *boost* e apenas admite uma tensão e corrente

unidireccional no lado c.c.. Por este motivo, neste ponto apenas será exposto este tipo de IPQC bem como as suas principais características.

Este tipo de conversor é amplamente empregue num vasto número de equipamentos, em particular nos sistemas de alimentação. Apresentam como principais objectivos, a correcção do factor de potência, a redução significativa das perdas e do ruído e grande redução peso e volume em relação aos filtros passivos utilizados nos rectificadores convencionais.

O seu princípio de funcionamento assenta na combinação de uma ponte rectificadora de díodos e um conversor c.c./c.c. *step-up* com filtros e elementos armazenadores de energia, isto é, a sua tensão de saída é sempre superior ao maior valor da tensão de entrada. A figura 3.9 apresenta a configuração típica de um rectificador que utiliza um conversor *boost*, como técnica para correcção activa do factor de potência.

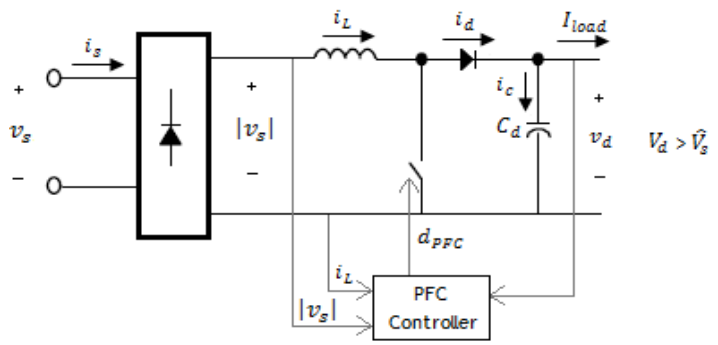


Figura 3.9 – Estrutura típica do conversor *boost*.

3.4.1.3. Princípio de funcionamento de um conversor *boost*

A figura 3.10 a) mostra as formas de ondas ideais da tensão e corrente de entrada de um conversor *boost*. A figura 3.10 b) mostra as formas de onda da corrente e tensão rectificadas.

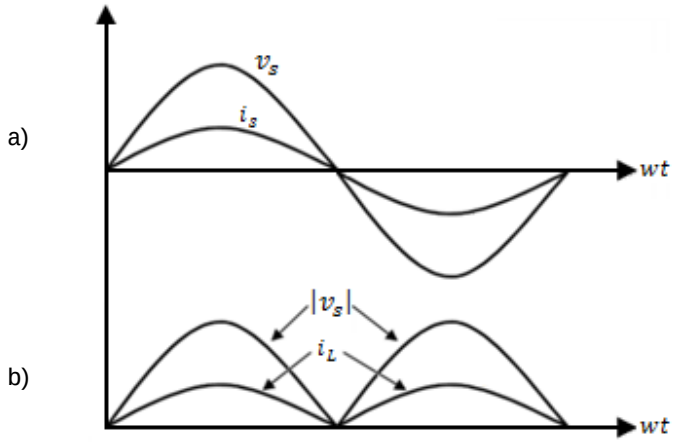


Figura 3.10 – Formas de onda ideais de um conversor *boost*: a) Tensão v_s e corrente i_s de entrada; b) Tensão $|v_s|$ e corrente i_L rectificadas.

O princípio básico da operação é bastante simples. Na entrada da alimentação a corrente i_s pretende-se sinusoidal e em fase com v_s, como exibe a figura 3.10 a). Assim, à saída da ponte rectificadora i_L e $|v_s|$ têm a mesma forma de onda, figura 3.10 b). Na realidade, as perdas de potência na ponte rectificadora e no conversor *boost* são relativamente pequenas. Isto é demonstrado na seguinte análise teórica. Das formas de onda da figura 3.10 b), onde $\hat{V}_s = \sqrt{2}\, V_s$ e $\hat{I}_s = \sqrt{2}\, I_s$, a potência de entrada $p_{in}(t)$ da alimentação c.a. é,

$$p_{in}(t) = \hat{V}_s\, |sin(wt)| \times \hat{I}_s\, |sin(wt)| = V_s I_s - V_s I_s \cos(2wt) \tag{3.1}$$

Devido à grande capacidade de C_d, a tensão v_d pode ser inicialmente assumida como constante, ou seja, $v_d(t) = V_d$. Deste modo, a potência de saída é,

$$p_d(t) = V_d i_d(t) \tag{3.2}$$

onde na figura 3.9,

$$i_d\,(t) = I_{load} + i_c(t) \tag{3.3}$$

Se o conversor *boost* da figura 3.9 for assumido como ideal e a operar com uma frequência de comutação perto do infinito, o valor de L_d será insignificantemente pequeno. Isto permite assumir que, instantaneamente, na figura 3.9, $p_{in}(t) = p_d(t)$. Assim, das equações (3.1) e (3.3),

$$i_d\,(t) = I_{load} + i_c(t) = \frac{V_s I_s}{V_d} - \frac{V_s I_s}{V_d}\cos(2wt) \tag{3.4}$$

onde o valor médio de i_d é,

$$I_d = I_{load} = \frac{V_s I_s}{V_d} \tag{3.5}$$

e a corrente no condensador,

$$i_c\,(t) = -\frac{V_s I_s}{V_d}\cos(2wt) = -I_d \cos(2wt) \tag{3.6}$$

Apesar de esta análise ser realizada pressupondo que a tensão no condensador é livre de *ripple*, este pode ser estimado da equação 3.6 como,

$$v_{d,ripple}\,(t) \approx \frac{1}{C_d}\int i_c\, dt = -\frac{I_d}{2wC_d} sin(2wt) \tag{3.7}$$

O valor de *ripple* pode ser mantido baixo aplicando um elevado valor para C_d. Como o objectivo é modular a corrente de entrada, o conversor *boost* funciona no modo de controlo de corrente [20].

O diagrama de blocos deste controlo é apresentado na figura 3.11, onde i^*_L é a referência ou o valor desejado da corrente i_L da figura 3.9. Aqui, i^*_L tem a mesma forma de onda que $|v_s|$. A amplitude de i^*_L deve ser de valor suficiente para manter a tensão de saída no valor desejado ou no nível de referência V^*_d, apesar das variações na carga e das flutuações do valor nominal da tensão de alimentação. A forma de onda de i^*_L é obtida medindo $|v_s|$ e

multiplicando pelo erro do valor de referência V^*_d e o valor actual de V_d. O estado de comutação do conversor *boost* é controlado comparando o valor da corrente i_L com i^*_L.

Quando i^*_L e i_L estão disponíveis, existem diversas vias para implementar o modo de controlo de corrente do conversor *boost*.

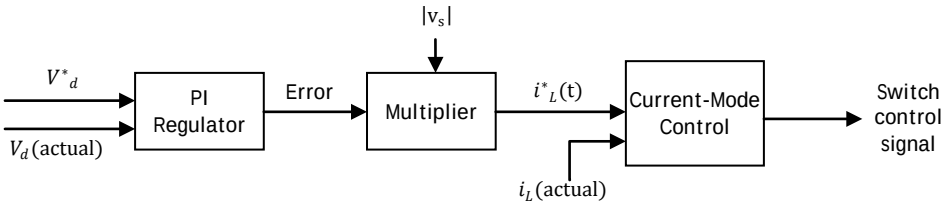


Figura 3.11 – Diagrama de blocos de controlo.

O controlo de frequência constante é, de longe, a forma mais utilizada de implementar o modo de controlo de corrente, onde f_s é a frequência de comutação e I_{rip} é o *ripple* pico a pico da corrente i_L durante um período da frequência de comutação. Neste modo, f_s é mantida constante e quando i_L chega a i^*_L, o semicondutor comandado do conversor *boost* é desligado. Este é ligado novamente por um relógio à frequência fixa f_s, resultando na corrente i_L da figura 3.12 a).

Na prática, no modo de controlo de corrente uma compensação da inclinação é adicionada ao controlo da tensão, caso contrário a corrente i_L seria irregular (*slope compensation ramp*), [20].

Durante um período da frequência de comutação, a tensão de saída assume-se como constante, V_d, e a tensão de entrada do conversor *boost* é assumida como constante durante esse intervalo de tempo.

As equações que seguem podem ser escritas da figura 3.9 durante o intervalo t_{on} e o intervalo t_{off} do semicondutor comandado:

$$t_{on} = \frac{L_d I_{rip}}{|v_s|} \tag{3.8}$$

$$t_{off} = \frac{L_d I_{rip}}{V_d - |v_s|} \tag{3.9}$$

onde a frequência de comutação f_s é dada por,

$$f_s = \frac{1}{t_{on} + t_{off}} = \frac{(V_d - |v_s|)|v_s|}{L_d I_{rip} V_d} \tag{3.10}$$

Num esquema de controlo de frequência constante, f_s na equação (3.10) é constante e assim,

$$I_{rip} = \frac{(V_d - |v_s|)|v_s|}{f_s L_d V_d}$$

A figura 3.12 b) mostra I_{rip} normalizado em função de $|v_s|/V_d$, notando que num conversor *boost* $|v_s|/V_d$ deve ser menor ou igual a 1. O máximo *ripple* de corrente é dado como,

$$I_{rip,max} = \frac{V_d}{4 f_s L_d} \qquad \text{quando } |v_s| = \frac{1}{2} V_d \tag{3.11}$$

Neste circuito do conversor *boost*, as seguintes observações adicionais devem ser feitas:

- A tensão de saída v_d no condensador C_d contém um ripple de 100Hz. A malha de controlo usada para regular V_d no valor desejado não consegue compensar este *ripple* de tensão sem distorcer a corrente do lado da alimentação.
- Uma frequência de comutação alta permite um baixo valor de L_d e uma maior facilidade para filtrar *ripple* de alta frequência.
- A topologia do conversor *boost* é adequada para modelar a corrente de entrada porque quando o semicondutor comandado não se encontra a conduzir, a corrente de entrada através do díodo alimenta a saída deste conversor. No modo de controlo de corrente a frequência constante, o *duty-cycle* d em função de wt é mostrado na figura 3.12 c), onde neste tipo de conversor com uma tensão de entrada $|v_s|$ e uma tensão de saída V_d, $(|v_s|/V_d) = 1 - d$.

$$d = 1 - \frac{|v_s|}{V_d} \tag{3.12}$$

  Deste modo, a figura 3.12 c) mostra que d é mais pequeno no pico de i^*_L. Assim, os maiores valores de i_L apenas fluem através do semicondutor comandado durante uma pequena fracção do período de comutação.
- Um pequeno condensador deve ser usado na saída da ponte rectificadora de díodos como filtro para prevenir que o *ripple* da corrente i_L passe para a alimentação de entrada. Um filtro EMI continua a ser necessário na entrada, como num circuito convencional sem PFC.

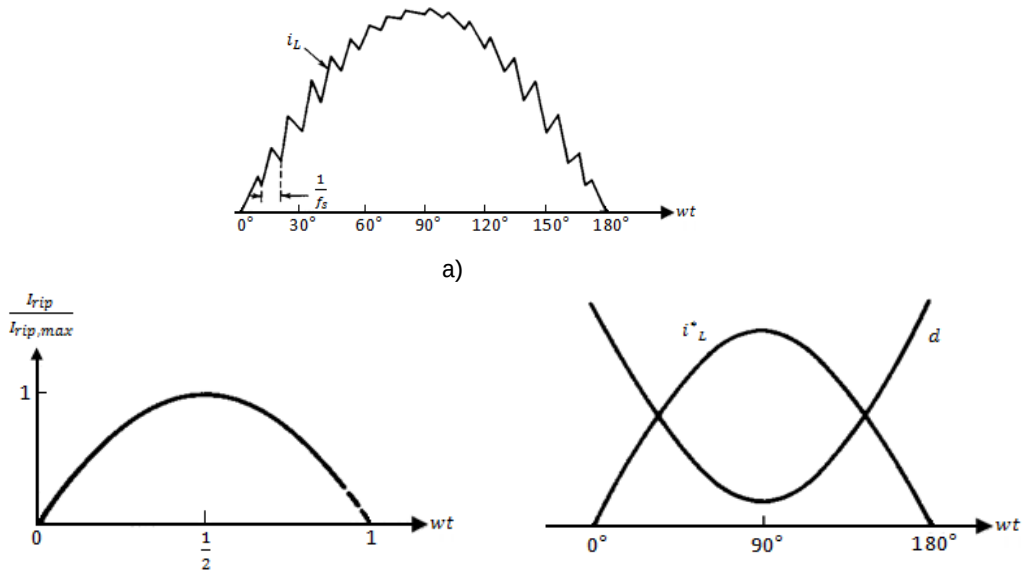


Figura 3.12– Controlo de frequência constante, [20].

Outras vantagens da utilização de um conversor *boost* podem ser sumarizadas como se segue:

- A tensão de saída, V_d, pode ser estabilizada perto de um valor constante para variações da tensão de entrada.
- Devido a ausência de grandes picos na corrente de entrada, o tamanho dos componentes de filtro EMI é menor.
- Para o mesmo *ripple* na tensão $\mathrm{v_d}$ apenas $1/3$ ou $1/2$ da capacidade do condensador C_d é necessária comparando com o circuito convencional, resultando num menor tamanho.

O sucesso comprovado do conversores *boost* conduziu ao desenvolvimento de outro tipo de conversores que vão ao encontro dos requisitos de certas aplicações onde é necessário um fluxo de potência bidireccional. Convencionalmente, estes conversores são usados em algumas das aplicações como UPS ou meios de transporte como o metro.

3.4.1.4. Modos básicos de controlo do conversor *boost*

Para que os rectificadores gozem de uma corrente de entrada com baixo teor harmónico e factor de potência quase unitário, é necessário utilizar técnicas de comutação forçada, designadamente, correctores do factor de potência (PFC). Estes possibilitam controlar o semicondutor totalmente comandado para que a corrente de entrada siga uma corrente de referência sinusoidal.

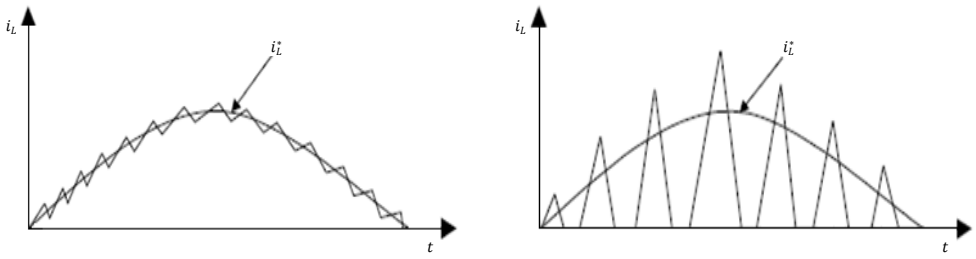
Os modos básicos de controlo são o modo de controlo em corrente e o modo de controlo em tensão. Para cada um destes modos de controlo, existem dois tipos de condução: **modo de condução contínua** e **modo de condução descontínua**.

No modo de condução contínua, o componente de armazenamento de energia (a bobina no caso do conversor *boost*) que juntamente com o semicondutor totalmente comandado permite obter uma corrente de entrada sinusoidal, não é totalmente descarregado ao fim de um ciclo de comutação. Neste caso, durante cada ciclo de comutação a corrente na referida bobina sobe até um determinado valor acima ou igual ao valor de referência, descarregando posteriormente até atingir um determinado valor abaixo da mesma referência, mas acima de zero. Assim, o valor instantâneo da corrente na bobina tenderá a aproximar-se do seu valor médio, cuja forma de onda é isomorfa da tensão de alimentação, figura 3.13 a), sendo tanto mais próxima desta quanto maior for a frequência de comutação ou o valor desta bobina.

No modo de condução descontínua, a bobina, componente de armazenamento de energia que juntamente com o semicondutor totalmente comandado permite obter uma corrente de entrada sinusoidal, é totalmente descarregada ao fim de um ciclo de comutação. Durante

cada ciclo de comutação a corrente na referida bobina sobe até um determinado valor de pico, o qual é proporcional à tensão de alimentação, descarregando posteriormente até atingir o valor de zero, figura 3.13 b), [21].

O modo de condução contínua é mais adequado para aplicações de média e alta potência, enquanto o modo de o modo de condução descontínua é convencionalmente aplicado quando se tratam de aplicações de baixa potência.



a) b)

Figura 3.13 - Forma de onda da corrente na bobina: a) modo de condução continuo; b) modo de condução descontinuo.

3.4.1.5. Simulação no software PSIM

De acordo com o descrito no princípio de funcionamento do conversor *boost* com correcção activa do factor de potência, foram realizadas duas simulações no software PSIM.

Na primeira simulação, o conversor *boost* PFC é alimentado por uma fonte ideal de tensão alternada sinusoidal, com correntes consumidas também sinusoidais e da mesma frequência, podendo apenas encontrar-se ligeiramente desfasadas relativamente à tensão. Na sua saída é colocada uma resistência preparada para consumir uma potência de 2000 W, a potência do rectificador SM2000.

Nesta simulação, o conversor *boost* PFC, funciona no modo de controlo de corrente, de forma a modular a corrente de entrada e obter um elevado factor de potência. Deste modo, o diagrama de blocos de controlo da figura 3.12 foi implementado, com uma tensão de referência V^*_d igual a 400V e uma frequência de comutação f_s a 50 kHz.

No circuito da Figura 3.14, a tensão alternada sinusoidal de entrada (V_s) presumida ideal é rectificada na ponte de díodos. Um sensor de tensão é colocado através do condensador C_d e um controlador PI calcula o erro entre o valor de referência de 400 V e a tensão de saída medida. A forma de onda da corrente de referência ($I_L ref$) é obtida medindo o valor absoluto da tensão de entrada (V_s) e multiplicando-o pelo erro referido.

O estado de comutação do MOSFET é feito através do controlo de frequência constante graças ao controlador PI. Assim, f_s é mantida constante e a corrente na bobina (I_d) mantém-se próxima ao valor de referência ($I_L ref$).

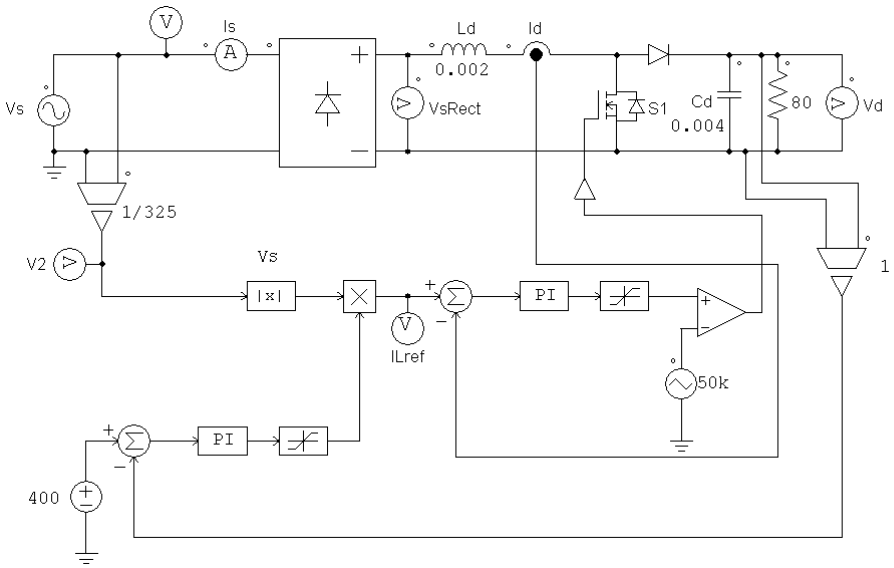
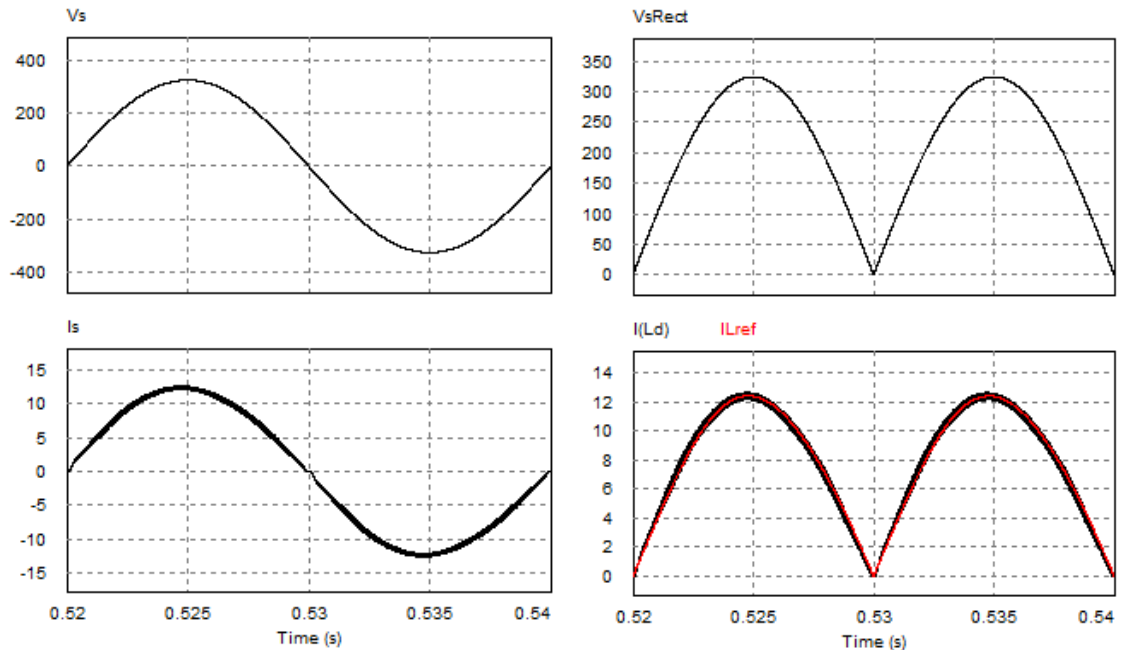


Figura 3.14 – Diagrama de blocos de simulação do conversor *boost* com *PFC* simulado.

Desta forma, é implementado o modo de controlo de corrente em condução contínua para o ciclo completo da tensão de entrada.

Os resultados desta simulação no PSIM estão apresentadas na figura 3.15 a) e b).



a) b)

Figura 3.15 – Formas de onda da: a) tensão de entrada (v_s) e corrente de entrada (i_s); b) tensão de entrada rectificada ($|v_s|$) e corrente na bobina (i_L) a preto e corrente de referência (i^*_L) a vermelho.

Do simulador PSIM foram retirados os valores de factor de potência entre a tensão e corrente de entrada (0.998), bem como a THD da corrente de entrada (3.243%).

A figura 3.16 a) e b) mostra as formas de onda da tensão de saída V_d em função da carga.

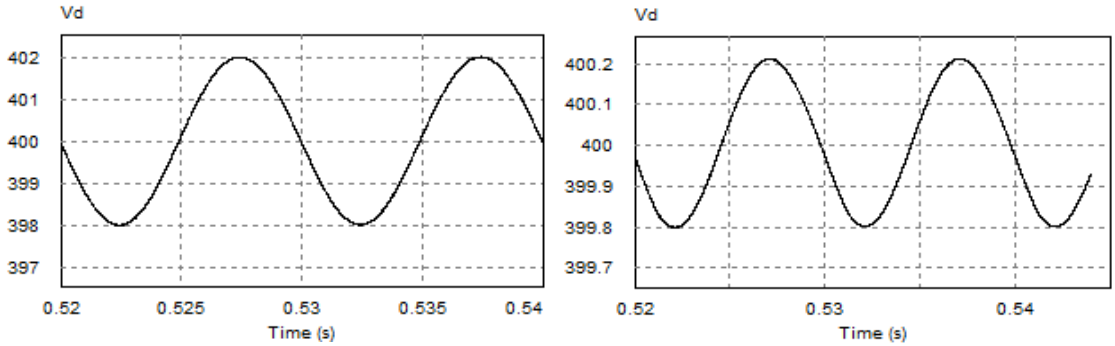


Figura 3.16 – Formas de onda da tensão de saída, V_d, com: a) carga a 10% e b) carga nominal.

Na segunda simulação do circuito, o circuito do conversor *boost* PFC pretende-se simular a desvantagem de certos equipamentos ligados a rede eléctrica a operarem como cargas não lineares, consumindo correntes não sinusoidais, e dessa forma "poluindo" a rede eléctrica com harmónicos.

Basicamente, na simulação da figura 3.21, é colocada em paralelo uma carga não linear típica, constituída por uma ponte rectificadora de díodos monofásica, um filtro capacitivo e uma carga resistiva, que unidos produzem uma corrente de entrada altamente distorcida, ilustrada na segunda forma de onda da figura 3.17 a).

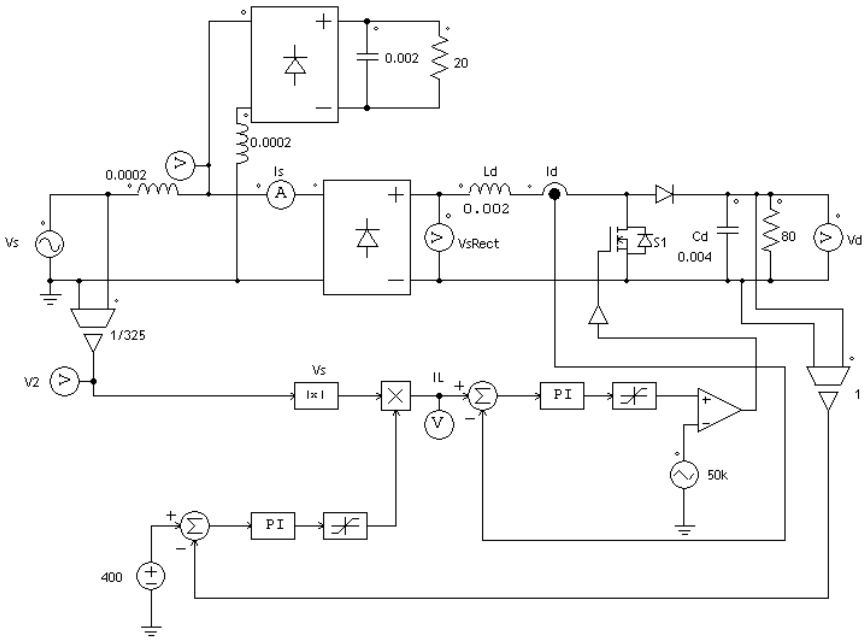
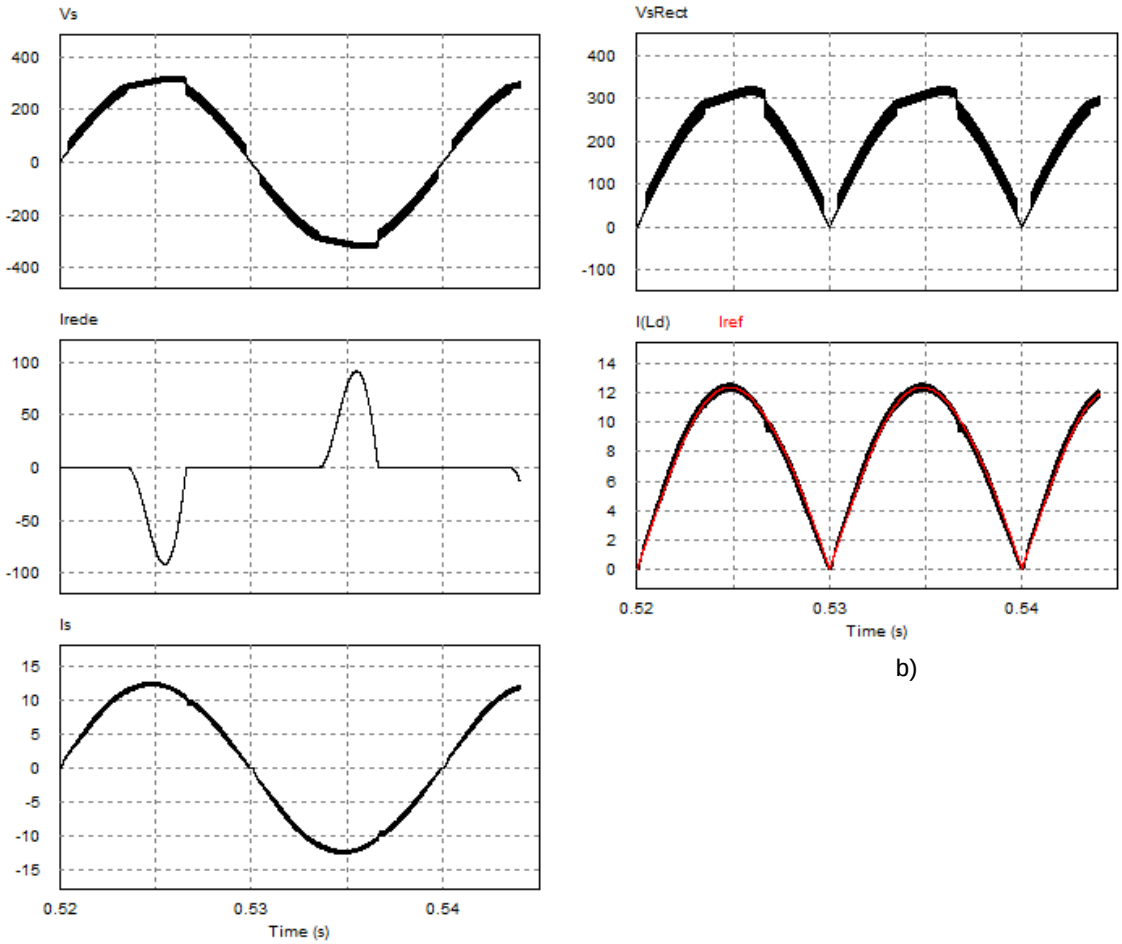


Figura 3.17 – Diagrama de blocos de simulação do conversor *boost com PFC* simulando a rede real.

Como se pode observar na figura 3.17 a), a corrente está longe de ser sinusoidal e, como consequência, a tensão de alimentação fica distorcida.

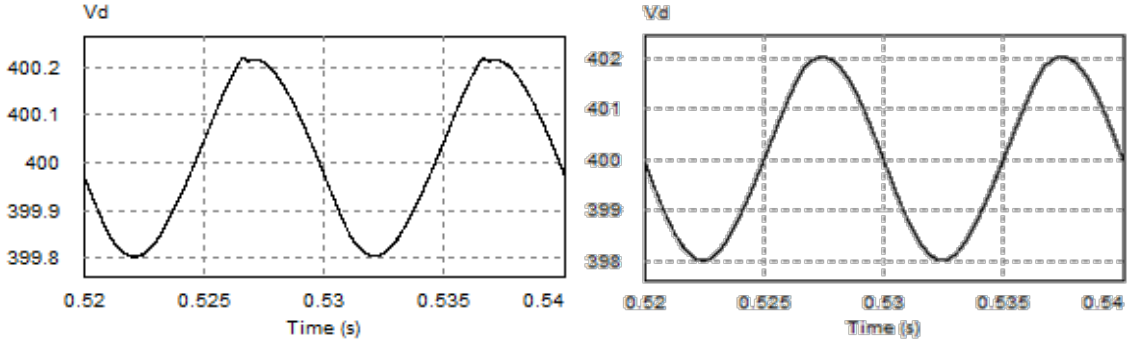


a) b)

Figura 3.18 – Formas de onda (com uma rede suposta real) da: a) tensão de entrada ($\mathbf{v_s}$), corrente da carga não linear ($\mathbf{i_{rede}}$) e corrente de entrada ($\mathbf{i_s}$); b) tensão de entrada rectificada ($|\mathbf{v_s}|$) e corrente na bobina ($\boldsymbol{i_L}$) a preto e corrente de referência ($\boldsymbol{i^*_L}$) a vermelho.

Do simulador PSIM foram retirados os valores de factor de potência entre a tensão e corrente de entrada (0.996), bem como o THD da corrente de entrada (3.141%).

A figura 3.19 a) e b) mostra as formas de onda da tensão de saída V_d em função da carga.



a) b)

Figura 3.19 – Formas de onda da tensão de saída, $\boldsymbol{V_d}$, com: a) carga a 10% e b) carga nominal.

3.4.1.6. Abordagem de um rectificador de dois estágios de conversão

O rectificador de dois estágios de conversão é frequentemente utilizado em equipamentos de alta potência onde manifesta uma atraente relação rendimento-custo.

Nesta abordagem existem dois estágios de potência independentes. O primeiro estágio é um conversor, onde é efectuada a correcção do factor de potência (PFC), apresentando tipicamente uma topologia do tipo *boost* ou *buck-boost*, é constituído por uma bobina, um semicondutor comandado, um díodo e um condensador.

Como já foi anteriormente referido, o primeiro conversor onde é executada a PFC força a corrente de entrada (i_s) a seguir a forma de onda da tensão de alimentação (v_s) de forma a alcançar um factor de potência unitário. Admitindo uma gama alargada, V_d é uma tensão contínua, que contém um baixo valor de segundo harmónico. Tipicamente, esta tensão à saída de um conversor *boost* ronda os 400 V(c.c.) numa gama de tensão de entrada c.a. entre 90 V(c.a.) e 265 V(c.a.).

O estágio de PFC estabelece à sua saída uma alta tensão c.c. com pouca regulação, que serve de tensão de entrada a um conversor convencional c.c./c.c., o segundo estágio de conversão, com uma tensão de saída já bem regulada. A saída do conversor c.c./c.c. é um estágio isolado desenvolvido com pelo menos um comutador, controlado por um PWM independente, provendo uma tensão de saída bem regulada, [22].

Uma solução natural para um conversor abaixador isolado seria o conversor *forward*, porém o seu baixo rendimento, a dificuldade no emprego de técnicas de comutação suave, importantes para evitar a propagação de interferência, e o mau aproveitamento do transformador não permitem sua aplicação para os actuais fins comerciais.

O conversor que atende às necessidades do projeto e que será empregado, como já mencionado, é o conversor em ponte completa. Este trata-se de uma topologia baseada em ressonância série.

A estrutura genérica do rectificador de dois estágios com PFC é ilustrada na figura 3.20.

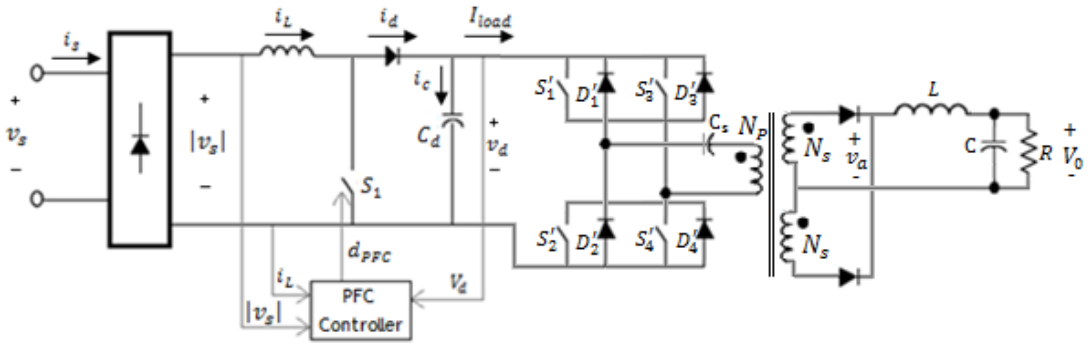


Figura 3.20 – Estrutura de um rectificador de dois estágios de conversão: conversor *boost* + conversor em ponte completa.

Neste tipo de aplicações, onde é necessário o isolamento eléctrico da tensão de saída, V_0, é frequentemente utilizado um transformador de alta frequência. O uso destes transformadores é conveniente para evitar, fornecidos os valores das tensões de entrada e de saída, o emprego de *duty-cycles* muito estreitos ou muito largos, [23].

3.4.1.7. Escolha e integração dos componentes numa unidade rectificadora

Uma boa escolha dos componentes é essencial para atingir um elevado nível de desempenho numa unidade rectificadora. A figura 3.21 mostra o interior de um módulo rectificador SM2000 e a sua PCB associada.

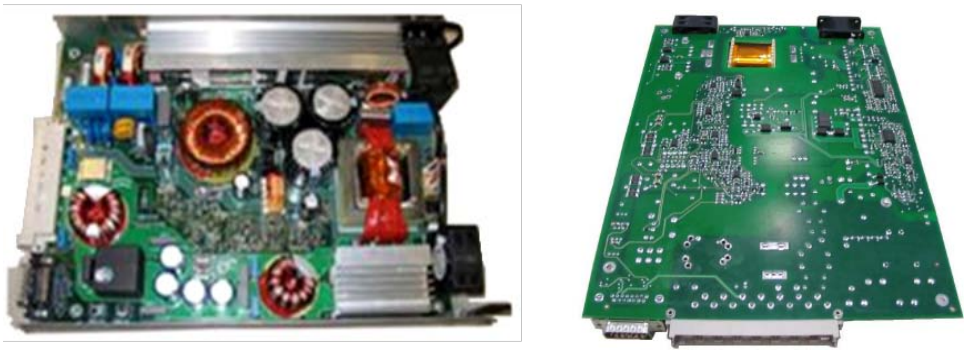


Figura 3.21 – Componentes do SM2000 e vista da sua PCB, [24].

Alguns dos componentes principais e mais dispendiosos são, sem dúvida, os semicondutores. Nos conversores de pequena potência são normalmente utilizados os MOSFETs, conseguindo-se assim um rendimento razoavelmente elevado mesmo com uma alta frequência de comutação. Nos de média potência, os IGBTs são invariavelmente usados devido à sua capacidade de operar numa ampla faixa de frequência de comutação para fazer um equilíbrio óptimo entre o circuito magnético, o tamanho dos componentes de filtragem e as perdas de comutação. Para aplicações de potência elevada, os GTOs são, em regra, utilizados com vantagens de comutação forçada e com capacidade de bloquear tensão reversa, [19].

Outro conjunto de componentes cruciais para um óptimo desempenho dos conversores c.a./c.c. são os elementos de armazenamento de energia, tais como bobinas, condensadores e outros dispositivos utilizados como filtros, circuitos de protecção e circuitos de ressonância. No caso particular da bobina na entrada do conversor *boost* onde se efectua a correcção do factor de potência (parte integrante da unidade rectificadora), um baixo valor desta possibilita que grandes *ripples* de comutação sejam injectados na corrente de alimentação, e um alto valor desta não permite que a corrente de entrada siga uma corrente de referência sinusoidal. Além disto, o correcto dimensionamento desta bobina é também importante para

evitar a sua saturação e reduzir perdas. Similarmente, um bom dimensionamento do condensador do conversor *boost* é crucial, uma vez que este afecta a resposta, o custo, a estabilidade, o tamanho e o rendimento do rectificador. Um baixo valor deste condensador resulta num grande *ripple* em regime estacionário e em grandes variações na tensão c.c. em condições transitórias. Ao invés, um valor elevado deste, reduz o *ripple* da tensão c.c. mas aumenta os custos, o tamanho e o peso.

Como já foi referido, no segundo estágio de conversão, é utilizado um transformador que funciona a altas frequências, onde factores como o peso, o tamanho e a razão de transformação são fundamentais. Neste sentido, existem tentativas para reduzir o seu tamanho e custo através de novas configurações. Os transformadores de alta frequência são também utilizados de modo a proporcionarem uma redução de perdas e um isolamento eficiente da tensão c.c. de saída. O uso de novos materiais magnéticos e de novas frequências de funcionamento destes transformadores tem desempenhado um papel revolucionário na tecnologia das unidades rectificadoras.

Concluindo, estes módulos rectificadores possuem ainda interfaces de comunicação para unidades de controlo e supervisão, como o miniPSM, aumentando a fiabilidade total do sistema.

3.5. Conclusões

Neste capítulo foi apresentado um equipamento sistema de alimentação de médio porte extremamente completo e de elevada qualidade, destinado a fornecer uma rápida regulação da tensão de saída contínua de uma forma fiável e ininterrupta, o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40 com miniPSM.

Assim sendo, foi analisado o seu princípio de funcionamento bem como a importância que a unidade de controlo e supervisão, o miniPSM, e os módulos rectificadores SM2000 de factor de potência unitário, usados para converter a tensão alternada de entrada disponibilizada pela rede eléctrica numa tensão contínua regulada e estável, têm neste equipamento.

Ilustraram-se, entre outros aspectos do rectificador SM2000, o modo de funcionamento de um conversor *boost PFC*, incluindo uma simulação no PSIM, que possibilitou entender melhor a modelação da corrente de entrada dos módulos rectificadores presentes no equipamento, de forma a obter um elevado factor de potência e uma baixa distorção harmónica total, assim como a necessidade da colocação de um filtro para atenuação de emissões conduzidas, injectadas na rede de energia eléctrica.

Posto isto, serão apresentados, nos seguintes capítulos, todos os requisitos e ensaios realizados ao nível de Segurança Eléctrica e de Compatibilidade Electromagnética, de forma a serem cumpridas as disposições legais presentes na Directivas 2006/95/CE e 2004/108/CE.

Capítulo 4

Segurança eléctrica

A norma EN 60950-1 (*Information Technology Equipment – Safety - Part 1: General requirements*), [13], cujo campo de aplicação se cinge à segurança de equipamentos ligados às tecnologias de informação, é uma norma bastante exigente usada em múltiplos equipamentos e em várias áreas. Esta norma aplica-se a equipamentos industriais eléctricos que não excedam os 600 V de tensão nominal.

Considerando a norma EN 60950-1 uma norma mais completa, foi usada como principal referência na avaliação da segurança no propósito da Marcação CE e na elaboração deste capítulo, sendo complementada pela EN 62040-1 para questões relacionadas com baterias.

A Marcação CE de um equipamento está condicionada ao cumprimento dos aspectos de segurança referentes à fase de projecto, produção e funcionamento do equipamento.

Neste contexto, ao longo deste capítulo serão abordadas algumas das questões fundamentais com que um responsável de Marcação CE de um equipamento se depara, no que respeita à conformidade dos equipamentos eléctricos com normas de segurança eléctrica. De facto, muito tempo e dinheiro são economizados por saber as exigências regulamentares em antecedência, e por desenvolver um plano de teste do equipamento que abranja o que necessitamos.

É importante, no entanto, compreender que o cumprimento da norma de segurança não é uma garantia absoluta de que um determinado equipamento é seguro. A norma de segurança representa apenas a opinião actual da engenharia de como um equipamento pode ser demonstrado "seguro", no âmbito da produção de equipamentos a um custo moderado.

Esta abordagem à norma EN 60950-1 incide nos requisitos essenciais e nos pontos onde esta é aplicável ao equipamento em análise, o EFAPOWER CIB S 48v / 8x40A com miniPSM. Contudo, seguidamente, irão constar apenas os pontos mais relevantes e os resultados obtidos da análise ao equipamento, onde por motivos de coerência e facilidade de acesso à norma de segurança aplicável, será identificada a numeração sugerida pela mesma. O Dossier Técnico de Construção, que contempla todos os pontos em falta, encontra-se no APÊNDICE A.

4.1. Conformidade com a norma EN 60950-1

Dada a importância dos equipamentos eléctricos ou electrónicos na sociedade actual, é fundamental que um responsável de Marcação CE entenda os princípios subjacentes aos requisitos de segurança de forma a conseguir desenvolver equipamentos seguros.

Os princípios básicos de segurança expõem as ideias fundamentais nas quais as normas de segurança de produto são baseadas. Quando um equipamento envolve tecnologias, materiais ou métodos de construção não especificados, o projecto desse equipamento deve cumprir um nível de segurança não inferior ao descrito nos princípios de segurança desta norma.

O responsável de Marcação CE de um equipamento deve ter em consideração não apenas as condições normais de funcionamento do equipamento como também as condições de defeito, a utilização indevida do equipamento e as influências externas, como a temperatura, a altitude, a poluição e as sobretensões da rede de alimentação e da distribuição.

A aplicação desta norma de segurança contribui para a minimização dos danos materiais, ferimentos e risco de morte, provocados por alguns dos perigos a seguir enumerados[5]:

- Choque eléctrico
- Perigos energéticos
- Fogo
- Perigos caloríficos
- Perigos mecânicos
- Perigos de radiação
- Perigos químicos

A norma EN 60950-1, tratando-se de uma norma bastante exigente usada em múltiplos equipamentos e nas mais diversas áreas, é aplicável a equipamentos de tecnologia de informação, que não excedam os 600 V de tensão nominal, como por exemplo:

- Equipamentos utilizados em terminais e em redes de telecomunicações;
- Equipamentos ligados directamente ou usados como equipamentos da infra-estrutura de sistemas de transmissão de vídeo e áudio;
- Peças integrantes de um equipamento de tecnologia de informação, como componentes e subconjuntos.

Com a aplicação desta norma, não é expectável que todos os componentes e subconjuntos cumpram todos os aspectos desta norma. Contudo, o equipamento onde estão incorporados tem necessariamente de cumprir.

[5] Estes perigos encontram-se explicados em detalhe no APÊNDICE A desta dissertação.

4.1.1. Interface de potência

4.1.1.1. Classificação dos sistemas de distribuição de energia

Secção 1.6.1 da Norma EN60950-1. Os sistemas de distribuição de energia podem ser classificados como TN, TT, e IT dependendo dos regimes de exploração do neutro da instalação.

No **regime TN**, o neutro da alimentação é directamente ligado à terra de serviço e as massas são directamente ligadas ao neutro, através de um condutor próprio (PEN ou PE). No regime TN- C, figura 4.1 a), o condutor neutro e o condutor de protecção convergem num condutor (PEN); no regime TN-S, figura 4.1 b), o condutor neutro e o condutor de terra são separados.

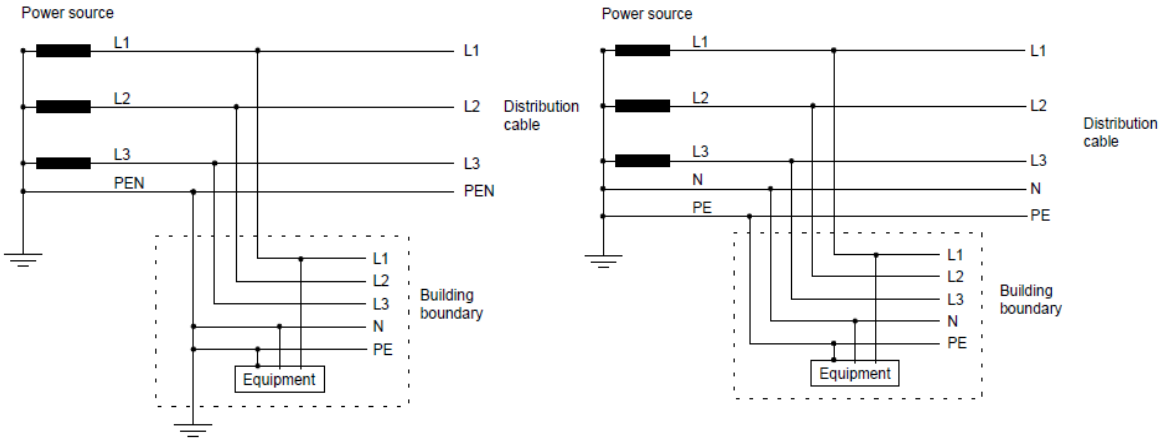


Figura 4.1- Exemplo de um sistema de distribuição de energia: a) TN-C trifásico com condutor N e PE comuns; TN-S trifásico com condutor N e PE separados.

O **regime TT**, figura 4.2, é caracterizado por ter o neutro da alimentação de energia ligado à terra de serviço e as terras da instalação ligadas a um terminal eléctrico de terra (terra de protecção), que é diferente do ponto de terra de serviço.

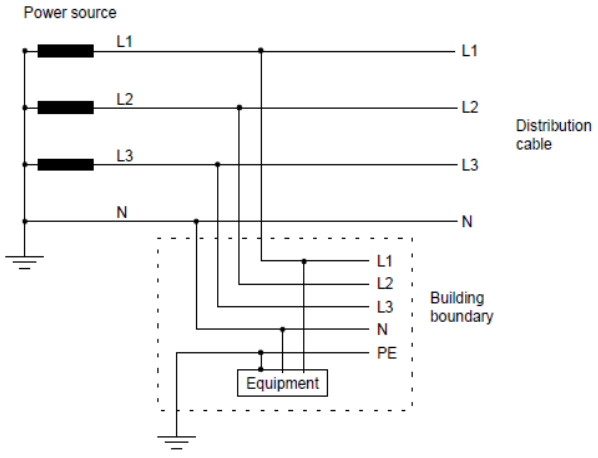


Figura 4.2 - Exemplo de um sistema de distribuição de energia TT trifásico com neutro.

No **regime IT**, figura 4.3, regime de neutro isolado ou impedante, o ponto de neutro não está ligado à terra (está isolado) ou é ligado à terra de serviço por uma impedância e as massas são directamente ligadas à terra de protecção.

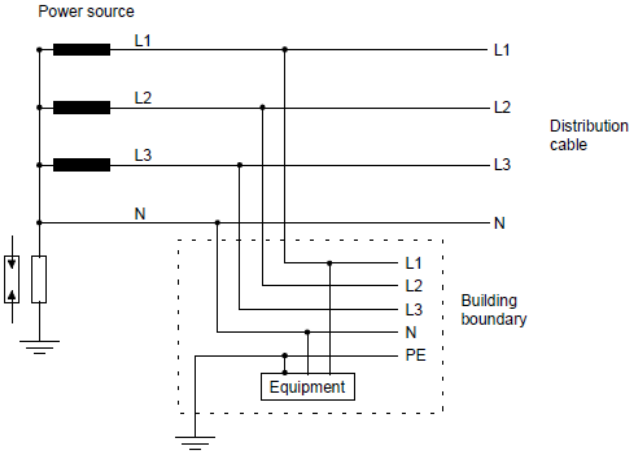


Figura 4.3 - Exemplo de um sistema de distribuição de energia IT trifásico com neutro.

4.1.1.2. Corrente de entrada

Secção 1.6.2 da Norma EN60950-1. Em regime permanente, a corrente de entrada do equipamento não deve exceder a sua corrente nominal mais do que 10% num regime de carga normal. O cumprimento deste ponto é avaliado medindo a corrente de entrada do equipamento em regime de carga normal sob as condições deste ponto da norma.

A corrente de alimentação em regime permanente é limitada pelo facto do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM fazer limitação de corrente de saída à medida que diminui a tensão de saída, também designado por *foldback*, figura 4.4, e assim reduzir a dissipação de potência na carga.

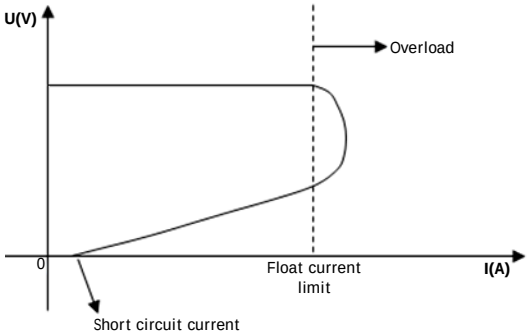


Figura 4.4 - Gráfico representativo da característica *foldback* num equipamento CIB S.

Em muitos casos esta característica é também utilizada para limitar o *stress* térmico nos componentes internos do equipamento.

Desta forma, a corrente de entrada do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, em funcionamento normal, nunca excede o valor nominal em mais de 10%, como é imposto neste ponto da norma.

4.1.2. Marcação e instruções

4.1.2.1. Placa de características

Secção 1.7.1 da Norma EN60950-1. Um equipamento que se destina a ser ligado a um sistema de distribuição de energia deve ser disponibilizado com uma placa de características bem visível e instalada numa área de acesso ao operador. Esta placa deve incluir as seguintes informações:

- Tensão nominal ou gama de tensões, em volts;
- Frequência nominal ou gama de frequência, em hertz;
- Corrente nominal, em miliamperes ou amperes;
- Nome, logótipo ou identificação do fabricante;
- Identificação do modelo ou referência do fabricante.

Marcas adicionais são permitidas desde que não conduzam a más interpretações. Quando usados símbolos, estes devem de estar de acordo com as normas ISO 7000 ou EN 60417.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, a placa de características é visível na sua parte lateral. Esta inclui, como é possível observar na figura 4.5, as seguintes informações:

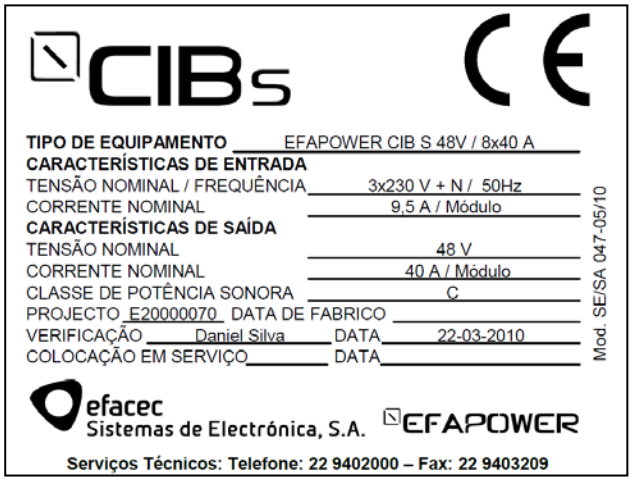


Figura 4.5 - Placa de características do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.1.2.2. Instruções de segurança e marcação

Secção 1.7.2 da Norma EN60950-1. As especificações sobre as condições para a instalação, operação e manutenção do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM devem ser disponibilizadas ao utilizador por um **Manual do Utilizador**. Este especifica ainda as precauções a tomar para evitar a introdução de perigos aquando do funcionamento do equipamento e transporte, e será incluído no dossier final, entregue ao cliente com todas as especificações técnicas do equipamento.

Os documentos acima referidos contêm também chamadas de atenção sobre as precauções especiais a ter na ligação das baterias e na interligação entre várias unidades.

4.1.2.3. Identificação de fusíveis

Secção 1.7.6 da Norma EN60950-1. A marcação deve estar localizada adjacente aos fusíveis, fornecendo a informação sobre o seu calibre. Quando existem fusíveis com características especiais como tempo de atraso e capacidade de corte necessária, o seu tipo deve ser também indicado.

Para fusíveis localizados em zonas de acesso ao operador, figura 4.6, é permitida a indicação da sua referência (por exemplo, F1, F2, etc.).



Figura 4.6 - Fusíveis (descarregadores de sobretensões) e respectiva numeração.

4.1.2.4. Terminais de ligação

4.1.2.4.1. Terminais para ligação do condutor de protecção

Secção 1.7.7.1 da Norma EN60950-1. O terminal para ligação do condutor de protecção associado aos cabos de alimentação, indicado pelo símbolo apropriado definido na norma IEC 60417-5019 (DB-2002-10), figura4.7, não deve ser colocado em parafusos ou em outras peças que possam ser removíveis quando os conectores estão a ser ligados. Este símbolo é também usado em subconjuntos e não servirá para outros terminais do condutor de protecção.



Figura 4.7 - Símbolo 5019 da norma EN 60417.

4.1.2.4.2. Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.a.

Secção 1.7.7.2 da Norma EN60950-1. Para equipamentos permanentemente ligados à alimentação c.a., os terminais para ligação do condutor neutro da alimentação c.a., se existirem, devem ser indicados pela letra maiúscula N, figura 4.8.

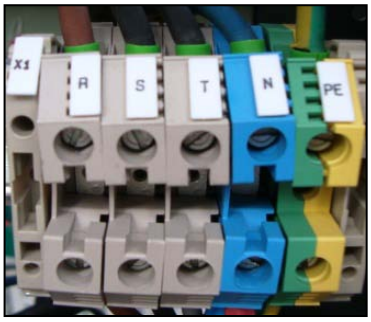


Figura 4.8 - Terminal de ligação ao condutor de neutro da alimentação c.a.

4.1.2.4.3. Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.c.

Secção 1.7.7.3 da Norma EN60950-1. Os terminais destinados exclusivamente para ligação de fontes de alimentação c.c. devem ser identificados com a devida polaridade.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, como é possível observar na figura 4.9, os terminais de ligação das baterias estão de acordo com este ponto da norma.



Figura 4.9 - Terminais de ligação ao condutor da alimentação c.c.

4.1.2.5. Controlos e indicadores

4.1.2.5.1. Identificação, localização e marcação

Secção 1.7.8.1 da Norma EN60950-1. Excepto quando é evidentemente desnecessário, indicadores, comutadores, interruptores e outros controlos afectos à segurança, devem ser identificados ou localizados de forma a indicar claramente a sua função.

A marcação e identificação usadas devem ser compreensíveis sem que seja necessário o conhecimento de outras línguas, normas nacionais, etc.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, todos os controlos afectos à segurança encontram-se bem identificados na parte frontal do equipamento.

4.1.2.5.2. Símbolos

Secção 1.7.8.3 da Norma EN60950-1. Sempre que possível, os indicadores e os controlos devem ser identificados com símbolos reconhecidos internacionalmente, de modo que a sua função possa ser entendida sem a utilização de uma linguagem específica. Quando são usados símbolos situados perto de controlos de modo a indicar condições "ON" e "OFF", estas devem ser uma linha | para "ON" e uma circunferência ○ para "OFF", de acordo com as normas EN 60417-5007 (DB:2002-10) e EN 60417-5008 (DB:2002-10).

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, a marcação sobre o contactor fim de descarga das baterias, figura 4.10, está de acordo com estes requisitos.



Figura 4.10 - Contactor de fim de descarga das baterias.

4.1.2.6. Durabilidade

Secção 1.7.11 da Norma EN60950-1. Todas as marcações mencionadas, por comprometerem segurança, devem ser duráveis, legíveis e indeléveis, tendo sempre em consideração o efeito do uso normal do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.1.2.7. Baterias (não incluído na norma EN 60950-1)

Secção 4.7.20 da Norma EN62040-1. A norma EN 60950-1 não menciona cuidados especiais na marcação e instruções relativamente a baterias. No entanto, uma vez que o equipamento se encontra conectado a estas, adoptaram-se os princípios da EN 62040-1.

As instruções para ligação das baterias e uma etiqueta são fornecidas no Manual do Utilizador do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

O armário de baterias deve conter, no mínimo, uma etiqueta, figura 4.11, com a seguinte informação claramente legível ao operador:

- Tipo de bateria (por exemplo, ácidas seladas) e número de baterias em blocos ou elementos;
- Tensão nominal total da bateria;
- Capacidade nominal total da bateria;
- Uma etiqueta avisadora de perigo energético e perigo químico e referência ao manual de instruções sobre manutenção e manuseamento.

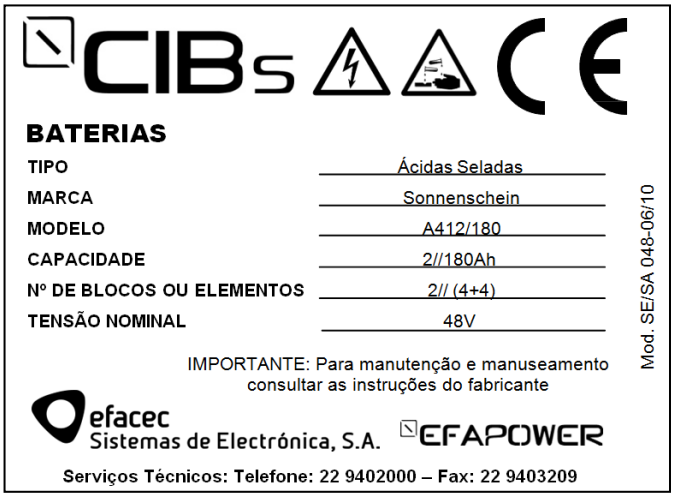


Figura 4.11 - Marcação e instruções relativas às baterias no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

As instruções para ligação das baterias são fornecidas no Manual do Utilizador do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.2. Protecção contra perigos

4.2.1. Protecção contra choques eléctricos e perigos energéticos

Secção 2.1.1 da Norma EN60950-1. Nesta subclasse particularizam-se os requisitos essenciais para protecção contra choques eléctricos de peças com tensão onde o utilizador tem acesso: peças desprotegidas dos circuitos SELV, desprotegidas dos circuitos limitadores de corrente e circuitos TNV.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, o operador apenas tem acesso ao painel de comandos pelo que os únicos pontos activos a que tem acesso estão num circuito SELV.

4.2.1.1. Acesso a peças com tensão

Secção 2.1.1.1 da Norma EN60950-1. O equipamento deve ser construído de tal forma que em condições normais de funcionamento e nas áreas de acesso ao operador, exista protecção adequada contra o contacto com:

- Peças desprotegidas a tensões perigosas;
- Isolamento sólido que proporciona isolamento funcional ou isolamento básico de peças ou cablagem a tensões perigosas;

As partes internas do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM que necessitem de ter acesso por pessoal de serviço, não têm tensões superiores a 60 V (c.c.).

A protecção é conseguida por prevenção, por isolamento ou por travamentos. O cumprimento destes requisitos é avaliado aplicando os testes (por inspecção, *test finger*, *test pin*, *test probe*) descritos neste ponto da norma.

4.2.1.2. Perigos energéticos

Secção 2.1.1.5 da Norma EN60950-1. Numa área de acesso ao operador não deve existir risco de lesão devido a perigo energético. Este ocorre quando duas ou mais peças desprotegidas, entre as quais existe um nível de energia perigoso, são ligadas por intermédio de um objecto metálico. O cumprimento deste requisito é avaliado aplicando os testes descritos neste ponto da norma.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, nas áreas acessíveis ao operador, não existe qualquer perigo energético.

4.2.1.3. Protecção em áreas de serviço

Secção 2.1.2 da Norma EN60950-1. Nas áreas de serviço, as peças desprotegidas a tensões perigosas devem estar localizadas ou acondicionadas de tal forma que:

- Um contacto não intencional com essas peças seja improvável durante uma operação de serviço envolvendo outra parte do equipamento;

- Um curto-circuito acidental num circuito SELV (por exemplo, pelo uso de ferramentas de teste usadas pela pessoa de serviço) seja improvável;
- Uma ligação não intencional de materiais condutores seja improvável durante operações de serviço envolvendo outras peças do equipamento.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, não é expectável a ocorrência, nas áreas de serviço, de perigos descritos neste ponto da norma.

4.2.2. Circuitos SELV

4.2.2.1. Requisitos gerais

Secção 2.2.1 da Norma EN60950-1. A segurança de um circuito SELV é assegurada por uma extra-baixa tensão, um reduzido risco de contacto acidental com tensões altas e inexistência de um caminho de retorno pela terra por onde a corrente poderia seguir em caso de contacto com o corpo humano.

Os circuitos SELV devem apresentar, por isso, tensões que são seguras no contacto em condições normais de funcionamento e após a ocorrência de um defeito.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM todos os seus circuitos internos, excepto os do primário, enquadram-se na definição de SELV.

4.2.2.2. Tensões em condições normais

Secção 2.2.2 da Norma EN60950-1. Em condições normais de funcionamento, um circuito SELV ou circuitos SELV interligados, a tensão entre quaisquer dois condutores, e entre um condutor e a terra, não deve exceder os 42,4 V de pico ou os 60 V(c.c.).

4.2.2.3. Tensões em condições de defeito

Secção 2.2.3 da Norma EN60950-1. Em caso de um defeito no isolamento, a tensão entre quaisquer dois condutores de um circuito SELV ou circuitos SELV interligados, e entre um condutor e a terra, não deve exceder os 42,4 V de pico ou os 60 V(c.c.), durante mais de 200 ms. Durante o defeito a tensão não deve exceder 71 V pico ou 120 V(c.c.).

4.2.2.4. Ligação de circuitos SELV a outros circuitos

Secção 2.2.4 da Norma EN60950-1. A ligação de um circuito SELV a outros circuitos é permitida quando são cumpridas as condições dos pontos 2.2.2 e 2.2.3 da norma.

Se um circuito SELV é alimentado por um circuito secundário que está separado de um circuito a tensão perigosa por duplo isolamento, isolamento reforçado ou isolamento básico, considera-se o circuito SELV isolado do circuito a tensões perigosas.

Se um circuito SELV deriva de um circuito secundário a tensão perigosa e este está separado de um circuito primário com duplo isolamento ou isolamento reforçado, o circuito SELV deve respeitar os limites impostos no ponto 2.2.3 da norma em condições de defeito.

4.2.3. Provisões para terras

4.2.3.1. Terra de protecção

Secção 2.6.1 da Norma EN60950-1. As seguintes peças do equipamento devem ser ligadas, com segurança, ao terminal da terra de protecção do equipamento:

- Peças condutoras acessíveis que possam assumir tensões perigosas na ocorrência de um defeito;
- Circuitos e componentes que possam não assumir tensões perigosas na ocorrência de um defeito, mas tem de ser ligados à terra de modo a reduzir transitórios que afectem o isolamento;
- Circuitos SELV que necessitem de ser ligados à terra de modo a reduzir ou eliminar correntes de fugas.

Numa área de serviço, onde as peças condutoras podem assumir tensões perigosas no caso de ocorrência um defeito, estas devem ser ligadas ao terminal da terra de protecção, ou se não for possível, uma marcação apropriada deve indicar à pessoa de serviço que essa parte não se encontra ligada à terra, devendo ser verificada antes de ser tocada.

Todas as partes metálicas acessíveis e componentes que necessitam de protecção estão ligadas, de modo fiável, a um terminal de terra de protecção contido no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, como indica a figura 4.12.

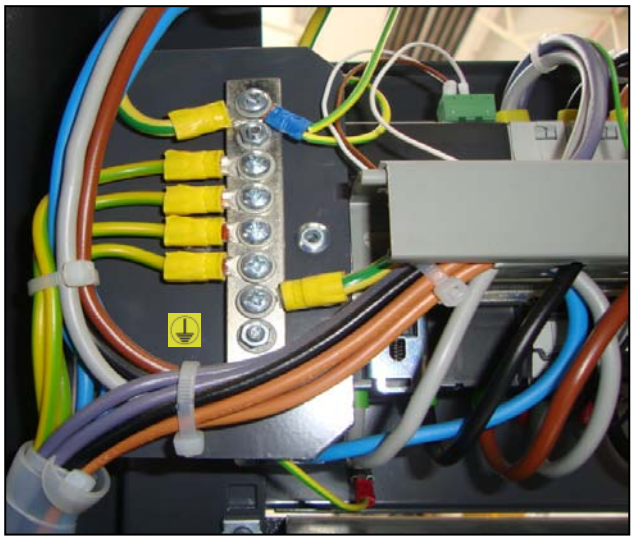


Figura 4.12 - Barramento de terra de protecção.

4.2.3.2. Condutores de terra de protecção

4.2.3.2.1. Tamanho do condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento

Secção 2.6.3.2 da Norma EN60950-1. O condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento deve cumprir com os tamanhos especificados na *Tabela 3B do ponto 3.2.5* da norma.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM a secção condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento é de 6 mm^2.

4.2.3.2.2. Tamanhos dos condutores de terra de protecção

Secção 2.6.3.3 da Norma EN60950-1. O dimensionamento dos condutores de terra de protecção deve ser realizado de acordo com a *Tabela 2D* da norma.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM compreende as seguintes secções dos condutores de terra de protecção: 0,75 mm^2, 1,00 mm^2, 1,25 mm^2 e 4 mm^2.

4.2.3.2.3. Resistência dos condutores de terra de protecção e respectivos terminais

Secção 2.6.3.4 da Norma EN60950-1. Os condutores de terra de protecção e os respectivos terminais não devem ter resistência excessiva, considerando-se que o condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento já cumpre com este requisito sem necessidade de se efectuar um teste.

4.2.3.2.4. Cor de isolamento

Secção 2.6.3.5 da Norma EN60950-1. A cor do isolamento nos condutores de terra de protecção é verde/amarelo.

4.2.3.2.5. Retirar terras de protecção

Secção 2.6.5.3 da Norma EN60950-1. A ligação dos condutores de terra de protecção aos diferentes subconjuntos do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM deve ser feita de tal forma que ao retirar uma terra de protecção num ponto do equipamento não se quebre a protecção de outras peças.

4.2.3.2.6. Peças removidas em operações de serviço

Secção 2.6.5.5 da Norma EN60950-1. As ligações à terra de protecção no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não se devem desfazer para operações de serviço.

4.2.3.2.7. Resistência à corrosão

Secção 2.6.5.6 da Norma EN60950-1. A resistência à corrosão das peças condutoras nos terminais de ligação dos condutores de terra de protecção não deve ser sujeita a degradação significativa devido a acções electroquímicas em qualquer ambiente de funcionamento,

transporte ou armazenamento. A corrosão devido a efeitos electroquímicos entre dois metais diferentes que estão em contacto é minimizada se o potencial electroquímico combinado for inferior a 0,6 V.

Como tal, as combinações de metais acima da linha da *Tabela 1 do Anexo J* da norma foram evitadas.

4.2.4. Protecção contra sobreintensidade e defeitos à terra em circuitos primários

4.2.4.1. Requisitos básicos

Secção 2.7.1 da Norma EN60950-1. Em circuitos primários, protecções contra sobreintensidades, curto-circuitos e defeitos à terra devem existir quer como parte intrínseca ao equipamento ou como parte do local de instalação do equipamento.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estabelece-se como norma a colocação no circuito primário de disjuntores unipolares para cada fase e entrada dos módulos rectificadores, bem como descarregadores de sobretensões. Os módulos funcionais possuem também a sua própria protecção.

Nos circuitos auxiliares, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui disjuntores para distribuição e baterias, fusíveis para protecção dos vários circuitos internos e um contactor de fim de descarga das baterias.

4.2.4.2. Número e localização dos aparelhos de protecção

Secção 2.7.4 da Norma EN60950-1. Os sistemas ou aparelhos de protecção nos circuitos primários devem ser em número suficiente de forma a detectar e a interromper fluxos de sobreintensidades em quaisquer caminhos possíveis das correntes de defeito (por exemplo, fase-fase, fase-neutro, fase-condutor terra de protecção).

A escolha das protecções (disjuntores ou fusíveis) a colocar a montante do CIB S deve ter em conta a corrente nominal da linha a ser protegida, o poder de corte a utilizar, bem como o dossier eléctrico.

No caso de utilização de disjuntores, é recomendável o uso de curva C (10In) para o seu dimensionamento.

Nenhuma protecção é requerida contra defeitos à terra nos equipamentos que não possuam ligação à terra, ou possuam isolamento duplo ou isolamento reforçado entre o circuito primário e todas as peças ligadas à terra.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM existem, localizados na parte frontal do equipamento: três disjuntores de entrada dos módulos rectificadores (Q1 a Q3), onze disjuntores de distribuição (Q25 a Q35), três disjuntores das baterias (Q50 a Q52) e quatro descarregadores de sobretensões (F1 a F4), figura 4.13.

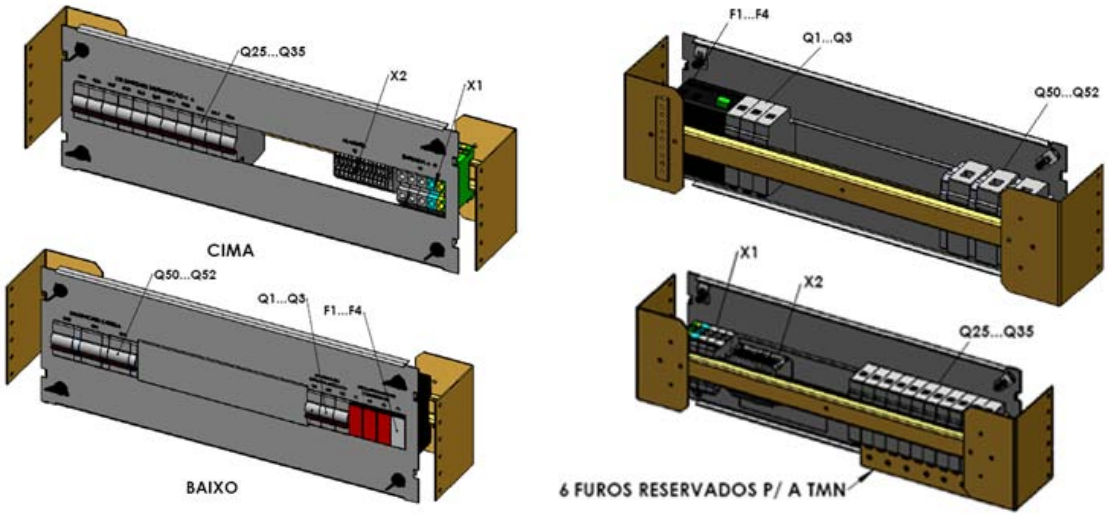


Figura 4.13 – Representação dos dispositivos de protecção.

4.2.5. Isolamento eléctrico

4.2.5.1. Propriedades de materiais isolantes

Secção 2.9.1 da Norma EN60950-1. A escolha e aplicação do tipo de materiais isolantes devem ter em conta requisitos eléctricos, esforços térmicos e mecânicos, frequência à tensão nominal de funcionamento e ainda características do ambiente de funcionamento (como a temperatura, a pressão, a humidade e a poluição).

4.2.5.2. Grau de isolamento

Secção 2.9.3 da Norma EN60950-1. A segurança do operador em circuitos eléctricos depende do isolamento destes. A norma impõe um sistema redundante com pelo menos dois níveis de protecção sob o pressuposto de que qualquer um destes níveis, individualmente, pode falhar.

Os requisitos gerais são de que um único nível de isolamento é aceitável se o circuito não for acessível. Porém, em locais onde há acesso a componentes, estes devem ser isolados de tensões perigosas por um sistema de duplo nível. Como exemplo, tem-se que um nível de protecção pode ser a terra de protecção fornecida por um invólucro condutor aterrado.

O tipo de isolamento pode ser classificado como, figura 4.14, [28]:

- **Isolamento funcional** – isolamento entre partes condutoras com potencial diferente que é necessário para o funcionamento do equipamento.
- **Isolamento básico** – isolamento aplicado a partes activas (parte condutora submetida a uma tensão) para protecção contra o choque eléctrico.
- **Isolamento suplementar** – isolamento independente aplicado adicionalmente ao isolamento básico de modo a fornecer protecção contra o choque eléctrico no caso de falha do isolamento básico.
- **Isolamento duplo** – isolamento básico + isolamento suplementar.

- **Isolamento reforçado** – isolamento único aplicado a partes activas, fornecendo um grau e protecção equivalente ao isolamento duplo.

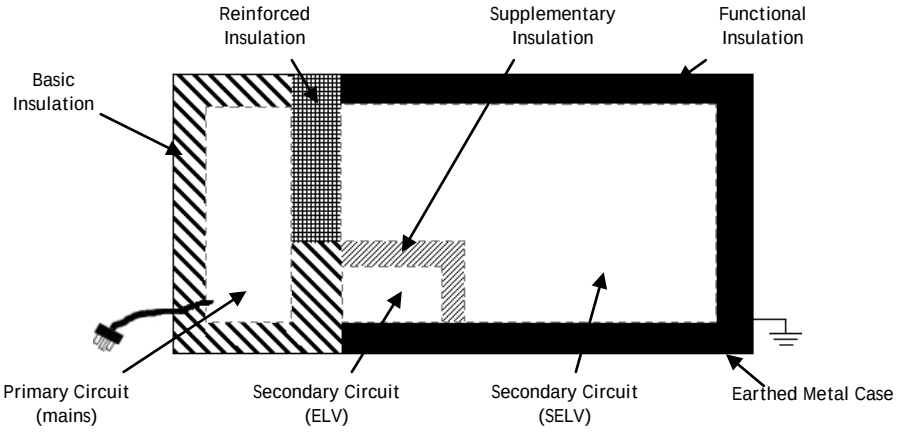


Figura 4.14 – Tipos de isolamento num equipamento.

Também são usadas categorias para definir diferentes circuitos e o tipo de protecção necessária para cada um deles, tais como:

- **Classe I –** equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento básico, mas inclui uma protecção adicional em que todas as partes condutoras acessíveis estão ligadas ao circuito de terra de protecção.
- **Classe II –** equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento básico, mas inclui uma protecção adicional, como a existência de isolamento duplo ou de isolamento reforçado.
- **Classe III –** equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico depende da alimentação a partir de uma tensão baixa de segurança (designada na literatura inglesa como *Safety Extra-Low Voltage* (SELV)) no qual não são geradas tensões maiores que SELV e, portanto, necessita apenas de isolamento funcional.

O processo para a definição dos requisitos de isolamento começa com a identificação de cada circuito dentro de um sistema ou equipamento de acordo com as categorias descritas na norma (ELV, SELV, TNV, etc.). Feito este reconhecimento, o tipo de isolamento apropriado e o número de níveis podem ser definidos para uso entre blocos, e entre os componentes internos e o utilizador. Um exemplo simples de requisitos de isolamento para uma fonte de alimentação é mostrado na figura 4.15, onde se verifica que devem existir sempre dois níveis de protecção entre uma tensão perigosa (à esquerda) e componentes acessíveis ao utilizador (à direita).

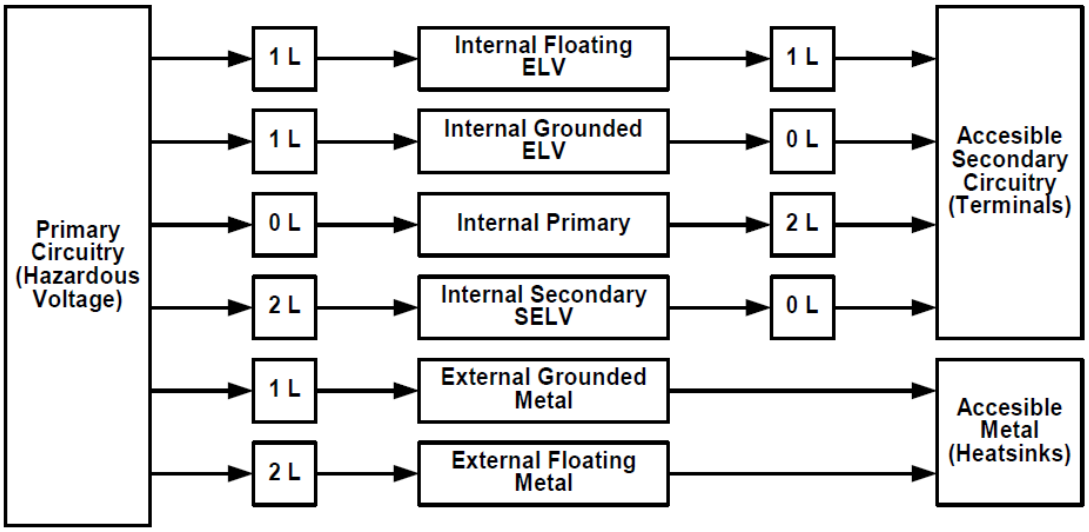


Figura 4.15 - Requisitos de isolamento para uma fonte de alimentação, [25].

Por exemplo, o caminho através de um circuito ELV deve ter dois níveis de isolamento, e pelo menos um destes deve ser entre o circuito ELV e o utilizador, uma vez que este circuito pode tornar-se inseguro no caso da ocorrência de um defeito. No entanto, se o circuito ELV tem protecção através da terra do sistema (assegurando um nível de isolamento), então apenas um nível adicional é necessário. Similarmente, partes externas de metal (tipicamente os invólucros dos equipamentos), devem isolar o utilizador de tensões perigosas com dois níveis de protecção, a menos que um nível seja assegurado ligando o metal à terra de protecção do equipamento.

A aplicação do isolamento nas mais diversas situações é descrito na *Tabela 2H* e ilustrado na figura 2H deste ponto da norma. Os testes de isolamento são referidos no ponto 5.2.

Os diferentes materiais isolantes utilizados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM assim como o grau de isolamento dos mesmos estão de acordo estes requisitos descritos na norma.

4.2.6. Distâncias no ar (*clearance*), ao longo de uma superfície (*creepage*) e através do isolamento

4.2.6.1. Graus de poluição

Secção 2.10.1.2 da Norma EN60950-1. O grau de poluição é uma medida da quantidade depositada de sujidade e detritos que um equipamento eléctrico sofre ao longo do tempo. O nível do grau de poluição influencia directamente a distância mínima que deverá existir entre duas partes condutoras.

A utilização do ar como um meio de isolamento introduz preocupações, tanto ao nível da "qualidade" do ar, como ao nível das distâncias entre componentes condutores. O potencial de condução através do ar é influenciado pela temperatura, pressão, humidade e poluição, sendo que a poluição, pode ser definida em graus, de acordo com o ambiente operacional:

- **Grau de poluição 1** - aplicável quando não existe poluição ou quando a poluição é não condutora, não tendo a poluição não tem qualquer influência no equipamento.
- **Grau de poluição 2** - aplicável apenas quando existe poluição não condutora que pode tornar-se temporariamente condutora devido a condensação ocasional. Este é o grau normalmente aplicado para os equipamentos abrangidos por esta norma e também ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.
- **Grau de poluição 3** - aplicável quando o local onde se encontra o equipamento é sujeito a poluição condutora.

4.2.6.2. Tensão de funcionamento

Secção 2.10.2.1 da Norma EN60950-1. O meio de isolamento pode ser um material sólido (por exemplo, plástico) ou ar (como o espaço entre os componentes), e os requisitos de ambos são afectados pela tensão de funcionamento através do meio de isolamento.

A tensão de funcionamento é a maior tensão para que o isolamento em causa pode ser submetido quando o equipamento está a operar à tensão nominal e em condições normais de funcionamento. Quando esta tensão é medida, é importante medir o seu pico, bem como o seu valor eficaz (rms): o valor de pico é usado para determinar a distância no ar, enquanto o valor eficaz é utilizado para calcular a distância ao longo de uma superfície.

A distância de espaçamento entre os componentes que são necessários para suportar uma determinada tensão de funcionamento é especificada em termos de *clearance* e *creepage*. A figura 4.16 apresenta uma representação visual da distinção entre esses termos, e sua aplicabilidade na placa de circuitos integrados.

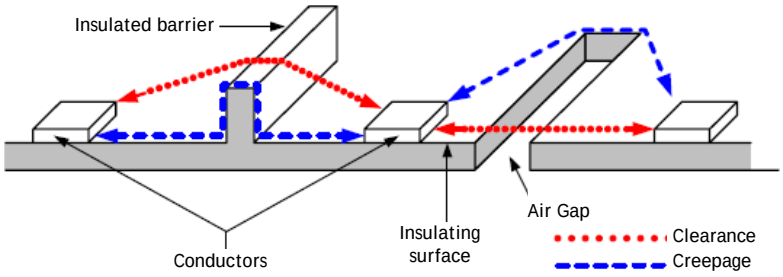


Figura 4.16 - Definições de *clearance* e *creepage*.

4.2.6.3. Distâncias no ar

Secção 2.10.3.1 da Norma EN60950-1. A distância no ar, *clearance*, é definida como a menor distância entre dois elementos condutores (ou entre um elemento condutor e a superfície delimitadora do equipamento), medida no ar, figura 4.17. A quebra de isolamento ao longo de uma distância no ar é um fenómeno rápido onde os danos podem ser causados por impulsos de curta duração, [26].

Esta distância deve ser dimensionada de tal forma que as sobretensões, incluindo transitórios e picos de tensão gerados no equipamento, não a quebrem. Desta forma, é usado o máximo valor de pico da tensão para determinar a *clearance* de acordo com as tabelas disponibilizadas na norma.

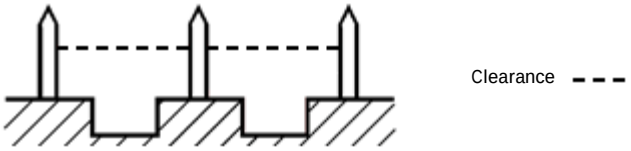


Figura 4.17 - Exemplo de *clearance*.

É possível decompor as sobretensões consoante a sua categoria. As categorias de sobretensões têm a ver com o aparecimento de sobretensões no equipamento provocadas por descargas atmosféricas ou comutação de aparelhos na rede eléctrica e dependem da localização do equipamento na rede eléctrica:

- **Categoria IV** – equipamento que se encontra na origem da instalação.
- **Categoria III** – equipamento que tipicamente se encontra dentro de edifícios e que faz parte da instalação eléctrica fixa. É o caso dos fusíveis e disjuntores do quadro eléctrico.
- **Categoria II** – equipamento que se encontra ao nível do consumo, isto é, ao nível do utilizador. É o caso típico das aplicações domésticas.
- **Categoria I** – equipamento ligado a circuitos em que foram tomadas precauções especiais para a limitação das sobretensões. É o caso de circuitos electrónicos alimentados a partir de transformadores.

Estes requisitos são aplicáveis para equipamentos a operar até 2000 m acima do nível do mar. As distâncias no ar entre a superfície delimitadora do equipamento e um elemento condutor ligado a tensão perigosa devem cumprir com os requisitos do isolamento reforçado.

A distância no ar ajuda a prevenir a ruptura dieléctrica entre os eléctrodos, causada pela ionização do ar. O nível de ruptura dieléctrica é influenciado pela humidade relativa do ar, temperatura e grau de poluição do meio ambiente.

Os valores requeridos na norma para distâncias no ar foram respeitados tendo em conta que a Efacec Sistemas de Electrónica, S.A. possui um sistema de qualidade certificado. Acrescenta-se ainda que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foi sujeito a testes de isolamento a 100%.

4.2.6.3.1. Distâncias no ar em circuitos primários

Secção 2.10.3.3 da Norma EN60950-1. Para isolamento em circuitos primários, entre o circuito primário e a terra, e entre o circuito primário e o circuito secundário, as distâncias

mínimas no ar podem ser consultadas neste ponto da norma. Para uma alimentação c.a. que não exceda os 300 V de valor eficaz (420 V pico):

- Se a tensão de pico de funcionamento não exceder o valor de pico da tensão de alimentação, as distâncias mínimas no ar são dadas na *Tabela 2K* da norma.
- Se a tensão de pico de funcionamento exceder o valor de pico da tensão de alimentação, as distâncias mínimas no ar são dadas pela *Tabela 2K,* com uma distância adicional apropriada, referida na *Tabela 2L* da norma.

Nestas tabelas, o espaçamento necessário, em mm, para diferentes tipos de isolamento é dado em função da tensão de pico de funcionamento, transitórios da alimentação e graus de poluição.

4.2.6.3.2. Distâncias no ar em circuitos secundários

Secção 2.10.3.4 da Norma EN60950-1. A distância mínima no ar em circuitos secundários é determinada pela *Tabela 2M* da norma.

4.2.6.4. Distâncias ao longo de uma superfície

Secção 2.10.4.1 da Norma EN60950-1. A distância ao longo de uma superfície, *creepage*, é o caminho mais curto entre dois elementos condutores (ou entre uma parte condutora e a superfície delimitadora do equipamento), medida ao longo de uma superfície de isolamento, figura 4.18. Ao contrário do que acontece com as distâncias no ar, a quebra do isolamento ao longo de uma superfície é um fenómeno lento, determinado pelos níveis de tensão c.c. ou pelo valor eficaz (rms).

Estas distâncias devem ser dimensionadas de tal forma que, para um dado valor eficaz da tensão de funcionamento e grau de poluição, não ocorra uma quebra de isolamento.



Figura 4.18 – Exemplo de *creepage*.

Um espaçamento inadequado de *creepage* pode durar dias, semanas ou meses até provocar uma falha de isolamento. Uma adequada *creepage* protege contra caminhos parciais de condução (*tracking*), um processo que resulta na degradação dos materiais isolantes provocada por descargas eléctricas na superfície de um isolamento, ou perto desta.

O grau de *tracking* necessário depende de dois grandes factores: índice CTI (do inglês, *Comparative Tracking Index*) do material usado e o grau de poluição do ambiente.

4.2.6.4.1. Grupo de materiais e o Comparative Tracking Index

Secção 2.10.4.1 da Norma EN60950-1. Usado em materiais de isolamento eléctrico, o CTI define o valor de tensão que provoca uma quebra no isolamento devido a fenómenos de *tracking*. Este fenómeno resulta normalmente dos seguintes factores: humidade na atmosfera, presença de contaminação, químicos corrosivos e altitude do local de funcionamento do equipamento.

Os materiais usados para isolamento eléctrico podem ser agrupados nas seguintes categorias em função do CTI e classificados do seguinte modo:

- Grupo de material I $CTI \geq 600$
- Grupo de material II $400 \leq CTI < 600$
- Grupo de material IIIa $175 \leq CTI < 400$
- Grupo de material IIIb $100 \leq CTI < 175$

4.2.6.4.2. Distâncias mínimas ao longo de uma superfície

Secção 2.10.4.3 da Norma EN60950-1. As distâncias ao longo de uma superfície não devem ser menores que os valores mínimos apropriados especificados na *Tabela 2N* da norma.

Se a distância mínima ao longo de uma superfície da *Tabela 2N* for menor que a distância mínima no ar, o valor mínimo deste último deve ser aplicado em ambos.

As distâncias *creepage* entre a superfície delimitadora do equipamento e um elemento condutor ligado a tensão perigosa devem cumprir com os requisitos do isolamento reforçado.

Os valores da T*abela 2N* são aplicáveis ao isolamento funcional, isolamento básico e isolamento suplementar. Para isolamento reforçado, os valores da tabela são duplicados.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram usados os maiores valores de distância de isolamento, os quais correspondem ao isolamento reforçado. Está assim sempre garantida uma distância superior à exigida.

4.2.6.5. Distâncias através do isolamento

Secção 2.10.5.2 da Norma EN60950-1. Se a tensão de pico de funcionamento não exceder 71 V, não existem requisitos para as distâncias através do isolamento, figura 4.19.

Se a tensão de pico de funcionamento exceder 71 V, as seguintes regras aplicam-se:

- Para isolamento funcional e isolamento básico, não existe um mínimo obrigatório para a distância através do isolamento.
- Para isolamento suplementar ou isolamento reforçado deve existir uma distância mínima através do isolamento de 0,4 mm, assegurado por um único *layer*.

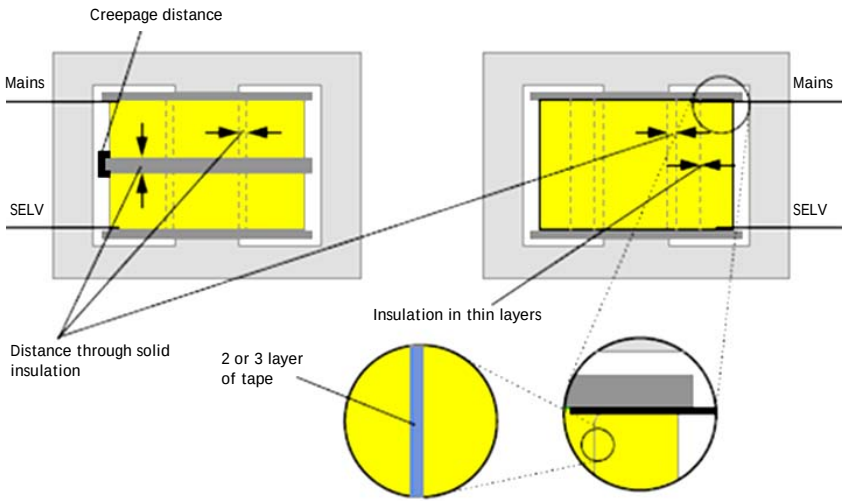


Figura 4.19 – Exemplo de distâncias através do isolamento, [27].

4.3. Cabos, ligações e alimentação

4.3.1. Aspectos gerais

4.3.1.1. Corrente nominal e protecção contra sobreintensidades

Secção 3.1.1 da Norma EN60950-1. A área de secção transversal da cablagem interna e dos cabos de interligação deve ser adequada para a corrente que se destinam a conduzir quando o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM está a operar em carga normal, de tal forma que a temperatura máxima do isolamento dos condutores não seja ultrapassada.

Toda a cablagem interna (incluindo barramentos) e os cabos de interligação utilizados na distribuição da energia do circuito primário devem ser protegidos contra sobreintensidades e curto-circuitos por dispositivos de protecção adequados (disjuntores).

A cablagem não envolvida directamente na distribuição não necessita de protecção, se se comprovar que a ocorrência de perigos é improvável.

4.3.1.2. Protecção contra danos mecânicos

Secção 3.1.2 da Norma EN60950-1. Os caminhos dos cabos devem ser apropriados e livres de arestas cortantes. Os cabos devem ser protegidos de modo a não entrarem em contacto com rebarbas, aletas de refrigeração, peças móveis, etc., o que poderia causar danos ao isolamento dos condutores. Os furos no metal, através do qual passam fios isolados, devem ter superfícies lisas bem arredondadas ou devem ser fornecidos com buchas.

Conclui-se, assim, que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM está construído de acordo com os requisitos deste ponto da norma.

4.3.1.3. Colocação da cablagem interna

Secção 3.1.3 da Norma EN60950-1. A cablagem interna do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM está colocada de maneira a reduzir a probabilidade de: esforço excessivo no cabo ou nos terminais, se soltarem dos terminais e dano no isolamento dos condutores.

4.3.1.4. Isolamento dos condutores

Secção 3.1.4 da Norma EN60950-1. A escolha dos condutores é um ponto importante na construção dos equipamentos, pois um dimensionamento incorrecto pode provocar desde falhas nos circuitos a incêndios.

No fabrico de condutores eléctricos, os compostos isolantes mais utilizados são o PVC e o EPR, que se diferenciam quanto à forma de construção, resistência à temperatura e agentes externos.

Os diversos condutores utilizados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estão certificados e possuem isolamento adequado à tensão de funcionamento. Estes suportam ainda o teste de isolamento do ponto 5.2.2 da norma.

4.3.1.5. Isoladores cerâmicos

Secção 3.1.5 da Norma EN60950-1. Os isoladores cerâmicos do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, representados na figura 4.20, devem ser fixos, de forma a não poderem mudar de posição e causar situação perigosa, ou não ficarem assentes em arestas afiadas ou cantos.

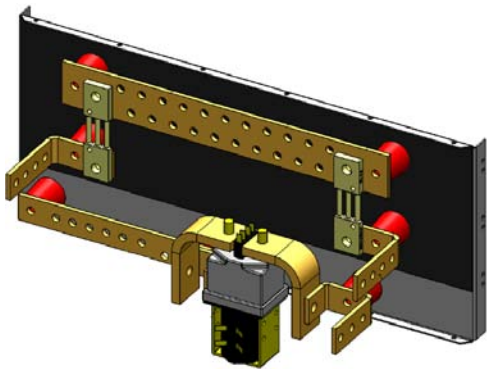


Figura 4.20 - Representação dos apoios isoladores cerâmicos (a encarnado) presentes no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.3.2. Ligação à alimentação

4.3.2.1. Cabo de alimentação c.a.

Secção 3.2.5.1 da Norma EN60950-1. O equipamento foi projectado com terminais para uma ligação permanente à corrente c.a.. O cabo para ligação à alimentação c.a. deve ser dimensionado de acordo com os requisitos a *Tabela 3B* deste ponto da norma.

Uma vez que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui 5 módulos rectificadores e a corrente nominal de entrada por módulo é de 9,5 A, os cabos de alimentação c.a. foram dimensionados para o pior caso (fase R ou S) com uma secção mínima de 2,5 mm².

4.3.3. Terminais de ligação para condutores externos

4.3.3.1. Terminais da cablagem

Secção 3.3.1 da Norma EN60950-1. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é um equipamento de ligação permanente com terminais onde a ligação dos condutores externos é feita por meio de parafusos e porcas.

4.3.3.2. Tamanho dos condutores para ligação

Secção 3.3.4 da Norma EN60950-1. Os terminais devem permitir uma ligação dos condutores de diferentes áreas de secção transversal. Dependendo da corrente nominal do equipamento, é permitido usar condutores com secção transversal com valores mínimos e máximos definidos na *Tabela 3D* da norma.

4.3.3.3. Tamanho dos terminais dos condutores

Secção 3.3.5 da Norma EN60950-1. O tipo e o tamanho dos terminais dos condutores da alimentação e dos condutores da terra de protecção devem cumprir com os tamanhos mínimos da *Tabela 3E* da norma.

4.3.3.4. Agrupamento dos terminais dos condutores

Secção 3.3.7 da Norma EN60950-1. Para equipamento ligado permanentemente, deve ser implementado um meio de segurar os cabos externos de potência de forma a impedir o seu movimento.

Por inspecção verifica-se que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpre com estes requisitos.

4.3.4. Desligar a alimentação

4.3.4.1. Equipamento ligado permanentemente

Secção 3.4.3 da Norma EN60950-1. Para um equipamento ligado permanentemente à alimentação, um aparelho de seccionamento do equipamento deve ser incorporado para permitir acções de manutenção ou de serviço, a menos que exista um aparelho de seccionamento externo ao equipamento (disjuntor no local de instalação).

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM incorpora dispositivos de seccionamento (disjuntores e fusíveis) da tensão de alimentação.

4.3.4.2. Equipamento trifásico

Secção 3.4.7 da Norma EN60950-1. Para equipamentos trifásicos, o aparelho de seccionamento, deve desligar simultaneamente as três fases condutoras da alimentação c.a.. Se um aparelho de seccionamento interromper o condutor de neutro, deve simultaneamente interromper todas as fases condutoras.

Apesar do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM ser um equipamento trifásico à entrada, os módulos rectificadores são monofásicos. O neutro pode ser facilmente reconhecido e não contém nenhum elemento de corte, bastando seccionar a fase através de um disjuntor (Q1 a Q3).

4.3.4.3. Interruptores e disjuntores como aparelhos de seccionamento

Secção 3.4.8 da Norma EN60950-1. Quando existem aparelhos de seccionamento incorporados no equipamento, as suas posições de "ON" e "OFF" devem ser marcadas de acordo com o ponto 1.7.8 da norma.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é colocada uma etiqueta visível em cada interruptor e indicações de como desligar a tensão do equipamento.

4.3.5. Interligação de equipamentos

4.3.5.1. Requisitos gerais

Secção 3.5.1 da Norma EN60950-1. Quando um equipamento é projectado para ser electricamente ligado a outro equipamento, a um acessório ou a uma rede de telecomunicações, os circuitos de interligação devem ser seleccionados de forma a manter a conformidade dos requisitos do ponto 2.2 da norma, para circuitos SELV. Normalmente, isto é conseguido ligando circuitos SELV a outros circuitos SELV.

4.4. Requisitos físicos

4.4.1. Estabilidade

Secção 4.1 da Norma EN60950-1. Em condições normais de funcionamento, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é mecanicamente estável ao ponto de não criar quaisquer perigos para o utilizador.

O cumprimento deste ponto da norma é efectuado através da realização de alguns testes, durante os quais o equipamento não se deve desequilibrar.

4.4.2. Rigidez mecânica

4.4.2.1. Aspectos gerais

Secção 4.2.1 da Norma EN60950-1. Os invólucros devem possuir uma adequada rigidez mecânica e ser construídos de modo a suportar a utilização indevida do equipamento e a não criar perigo.

Os testes de força descritos na norma e aplicáveis ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM são realizados no IEP conforme a norma[6]. O equipamento passou em todos os testes efectuados.

4.4.2.2. Teste de impacto

Secção 4.2.5 da Norma EN60950-1. As superfícies externas de invólucros que, em caso de falha, dão acesso a peças a tensões perigosas do equipamento são testadas com uma bola de aço lisa com 50 mm de diâmetro e com uma massa de 500 ± 25 g, deixada cair de uma altura de 1300 mm.

Depois deste teste, o equipamento não deve ficar danificado de alguma forma que pudesse causar um acidente. Em particular, as partes perigosas não devem ficar acessíveis.

Na figura 4.21, é possível observar, o teste de impacto descrito na norma e efectuado no laboratório do IEP ao invólucro do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

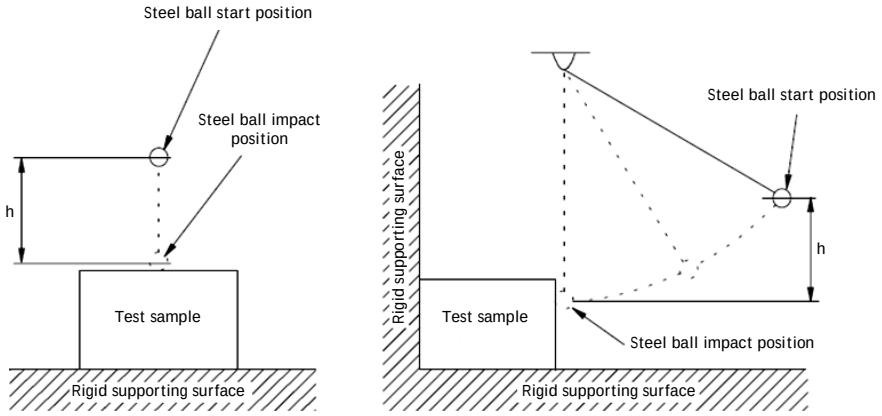


Figura 4.21 – Teste de impacto descrito na norma usando uma bola de aço lisa.

4.4.3. Detalhes construtivos

4.4.3.1. Arestas e cantos

Secção 4.3.1 da Norma EN60950-1. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não possui arestas ou cantos afiados acessíveis ao operador.

[6] Os resultados deste relatório, com o número E-2010-0462.01, encontram-se em anexo, no ANEXO D.

4.4.3.2. Baterias

Secção 4.3.8 da Norma EN60950-1. Um equipamento que contenha baterias deve ser construído de forma a reduzir risco de incêndio, explosão ou fugas de químicos em condições normais de funcionamento e condições de defeito.

Para baterias substituíveis pelo utilizador, o equipamento deve conter marcação adequada reduzindo a probabilidade da instalação das baterias com a polaridade inversa (ver ponto 1.7.13 da norma).

Quando uma bateria contém líquido ou gel electrólito, o armário de baterias deve ser capaz de reter qualquer líquido que possa vazar de modo a resultar perigo. Se um armário de baterias é necessário, a sua capacidade deve ser pelo menos igual ao volume de electrólito de todas as células da bateria, ou igual ao volume de uma célula única, se se comprovar que a bateria não contempla a fuga simultânea de múltiplas células.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui marcação adequada e instruções no Manual do Utilizador para redução da probabilidade de instalação das baterias com polaridade inversa. Possui também um armário de baterias cuja capacidade varia com os consumos e autonomia pretendidos (figura 4.22). Tipicamente, este equipamento tem espaço para colocar 8 baterias de 12 V (2 bancos), com capacidade de 180 Ah.

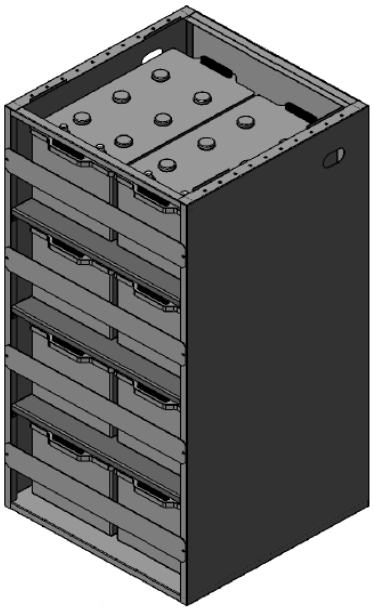


Figura 4.22 - Representação do armário de baterias do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.4.5. Requisitos térmicos

4.4.5.1. Requisitos gerais

Secção 4.5.1 da Norma EN60950-1. O projecto do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM teve em conta a máxima temperatura de funcionamento dos módulos rectificadores SM2000. Deste modo, foi previsto o espaço adequado para que os módulos funcionem à temperatura especificada, acrescentando-se ainda que estes possuem a sua própria

ventilação forçada. Por outro lado, o armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM permite a circulação de ar suficiente para o arrefecimento do equipamento.

Verifica-se assim que os requisitos térmicos aplicáveis ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram salvaguardados.

4.4.5.2. Temperatura limite para materiais

Secção 4.5.3 da Norma EN60950-1. As temperaturas dos materiais e componentes do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não excedem os valores da *Tabela 4B* da norma.

4.4.5.3. Temperatura limite para peças acessíveis ao utilizador

Secção 4.5.4 da Norma EN60950-1. As temperaturas em peças acessíveis ao utilizador no do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não excedem os valores da *Tabela 4C* deste ponto da norma.

4.4.6. Aberturas em armários

4.4.6.1. Aberturas laterais e no topo

Secção 4.61 da Norma EN60950-1. Se existirem, as aberturas laterais e no topo dos armários devem ser localizadas e construídas de modo a reduzir a probabilidade de entrada de objectos no equipamento susceptíveis de criarem perigo por contacto com peças nuas condutoras.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui no topo um tecto ventilado de 540x300 mm e um tecto escova para permitir a passagem de cabos de 540x100 mm, como mostra a figura 4.23. Na parte frontal existem oito aberturas de 560x100 mm. Nas costas do armário existe uma abertura única de 540x630 mm.



Figura 4.23 - Tecto ventilado do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.4.7. Resistência ao fogo

Secção 4.7 da Norma EN60950-1. O risco de inflamação é reduzido limitando a temperatura máxima dos componentes em condições normais de operação e depois da ocorrência de defeito. A propagação das chamas em caso de incêndio é reduzida com o uso de materiais retardadores de chamas e isolamento.

Os metais, os materiais cerâmicos e o vidro devem ser considerados conformes sem teste. O risco de fogo devido a altas temperaturas no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é mínimo, pois não há altas temperaturas em funcionamento normal.

4.4.7.1. Redução do risco de inflamação e propagação de chamas

Secção 4.7.1 da Norma EN60950-1. Para equipamentos ou peças de equipamentos, existem dois métodos alternativos de disponibilizar protecção contra inflamação e propagação de chamas que podem afectar os materiais, a cablagem, os componentes feridos e os componentes electrónicos, como circuitos integrados, transístores, tirístores, díodos, resistências e condensadores.

Método 1 – Selecção e aplicação dos componentes, cablagem e materiais que reduzem a possibilidade de inflamação e propagação de chamas e, quando necessário, recorrendo ao uso de um invólucro de fogo. O método 1 é, usualmente, aplicado em equipamentos ou peças de equipamentos com elevado número de equipamentos electrónicos.

Método 2 – Aplicação em equipamentos ou peças de equipamentos com um pequeno número de componentes electrónicos.

Os materiais e componentes do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram seleccionados de modo a minimizar risco de inflamação e propagação de chamas, conforme o método 1 deste ponto da norma.

4.4.7.2. Materiais

Secção 4.7.3.1 da Norma EN60950-1. Os invólucros, componentes e outras peças do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, figura 4.24, foram construídos com materiais que limitam a propagação de fogo.

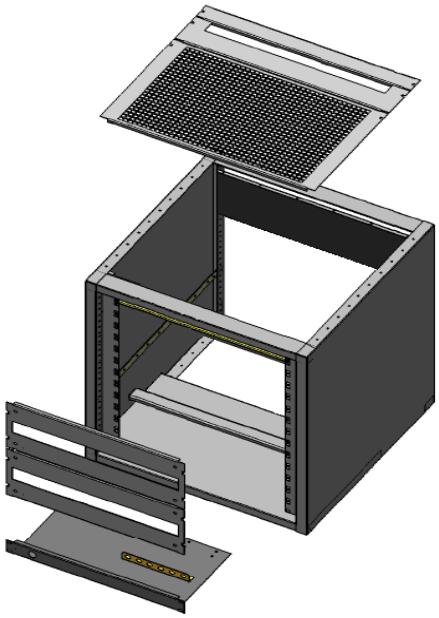


Figura 4.24 - Representação do invólucro do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

4.4.7.2.1. Materiais para componentes e outras peças dentro de invólucros de fogo

Secção 4.7.3.4 da Norma EN60950-1. Dentro de invólucros de fogo, os materiais usados nos componentes e outras peças, incluindo invólucros para protecção mecânica e eléctrica dentro do invólucro de fogo, devem cumprir com um dos seguintes pontos:

- Devem ser do tipo V-2 *Class Material* ou HF-2 *Class Foamed Material*;
- Passar no teste descrito no anexo A.2 da norma;
- Cumprir os requisitos de inflamação de uma norma EN específica.

A lista completa dos materiais aos quais não se aplicam estes requisitos está presente no ponto 4.7.3.4 da norma.

Na *Tabela 4E* da norma é possível encontrar um resumo sobre os requisitos para os materiais inflamáveis usados num equipamento eléctrico.

Os materiais utilizados dentro do armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM (por exemplo, contactores, bornes de ligação disjuntores) possuem Marcação CE e são do tipo V-2 *Class Material*.

Os cabos usados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possuem condutor de cobre classe 5, isolação em poliolefina ignífuga, são não propagadores de incêndios, são imunes à corrosibilidade e não libertam fumos opacos.

4.5. Requisitos eléctricos e simulação de condições anormais

4.5.1. Corrente de fugas e corrente no condutor de protecção

Secção 5.1 da Norma EN60950-1. O equipamento deve ser projectado e construído de modo a que as correntes de fugas e correntes no condutor de protecção não criem perigo de choque eléctrico.

No entanto, se for evidente a partir do estudo do diagrama de circuitos de um equipamento permanentemente ligado com terra de protecção, que a corrente de fugas ultrapassa os 3,5 mA (rms), mas que a corrente no condutor de protecção não excede 5% da corrente de entrada, os testes não necessitam de ser realizados.

4.5.1.1. Configuração do equipamento em teste

Secção 5.1.2 da Norma EN60950-1. Os sistemas de equipamentos interligados com ligação individual à alimentação c.a. devem testados separadamente. Os sistemas de equipamentos interligados com ligação comum à alimentação c.a. devem ser tratados como um único equipamento.

4.5.1.2. Equipamento com corrente de fugas excedendo 3,5 mA

Secção 5.1.7 da Norma EN60950-1. Um equipamento estacionário permanentemente ligado, possuindo terminal de terra de protecção, está incluído na lista de equipamento que permite que as correntes de fugas excedam os 3,5 mA (rms). Normalmente, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM destina-se a sistemas TN ou TT.

A corrente de fugas é, normalmente, imposta pelos módulos rectificadores SM2000 que compõem o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. Tipicamente, a sua corrente de fugas é 2,0 mA, não ultrapassando deste modo os 3,5 mA. Porém, como a norma indica, sistemas de equipamentos interligados com uma ligação comum à alimentação c.a. devem ser tratados como uma peça isolada de equipamento, e a corrente de fugas no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é, assim, superior a 3,5 mA. Neste caso, o valor rms da corrente no condutor de protecção não excede 5% da corrente de entrada por fase. Por estas razões, de acordo com a norma, foi colocada uma etiqueta próxima dos terminais de ligação da alimentação c.a. com o seguinte texto da figura 4.25:



Figura 4.25 – Etiqueta Efacec de aviso de elevadas correntes de fugas.

4.5.2. Rigidez dieléctrica

4.5.2.1. Procedimento de teste

Secção 5.2.2 da Norma EN60950-1. A rigidez dieléctrica dos materiais isolantes utilizados no interior do equipamento deve ser adequada.

Os testes de rigidez dieléctrica para cada grau de isolamentos são especificados na *Tabela 5B* (usando a tensão de funcionamento de pico (U)) ou na *Tabela 5C* (usando a gama de tensão necessária) desta norma, tendo em conta os equipamentos das categorias de sobretensão I e II. Para equipamento das categorias de sobretensão III e IV, a *Tabela 5C* deve ser a usada.

A tensão aplicada durante o teste de isolamento é gradualmente elevada desde zero até à tensão prescrita e mantida durante 60 segundos. Durante este teste, não deve existir quebras de isolamento, e os componentes ou peças de equipamento não abrangidos devem ser desligados de forma a não sofrerem danos.

A tabela 4.1 apresenta os testes de rigidez dieléctrica desenvolvidos na Efacec Sistemas de Electrónica, S.A. ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

Tabela 4.1 – Testes de rigidez dieléctrica dos equipamentos desenvolvidos ao equipamento.

Entre		Tensão Aplicada	Tempo
Primário	Secundário+ Sinalização + Massa	2000 V(c.a.), 50 Hz	60 s
Secundário +Sinalização	Massa	1500 V(c.c.)	60 s

Tal como a norma EN 60950-1 prevê, o teste foi realizado sem os módulos rectificadores SM2000, já testados e certificados pela *Saft Power Systems*, e sem o miniPSM também já testado anteriormente.

4.5.3. Condições de operação anormal e falha

4.5.3.1. Protecção contra sobrecargas e operação anormal

Secção 5.3.1 da Norma EN60950-1. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é construído para que o risco de incêndio ou choque eléctrico devido a sobrecarga mecânica ou eléctrica, ou devido a condições anormais de funcionamento, seja limitado.

Depois de uma operação anormal ou de uma ocorrência de defeito, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM deve permanecer seguro para o utilizador, mas não é obrigatório que o equipamento continue em funcionamento completo. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM utiliza fusíveis e disjuntores de protecção contra sobreintensidades, de forma a fornecer uma adequada protecção.

4.6. Conclusões

Após a análise ao equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, este mostrou cumprir os requisitos essenciais relativos à Segurança Eléctrica segundo a norma EN 60950-1.

Em paralelo com esta análise foi elaborado um Dossier Técnico de Construção do equipamento, segundo as Directivas Comunitárias 2006/95/CE para equipamentos de baixa tensão e 2004/108/CE de compatibilidade electromagnética, e actualizados diversos documentos da Unidade Efacec Sistemas de Electrónica, S.A., entre os quais, o manual do utilizador, procedimentos e etiquetas a apor no equipamento.

Com este capítulo pretendeu-se evidenciar a importância das decisões nas fases de projecto e fabrico de um equipamento, onde o conhecimento dos requisitos essenciais de segurança e a sua correcta aplicação podem levar a uma diminuição do tempo e do custo da certificação e à minimização da ocorrência de falhas nos ensaios de segurança, que obrigariam a uma reformulação com grandes prejuízos.

Capítulo 5

Aspectos gerais de Compatibilidade Electromagnética

5.1. Breve referência história

Historicamente, a reflexão sobre os efeitos relacionados com a Compatibilidade Electromagnética iniciou-se em 1901, quando o Italiano Guglielmo Marconi realizou a primeira transmissão de sinais pelo oceano Atlântico, entre o Reino Unido e o Canadá, através de ondas electromagnéticas, [29].

A partir da década de 70, a indústria demonstrou uma maior preocupação com os problemas gerados por fenómenos de interferência electromagnética. Este facto está intrinsecamente relacionado com o início da produção em larga escala de equipamentos electrónicos que, de alguma maneira, possibilitam a degradação da forma de onda sinusoidal da rede de alimentação eléctrica ou interferem com outros equipamentos. Os anos subsequentes obrigaram a um estudo e análise mais aprofundada destes fenómenos por parte de alguns especialistas. Com o repentino desenvolvimento e aperfeiçoamento dos sistemas de transmissão de informação, na forma digital, os fenómenos de Compatibilidade Electromagnética tornaram-se ainda mais complexos.

Presentemente, atingiu-se uma notável e importante evolução no controlo da Interferência Electromagnética. Esta evolução vem ao encontro de um conjunto de esforços mutuamente empreendidos por projectistas, fabricantes, responsáveis pela Marcação CE, consumidores, organismos de normalização e de fiscalização, universidades, institutos e laboratórios, etc., ao longo de décadas de investigação em busca do controlo dos níveis aceitáveis de interferência electromagnética aos equipamentos. O intuito deste controlo é solidificar o objectivo maior da Compatibilidade Electromagnética: desenvolver condições para que um equipamento, no seu ambiente e durante o seu normal funcionamento, não gere nem tão pouco seja atingido por quaisquer interferências, [30].

Em virtude do desenvolvimento eléctrico e electrónico, bem como o crescente uso destes equipamentos e outros dispositivos, nos vários sectores da sociedade contemporânea, o tema Compatibilidade Electromagnética tornou-se, assim, um aspecto crucial na comercialização de um equipamento eléctrico ou electrónico.

5.2. Interferência Electromagnética

Existem actualmente equipamentos cujo normal funcionamento é passível de ser modificado por perturbações electromagnéticas produzidas por equipamentos eléctricos e electrónicos. Estes necessitam, portanto, de uma protecção eficaz contra as interferências, ou seja, efeitos inconvenientes de uma perturbação ou ruído. Por outro lado, é fundamental assegurar a protecção das redes de alimentação de energia eléctrica, assim como dos equipamentos por elas alimentados, contra as perturbações electromagnéticas.

Um bom exemplo deste tipo de equipamentos é o conversor c.a./c.c. utilizado nas SMPS e em outros equipamentos electrónicos que devido às suas rápidas variações de tensão e de corrente se tornam fontes de Interferência Electromagnética, referenciada na literatura inglesa como *Electromagnetic Interference* (EMI).

Uma interferência é o efeito inconveniente de uma perturbação ou ruído. Por exemplo, se o ruído na tensão provoca um mau funcionamento de um circuito, isso é considerado uma interferência. Ao contrário do ruído que não pode ser suprimido, a interferência pode. Isto porque o ruído apenas pode ser reduzido em magnitude, até que não provoque nenhuma interferência.

A Interferência Electromagnética é uma forma crescente e séria de poluição ambiental. A EMI é um campo, uma onda eléctrica ou magnética, capaz de alterar o funcionamento de um equipamento. Esta interferência, capaz de se propagar tanto no vácuo como em meios físicos, pode ser insignificante quando não compromete o resultado final do equipamento, porém quando significativa acarreta graves prejuízos.

As perturbações electromagnéticas possuem um espaço no espectro electromagnético de frequências. A EMI manifesta-se e é estudada na faixa de frequências que se estende de 3 kHz a 3 GHz, aproximadamente. Na figura 5.1 é possível observar a faixa de frequência ocupada pela EMI.

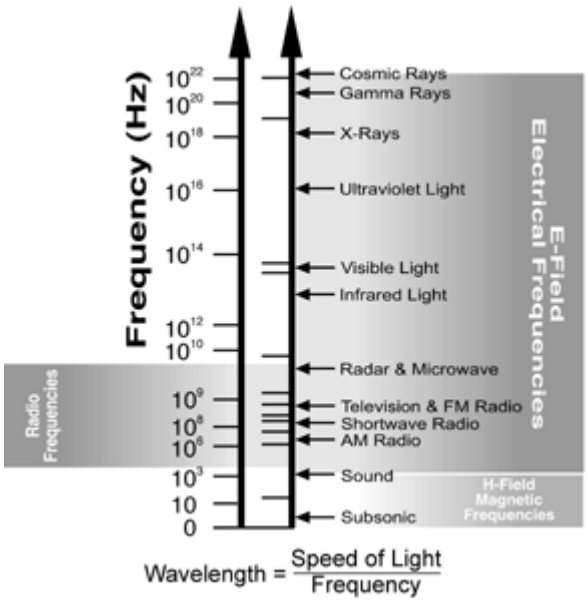


Figura 5.1 - Espectro de frequência electromagnético, [31].

Esta delimitação do espaço ocupado pela EMI no espectro electromagnético de frequências tem por finalidade mostrar que a EMI é apenas uma das manifestações da energia electromagnética, e contém uma faixa de frequências e os seus respectivos comprimentos de onda.

A EMI pode-se propagar de duas formas: através de emissões radiadas e emissões conduzidas. As emissões conduzidas são propagadas pelos terminais de alimentação. As emissões radiadas através do ar, via ondas electromagnéticas.

5.2.1. Interferência Electromagnética conduzida

A condução é o mecanismo pelo qual as interferências são transportadas para dentro e para fora de um sistema via condutores metálicos ou elementos parasitas. Até há pouco tempo a preocupação maior, relativamente à interferência por condução, era o ruído injectado na rede de alimentação. Isto, porque a rede de alimentação eléctrica actua como meio de propagação desse ruído. Porém, existem equipamentos, como os conversores estáticos, capazes de introduzir ruído na carga que alimentam, servindo de meio de propagação entre a rede de alimentação e a carga, [32]. Esta situação desencadeou diversos estudos aos equipamentos no que respeita à interferência electromagnética conduzida.

A EMI conduzida pode propagar-se por caminhos ditos "intencionais" (por exemplo, componentes) ou por caminhos "não intencionais" (por exemplo, capacidade intrínseca de componentes e acoplamentos capacitivos e indutivos), tornando complexa a tarefa de atenuar a sua propagação. Esta tarefa exige o conhecimento de todos os caminhos possíveis

que um ruído (onda electromagnética) pode percorrer para se propagar para dentro e para fora de um equipamento.

Basicamente, os circuitos electrónicos possuem um condutor de alimentação (fase, positivo), um condutor de retorno (neutro, negativo, 0 V) e um condutor terra por onde as correntes se propagam.

Estas correntes, dependendo do modo de propagação, podem ser decompostas em:

- **Correntes de modo diferencial**
- **Correntes de modo comum.**

Quando um filtro é projectado para reduzir as emissões conduzidas geradas por uma SMPS (*Switch Mode Power Supply*), deve ter partes específicas para reduzir as correntes de modo diferencial e partes específicas para reduzir as correntes de modo comum, [29], [38-39].

O ruído de modo diferencial (ruído MD), no fundo o sinal desejado, é o tipo de ruído que ocorre entre os terminais de alimentação (fase e neutro) onde circula a corrente i_{dm}, com sentidos opostos, como mostra a figura 5.2.

A transmissão de ruído MD é feita através da linha de entrada até à rede eléctrica e através do lado c.c. até à carga alimentada. Além destes também devem ser considerados caminhos condutores através de capacidades parasitas entre componentes e devido a acoplamentos magnéticos entre circuitos, [20].

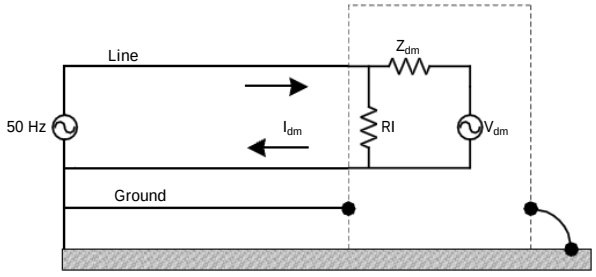


Figura 5.2 - Fonte de ruído de modo diferencial.

O ruído de modo comum (ruído MC) é caracterizado por correntes que fluem na mesma direcção em ambos os condutores do circuito, a corrente i_{cm}, retornando por um terceiro condutor, em regra o condutor de terra. Este modo de propagação está ilustrado nas figuras 5.3 a) e 5.3 b). Este tipo de ruído não é necessário para o desempenho funcional dos dispositivos electrónicos e, por isso, é um ruído indesejado.

A transmissão de ruído MC é feita inteiramente através de capacidades, campos eléctricos e magnéticos "parasitas". Estas capacidades parasitas existem entre vários componentes de um sistema e entre componentes e a terra. Por razões de segurança, grande parte dos equipamentos electrónicos de potência possuem um armário com ligação à terra. O ruído que aparece no condutor de terra contribui significativamente para a EMI, [20].

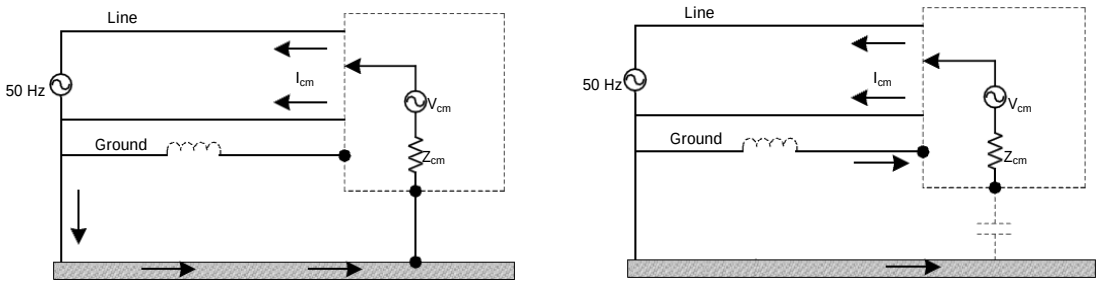


Figura 5.3 – Fontes de ruído de modo comum: a) tipo I; b) tipo II.

Existem duas subcategorias de ruído MC, denominadas de modo I e modo II.

No modo I, a fonte de ruído MC está localizada no invólucro do equipamento, que por sua vez está aterrada. A impedância do plano de terra é muito menor do que a impedância referente à indutância do fio terra. Consequentemente, o caminho da corrente de retorno é através do plano de terra. A grande área de malha criada pelo caminho da corrente de modo comum torna esta malha uma fonte eficiente para radiação das emissões.

O ruído MC tipo II ocorre tipicamente quando o invólucro do equipamento está isolado do plano de terra. Neste caso, uma capacidade parasita (na ordem de dezenas de pF) surge em série com o caminho de retorno da corrente através do plano de terra. Esta capacidade gera uma alta impedância, que faz com que a impedância do fio terra seja a menor neste caso, e é pelo fio terra que grande parte da corrente de retorno circula. A área de malha pela qual o ruído de MC tipo II circula é muito menor do que a área referente ao ruído de MC tipo I, e assim gera menos problemas de emissões radiadas. Em sistemas reais, ambos os modos estão presentes.

5.2.2. Interferência Electromagnética radiada

A radiação é um mecanismo pelo qual o ruído electromagnético é levado para dentro ou para fora de um sistema por meios não metálicos como, por exemplo, o ar. Estes ruídos aparecem devido a correntes que circulam por cabos, terminais de semicondutores, em caminhos fechados (*loop*) gerando campos electromagnéticos cuja intensidade depende de factores como a corrente (amplitude e frequência), comprimentos dos cabos, área do percurso fechado, etc., [32].

A previsão e consequente redução das interferências electromagnéticas radiadas são tarefas exigentes, o seu estudo obriga a um conhecimento do comportamento electromagnético dos materiais que compõem, rodeiam e entremeiam um sistema. A figura 5.4 exemplifica a interferência por radiação entre sistemas.

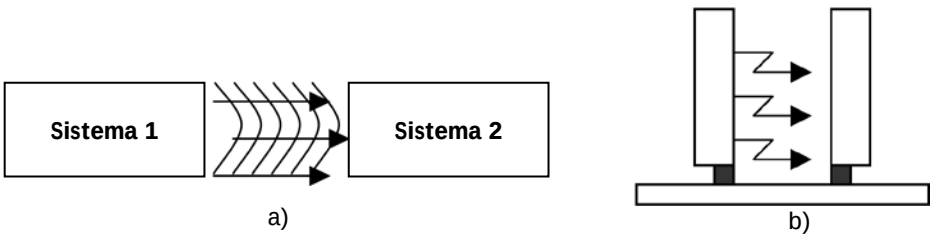


Figura 5.4 - Interferência electromagnética radiada: a) entre sistemas; b) entre subsistemas [32].

5.3. Compatibilidade Electromagnética

Anteriormente foi apresentada uma breve introdução à problemática da EMI. Neste ponto, será realizada uma breve exposição da solução para o problema da EMI: a Compatibilidade Electromagnética (CEM).

A CEM, como uma solução para o problema da EMI, centra-se na produção, transmissão e recepção da energia electromagnética, figura 5.5. Estes três aspectos constituem a estrutura básica de qualquer projecto, [29].

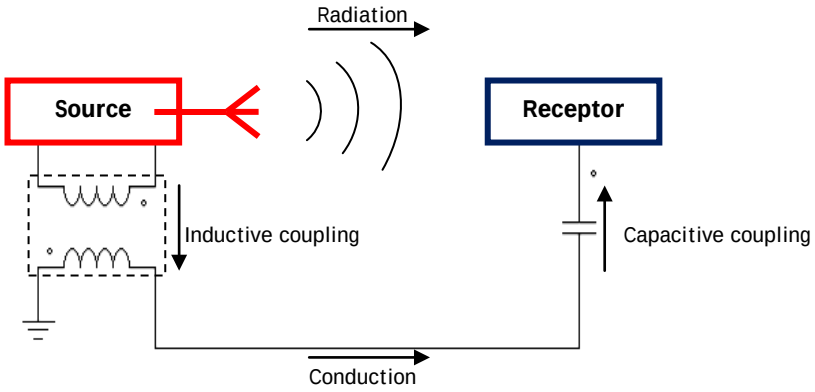


Figura 5.5 – Decomposição básica do problema da CEM.

Um sistema electrónico típico é composto por um ou mais subsistemas que se comunicam via cabos e condutores.

Uma fonte de interferência produz a emissão electromagnética, e um caminho de propagação transfere a energia da emissão para um receptor, onde esta é processada, resultando deste modo num comportamento desejado ou indesejado. A transferência da energia electromagnética ocorre frequentemente de modos de acoplamento não intencionais. Contudo, a transferência não intencional de energia causa interferência somente se a energia recebida possuir magnitude ou conteúdo espectral suficientes na entrada do receptor para fazer com que o receptor se comporte de maneira indesejada. A transmissão ou recepção não intencional da energia electromagnética não é necessariamente prejudicial; o comportamento indesejado do receptor é que constitui a interferência propriamente dita. Assim, o processamento da energia recebida pelo receptor é uma parte importante da

ocorrência ou não da interferência. Muitas vezes é difícil determinar, *a priori*, se um sinal que incide sobre um receptor vai causar interferência neste receptor, [29].

É importante também entender que uma fonte ou um receptor pode ser classificado como intencional ou não intencional, dependendo do caminho de acoplamento, assim como do tipo de fonte ou receptor.

Logo, existem basicamente três maneiras de prevenir a interferência:

- Suprimir a emissão na fonte.
- Tornar o caminho de propagação tão ineficiente quanto for possível.
- Fazer com que o receptor seja menos susceptível à emissão.

Um sistema electrónico é considerado electromagneticamente compatível com o seu ambiente electromagnético, se for capaz de funcionar em conjunto com outros sistemas electrónicos, e que não gere ou seja susceptível às perturbações electromagnéticas, [30].

Um sistema é electromagneticamente compatível se satisfizer os seguintes critérios:

- Não causa interferência noutros sistemas.
- É imune a emissões provenientes de outros sistemas.
- Não causa interferência a si mesmo.

O ambiente electromagnético é composto de energia radiada e conduzida. Portanto, a CEM tem dois aspectos: a imunidade e a emissão, figura 5.6.

A imunidade é a capacidade que um sistema possui de não responder à energia electromagnética indesejada (perturbação, ruído). O nível de imunidade de um sistema é o ambiente electromagnético no qual o equipamento pode operar de forma satisfatória, sem degradação, e com uma margem de segurança definida. Uma das dificuldades na determinação dos níveis de imunidade é definir o que constitui a degradação do desempenho.

A emissão diz respeito ao potencial causa-interferência de um equipamento. O objectivo de controlar as emissões é limitar a energia electromagnética emitida e assim controlar o ambiente electromagnético em que outros equipamentos devem operar. O controlo da emissão de um equipamento pode eliminar um problema de interferência de muitos outros equipamentos. Portanto, é desejável o controlo das emissões numa tentativa de produzir um ambiente electromagneticamente compatível, [30].

Em certa medida, a imunidade é auto-regulável. Se um equipamento não é imune ao ambiente electromagnético, o utilizador ficará consciente disso e pode não continuar a comprar o equipamento. A emissão, no entanto, tende a não ser auto-regulável. Um equipamento que é a fonte de emissão pode não ser afectado por essa emissão. Para garantir que a CEM é contemplada no projecto de todos os equipamentos electrónicos, diversas administrações governamentais e órgãos reguladores impuseram normas de CEM a que um equipamento deve obedecer antes de ser comercializado.

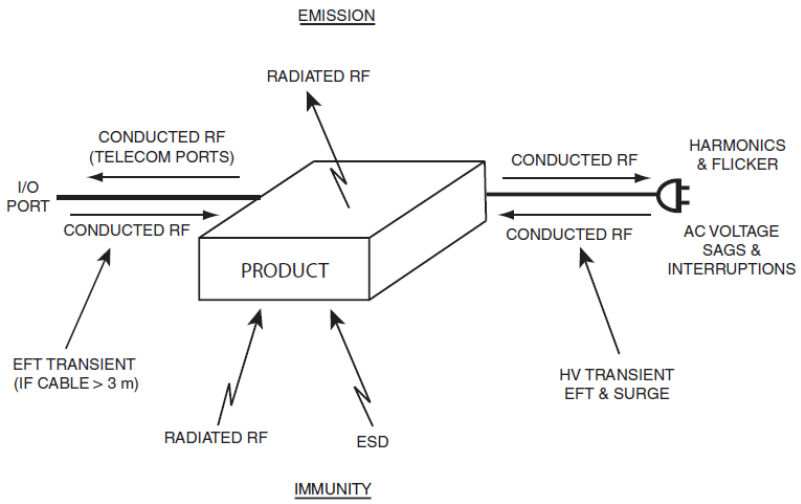


Figura 5.6 - Tipos de CEM em equipamentos eléctricos ou electrónicos, [30].

Sintetizando, é possível enumerar os principais pontos que decorrem do interesse em estudar os problemas de CEM:

- A utilização cada vez mais intensa do espectro electromagnético, aumentando os problemas de interferência electromagnética;
- O desenvolvimento de dispositivos electrónicos operando com níveis de potência e de corrente cada vez mais baixos, tornando-os cada vez mais susceptíveis às perturbações;
- A utilização crescente de sistemas digitais e de electrónica de potência operando em velocidades cada vez maiores, causando perturbações em largas bandas de frequência;
- A necessidade dos fabricantes moldarem os seus produtos às normas e às exigências do mercado, o que exige equipamentos confiáveis e pouco susceptíveis às perturbações.

Este tema atingiu tamanha importância que foram criados diversos órgãos para regulamentar e normalizar as análises e quantificações aos problemas associados às interferências electromagnéticas. As agências reguladoras estabelecem os limites máximos tolerados e os produtos passíveis de certificação. Isso faz com que fabricantes e projectistas tenham de adoptar procedimentos de análise e controle em todos os níveis de produção.

5.3.1. Relação entre nível de emissão e imunidade

A Figura 5.7 mostra a combinação de níveis de emissão e imunidade (a tracejado) e os seus limites associados como função de uma variável independente, como por exemplo a frequência, [33].

Os níveis apresentados são apenas de carácter ilustrativo, ajudando na caracterização do nível de emissão de um equipamento que deve ser sempre menor que o limite máximo permitido e do seu nível de imunidade que deve ser sempre maior que o limite mínimo de imunidade requerido. Estes limites permitidos, máximo e mínimo, são considerados os extremos da margem de compatibilidade.

A margem de compatibilidade não é, deste modo, passível de ser ultrapassada por valores obtidos tanto para os níveis de emissão, como para os níveis de imunidade de um equipamento em teste.

O nível de compatibilidade está indicado pela linha que se encontra entre os limites de emissão e imunidade, servindo de mediador da margem de imunidade bem como da margem de emissão.

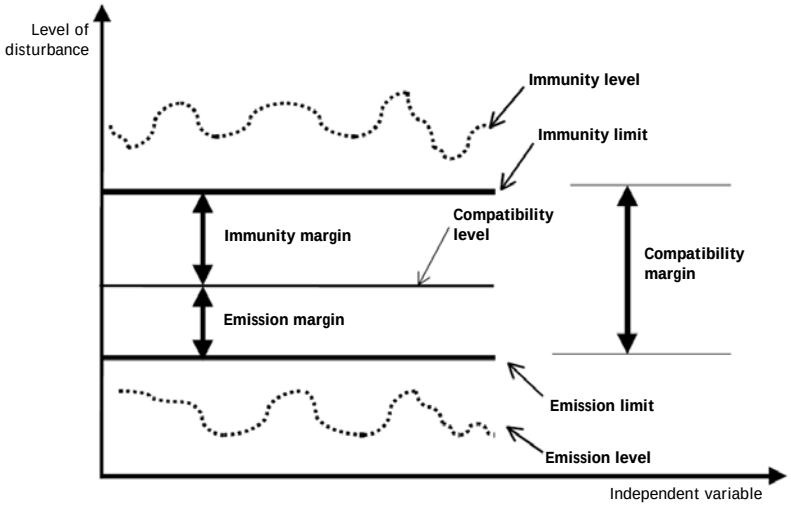


Figura 5.7 – Limite, margem e nível de emissão e imunidade.

5.3.2. Métodos de abordagem da análise da CEM

A CEM deve ser uma preocupação constante logo nas primeiras fases de desenvolvimento de um equipamento. Porém, a CEM pode ser abordada de duas formas: numa abordagem crítica ou numa visão de abordagem do sistema. Na óptica da abordagem crítica, o projectista insiste numa total desconsideração pela CEM até a fase funcional estar terminada, testada ou - pior ainda – quando a experiência de campo sugere que existe um problema. Deste modo, as soluções implementadas nesta fase final são em regra mais dispendiosas.

À medida que se avança no desenvolvimento de equipamentos, desde a fase de projecto até à de produção, a variedade de técnicas disponíveis de atenuação da EMI à disposição do projectista diminuem progressivamente e, ao mesmo tempo, o custo inerente para obter os requisitos de CEM aumenta. Estas tendências são ilustradas na figura 5.8. As primeiras

soluções para problemas de interferência são, por conseguinte, os melhores e os menos caros.

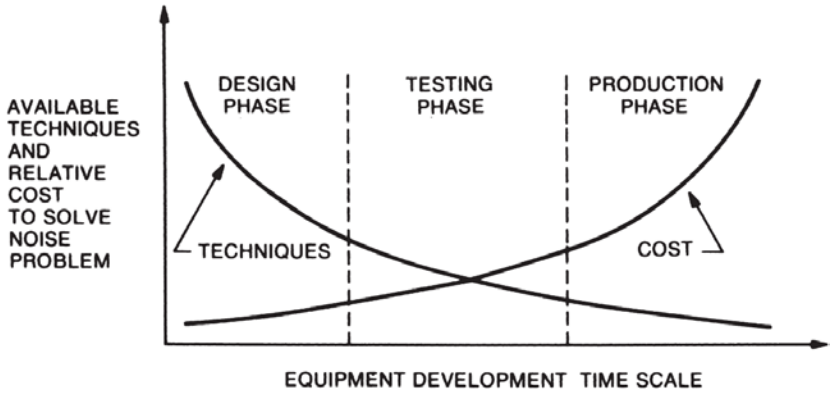


Figura 5.8 - À medida que existe desenvolvimento no equipamento, o número de técnicas de redução de ruído disponível diminuem. Ao mesmo tempo, o custo de redução de ruído aumenta, [30].

A abordagem do ponto de vista do sistema considera as questões de CEM durante todo o projecto. O projectista antecipa os problemas de CEM logo no início do processo de concepção, encontra os problemas que subsistem desde os testes nos protótipos iniciais até aos finais de forma tão exaustiva quanto possível. A CEM torna-se parte integrante do projecto eléctrico, mecânico, e em alguns casos, de software do produto. Como resultado, a CEM é projectada para o produto, e não acrescentada para o produto. Esta abordagem é a mais desejável e rentável.

Se os problemas de CEM e a eliminação de EMI são considerados numa etapa inicial do projecto, as técnicas de atenuação necessárias são geralmente simples e directas. A prática tem demonstrado que quando a CEM é tratada dessa maneira, o projectista é capaz de produzir equipamentos com 90% ou mais dos potenciais problemas eliminados, na fase inicial de teste.

Um sistema concebido com total desconsideração pela CEM quase sempre tem problemas na fase de teste. A análise nessa fase, para descobrir quais das muitas combinações de caminhos possíveis de ruído estão a contribuir para o problema, pode não ser simples ou óbvia. As soluções que se atingem nesta fase final envolvem, geralmente, a adição de componentes extra que não são parte integrante do circuito. O pagamento de penalizações inclui a parte de engenharia e custos adicionais de teste, bem como o custo dos componentes de atenuação dos problemas e respectiva instalação. Poderão também existir penalizações ao nível do tamanho, peso e dissipação de energia, [30].

5.4. Protecção de equipamentos: blindagem

Algumas das técnicas mais utilizadas na redução dos efeitos da interferência electromagnética são a filtragem, o aterramento ou a blindagem, que quando utilizados em conjunto reduzem significativamente estes efeitos. Percebe-se que todos possuem a mesma função actuando, contudo, em frequências e em meios diferentes.

Para a interferência conduzida são utilizados filtros de modo comum e de modo diferencial, compostos basicamente por bobinas e condensadores, ou o aterramento, enquanto que para a interferência electromagnética radiada, são utilizadas as blindagens para proteger os sistemas, [34].

O intuito da blindagem é proteger quer o interior dos equipamentos, dos efeitos dos campos electromagnéticos exteriores, quer o meio ambiente, dos efeitos dos campos electromagnéticos gerados no interior dos equipamentos.

O material utilizado numa blindagem electromagnética deve apresentar bom índice de absorção, característica especialmente importante para baixas frequências, bem como apresentar um bom índice de reflexão, característica especialmente importante para altas frequências. Em ambos os casos, os materiais ferromagnéticos são os mais utilizados.

Um parâmetro importante na blindagem é a sua eficiência, isto é, a razão entre a magnitude do campo eléctrico (magnético) que está incidindo sobre a blindagem e a magnitude do campo eléctrico (magnético) que é transmitido através da blindagem.

A eficiência de uma blindagem é determinada, basicamente, por três mecanismos decorrentes da incidência de uma onda interferente: a reflexão pela superfície da blindagem (R_{dB}), a absorção pelo material utilizado na blindagem (A_{dB}), ou nova reflexão, após ser parcialmente absorvida pelo material da blindagem (que não será abordado neste estudo por ser bastante reduzido), figura 5.9, [35].

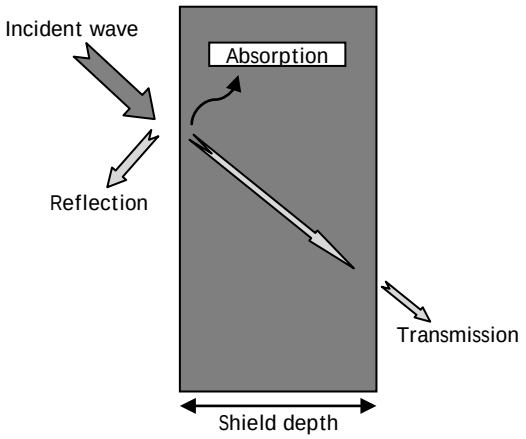


Figura 5.9 - Eficiência de uma blindagem = $A_{dB} + R_{dB}$.

A perda devido à reflexão na superfície da blindagem ocorre devido à diferença entre a impedância do campo incidente e a impedância da blindagem, a qual, por sua vez, está relacionada com a permeabilidade magnética, com a condutividade eléctrica do material

envolvido e com a frequência da onda electromagnética. Para metais, à medida que a condutividade eléctrica vai aumentando, a impedância da barreira tende a diminuir, e vice-versa.

O outro tipo de perda devido à atenuação da onda ao passar através do material, designada perda por absorção, é directamente proporcional à frequência e à espessura do material utilizado na blindagem, como é possível observar na figura 5.10. Este tipo de perdas aumenta com o aumento da permeabilidade e da condutividade do material, [36].

Assim, por exemplo, para a frequência de 1 kHz, com uma chapa de ferro, de 3,2 mm de espessura, obtém-se uma atenuação, devido à perda por absorção, de aproximadamente 180 dB, atenuação bastante significativa para uma espessura relativamente pequena.

O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM contém um armário que é feito em chapa de ferro com 2 mm de espessura.

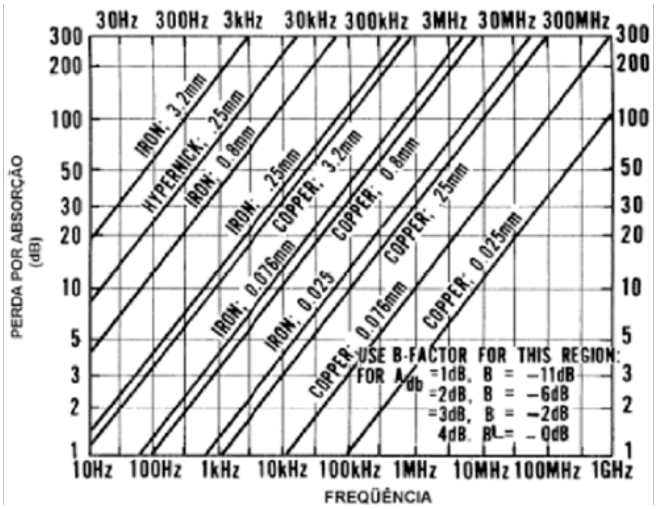


Figura 5.10 – Perda por absorção em função da espessura da blindagem, [36].

Para além da preocupação com o material da blindagem aquando do projecto, é necessário ter em conta que na prática a maior parte das blindagens não são herméticas, pois existem tampas, portas, orifícios para condutores, ventilação e interruptores. Estas descontinuidades da blindagem têm mais efeito na propagação de campo magnético do que de campo eléctrico.

No caso de aberturas múltiplas a redução na eficiência da blindagem depende do espaçamento entre as aberturas, do número, e da frequência do campo incidente. Testes revelam que a eficácia da blindagem diminui com a raiz quadrada do número de aberturas, e directamente com a máxima dimensão linear da abertura. Também um número elevado de pequenos furos produz menos fugas do que uma abertura maior com a mesma área total.

Pode-se concluir, que um projecto de uma blindagem, que tenha em conta os fenómenos atrás descritos, quer a nível de materiais quer a nível de estrutura, é um bom projecto para a obtenção de um equipamento com compatibilidade electromagnética.

5.5. Conclusões

Neste capítulo, o assunto principal foi a Compatibilidade Electromagnética, onde foram apresentados, além de uma breve referência histórica, os aspectos gerais da EMI (conduzida e radiada) e da CEM como mecanismo de prevenção da EMI, com o objectivo de situar o leitor e introduzir os pontos essenciais.

Um sistema é electromagneticamente compatível se, no seu ambiente electromagnético, não causar interferência noutros sistemas ou em si mesmo e se for imune a emissões provenientes de outros sistemas. O ambiente electromagnético é composto de energia radiada e conduzida e, por isso, a CEM envolve dois fenómenos correlacionados aos quais o equipamento alvo deste estudo, o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM, deverá apresentar um nível de protecção adequado: a emissão e a imunidade.

De modo a finalizar este capítulo, foi realizado um comentário sobre um dos tipos de protecção utilizados em equipamentos eléctricos ou electrónicos, a blindagem.

Capítulo 6

Ensaios de Compatibilidade Electromagnética

A Compatibilidade Electromagnética (CEM) é um assunto muito importante para quem trabalhe com equipamentos e sistemas eléctricos, electrónicos ou de telecomunicações. Está associada a alguns efeitos do dia-a-dia, resultantes de perturbações radioeléctricas.

Os ensaios de CEM são necessários para verificar se os equipamentos atendem aos requisitos para os locais onde serão instalados. Quando submetido a estes ensaios, o equipamento deve apresentar evidências de que não sofre interferências de outros equipamentos, que não interfere indevidamente noutros equipamentos e não causa interferência em si mesmo. Caso contrário, não poderá ser comercializado, independentemente do seu grau de inovação ou custo, [37].

As imposições legais têm como objectivos obedecer às imposições do mercado e limitar o nível de poluição electromagnética do ambiente.

Em geral, os ensaios são decompostos em dois grandes grupos: ensaios de emissão e de imunidade. Para cada tipo de ensaio ou requisito testado, existem normas específicas que estabelecem procedimentos padrão, montagens de teste e medição, limites e tolerâncias.

Os ensaios de emissão têm por fim verificar os níveis de campo electromagnético conduzido e radiado pelo equipamento em teste e confrontá-los com os limites estabelecidos pelas normas vigentes, enquanto que os ensaios de imunidade têm como finalidade verificar o apropriado funcionamento do equipamento quando exposto aos níveis de campo electromagnético que defrontará quando estiver em actividade.

Todos os ensaios de CEM aplicáveis ao equipamento em estudo foram efectuados no laboratório de ensaios do IEP (ANEXO D), devidamente acreditado, que possui as competências e meios necessários para os realizar, com vista à obtenção da Marcação CE.

Ao longo deste capítulo, não será descrito o conteúdo das normas, apenas serão mostrados os pontos principais e os resultados obtidos, conforme as exigências e o interesse.

6.1. Ensaios de emissão

Um equipamento quando se encontra em funcionamento no seu ambiente não deve emitir perturbações electromagnéticas, sejam elas na forma radiada ou na forma conduzida, acima de valores limites determinados pelas normas respectivas. Assume-se que estes limites são seguros e que um equipamento, dentro dos limites especificados, não oferece perigo de interferência ou dano aos dispositivos que funcionam nas imediações ou que estão ligados ao equipamento em questão.

Os ensaios de medição das emissões de um equipamento foram desenvolvidos de modo a cobrir a faixa de 0 Hz a 400 GHz. A faixa de 0 até 30 Hz está confinada às flutuações de tensão na rede eléctrica, enquanto a faixa dos 100 Hz até aos 2 kHz está relacionada com as harmónicas de corrente na rede eléctrica. As medições na faixa de 150 a 30 MHz são efectuadas considerando-se que nesta faixa o ruído predomina sob a forma conduzida, confinada à alimentação. Já as medições na faixa de 30 MHz a 1 GHz são realizadas considerando-se que o ruído na sua maior parte está na forma radiada e diz respeito à componente de campo eléctrico no invólucro do equipamento. Acima de 1 GHz refere-se à potência da energia electromagnética radiada pelo EUT.

Para o controlo dos níveis de emissão do EUT devem ser adoptados certos procedimentos de ensaio e realizados com um adequado rigor para que se adquiram leituras congruentes e fiáveis.

Na figura 6.1 é apresentado um fluxograma que associa os ensaios de emissão electromagnética às respectivas categorias de perturbações.

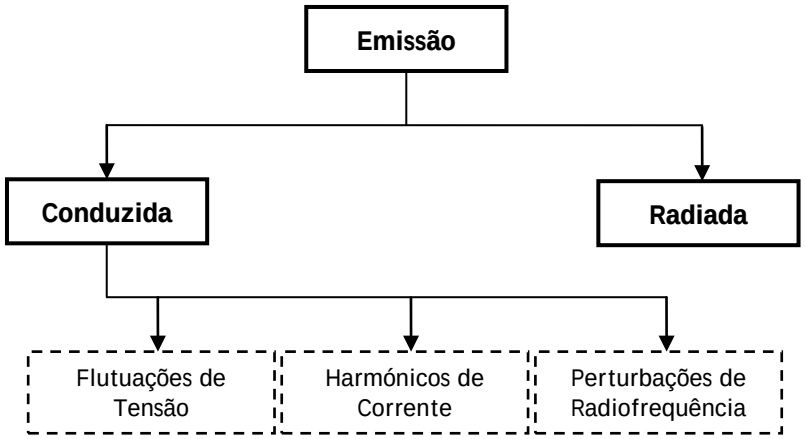


Figura 6.1 - Diagrama dos ensaios de emissão electromagnética.

6.1.1. Ensaio de emissão conduzida – Flutuações de tensão e *flicker*

As empresas de distribuição de electricidade esforçam-se por garantir, no fornecimento de energia eléctrica, qualidade da onda de tensão, para que esta seja caracterizada por uma tensão sinusoidal, à frequência de 50 Hz, com valor eficaz não inferior ao estabelecido contratualmente e não desequilibrada, no caso de sistemas trifásicos.

Contudo, é fisicamente impossível assegurar e manter a qualidade perfeita da tensão atendendo a que nem os equipamentos de produção o conseguem completamente, nem os aparelhos de utilização absorvem sinusóides perfeitas de corrente, [38].

A norma EN 61000-3-3 refere-se à limitação de flutuações de tensão e *flicker* num sistema de baixa tensão. É aplicável a equipamentos eléctricos e electrónicos com uma corrente nominal de entrada igual ou inferior a 16 A por fase, os quais se pretendem ligar ao sistema de distribuição público de baixa tensão, com tensão entre fase e neutro de 220 a 250 V, e frequência de 50 Hz, não sujeito a ligação condicional, [39].

As flutuações de tensão, uma das possíveis causas de perturbações na tensão da rede eléctrica, consistem em quedas de tensão rápidas provocadas por cargas não lineares. Uma carga é dita não linear quando a corrente que ela absorve não tem a mesma forma da tensão que a alimenta provocando, desta forma, perturbações nos vários receptores do sistema.

Estas perturbações têm origem em equipamentos de conversão energética responsáveis pela poluição da rede interna local, bem como da rede de distribuição pública, afectando assim outros consumidores. Alguns exemplos desses equipamentos são os aparelhos de soldadura por arco, fornos de arco, motores com arranque frequente ou geradores eólicos.

As flutuações de tensão podem conduzir à variação da tensão fora da faixa de tolerância aceitável ou ao efeito *flicker*, [40].

Foram, assim, estabelecidos alguns parâmetros, ilustrados nas figuras 6.2, de forma a possibilitar o tratamento e análise deste problema. De entre essas, destacam-se:

- **Indicador de *flicker* de curta duração, P_{st}** – é avaliado durante um período curto de tempo (10 min), onde P_{st}=1 é o limiar convencional de irritabilidade.
- **Indicador de *flicker* de longa duração, P_{lt}** – é medido durante um período longo (2 h), usando sucessivos valores de P_{st}.
- **Tempo de impressão de um *flicker*, t_t** – é um valor com dimensão de tempo, que descreve a impressão do *flicker* durante uma característica de variação da tensão
- **Característica de Variação da Tensão ΔU(t)** - função temporal do valor eficaz da tensão entre períodos onde a tensão está em regime permanente durante pelo menos 1s. Logo, ΔU pode ser considerado a subtracção $U(t_1)$ - $U(t_2)$.
- **Máxima variação de tensão $\Delta U_{máx}$ -** diferença entre os valores eficazes máximo e mínimo da característica de variação da tensão.

- **Variação da tensão em regime permanente, ΔU_c -** diferença entre os valores eficazes máximo e mínimo da característica de variação da tensão.
- **Valores relativos -** Os valores relativos d(t), $d_{máx}$ e d_C obtêm-se dividindo os valores absolutos pela tensão nominal, U_n.

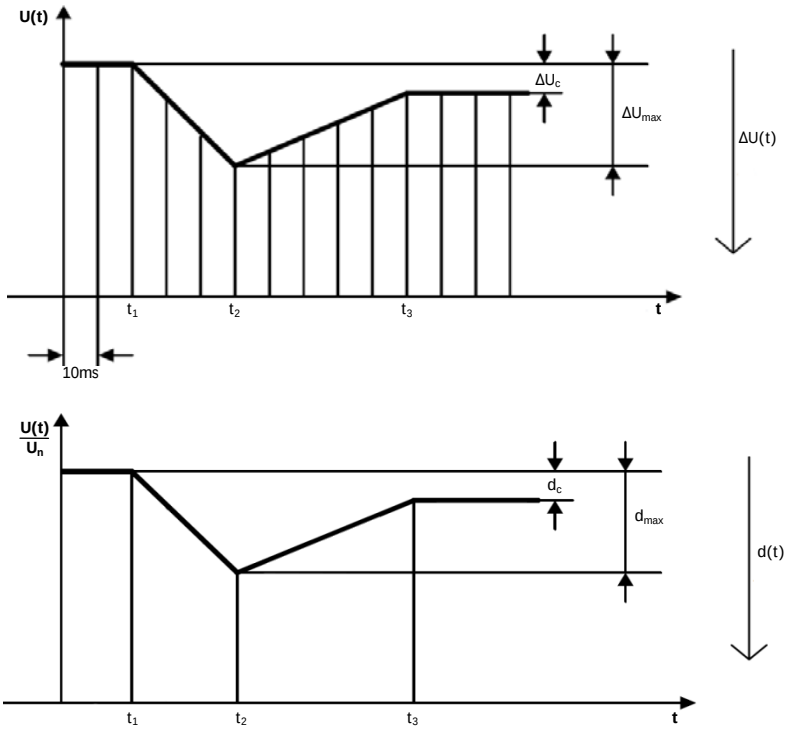


Figura 6.2 - Histograma de avaliação da tensão U(t) e característica de variação relativa da tensão.

A EN 61000-3-3 define *flicker* como uma impressão de instabilidade da sensação visual, induzida por estímulos luminosos cuja luminescência ou distribuição do espectro flutua com o tempo. A base da avaliação de *flicker* é a característica de variação de tensão $\Delta U(t)$, que ocorre nos terminais do equipamento em teste.

Entre as causas do fenómeno estão as cargas variáveis, cuja frequência de operação produz uma modulação da magnitude da tensão da rede na faixa de 0 a 30 Hz. Nessa faixa de frequências, o olho humano é extremamente sensível às variações da emissão luminosa das lâmpadas, sendo que a máxima sensibilidade do olho é em torno de 10 Hz, [41].

6.1.1.1. Procedimento de ensaio

O circuito de teste, referido na Norma EN 61000-3-3 e ilustrado na figura 6.4, para medir flutuações de tensão requer:

- A precisão total da medida da variação relativa da tensão seja melhor que 8%;

- A precisão dos parâmetros utilizados para implementar as impedâncias de referência seja adequada para garantir a precisão de medida exigida;
- A % THD na tensão de alimentação deve ser inferior a 3%;
- A tensão de teste deve ser mantida dentro de ± 2% do valor nominal;
- A intensidade de corrente deve ser medida com uma incerteza de ± 1%;
- A frequência de teste deve ser de 50 Hz ± 0,5%.

Todas estas informações devem ser verificadas antes e após cada ensaio.

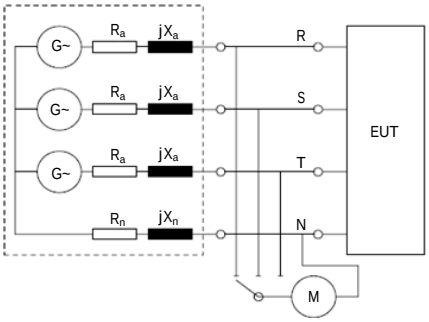


Figura 6.3 – Circuito de teste de referência para fontes de alimentação monofásicas e trifásicas.

Para as fontes de alimentação apenas são necessárias as medições ou os cálculos de d_{max}. A impedância de referência da alimentação c.a. do teste de flutuação de tensão é de 0,4 + j 0,25 Ω. O módulo desta impedância é 0,472 Ω. Usando esta impedância, o máximo valor permitido para a corrente de entrada pode ser determinada para os três níveis do teste, [30].

6.1.1.2. Resultado dos ensaios

Meio: Ligação à rede de alimentação 230 V~
Norma: EN 61000-3-3
Limites: Classe A

Equipamentos de ensaio utilizados:

Sistema Profline SHAFFNER 2100
Fonte monofásica SHAFFNER NSG1007
Impedância de referência "SCHAFFNER" CCN1000



Figura 6.4 – Ensaio de emissão de flutuações de tensão.

Tabela 6.1 – Limites dos parâmetros, valores obtidos e resultados no ensaio de flutuações de tensão nos terminais de alimentação do EUT.

Parâmetro	Limite máximo	Valores obtidos	Resultados
P_{st}	1,00	----	Não aplicável
P_{lt}	0,65	----	Não aplicável
d_{max} - ΔV / $V_{máx}$ Condições normais automáticas	4%	3,6%	Cumpre requisitos
d_t - ΔV / V não deve exceder 3,3% por um período superior a 500 ms	3,3% 500 ms	1,78%	Cumpre requisitos
d_{max} - ΔV / V_{max} Comutação manual ou mais que duas comutações automáticas por dia e com rearranque retardado ou manual após falha de energia eléctrica	6%	---	Não aplicável
d_{max} - ΔV / $V_{máx}$ Utilização sob vigilância ou menos que duas comutações automáticas por dia e com rearranque retardado ou manual após falha de energia eléctrica	7%	----	Não aplicável
d_c - ΔV / $V_{contínuo}$	3,3%	0,21%	Cumpre requisitos

Resultado: Ajustando o equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM de modo a encontrar-se o máximo nível de perturbações, este revelou cumprir com o limite da especificação por uma margem de 10%. A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 5%.

6.1.2. Ensaio de emissão conduzida – Harmónicas de corrente

As correntes harmónicas, tal como as flutuações de tensão, são geradas por cargas não lineares conectadas à rede. A circulação destas correntes harmónicas gera tensões harmónicas através das impedâncias da rede, causando uma deformação da tensão de alimentação, que deteriora não só a qualidade da energia, afectando a operação dos equipamentos ligados à rede eléctrica, como origina, por vezes, numerosos prejuízos.

Tecnicamente, uma harmónica pode ser considerada como uma componente de uma forma de onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (no caso da energia eléctrica da rede, 50 Hz), [42].

Para controlar estas correntes e, assim, limitar a degradação da qualidade da tensão da rede, foram estabelecidas normas, como a norma EN 61000-3-2, que limitam a emissão de harmónicas de corrente injectadas na rede pública de distribuição de energia eléctrica por cargas não lineares. Aplica-se a equipamentos eléctricos ou electrónicos que tenham uma corrente nominal de entrada de até 16 A por fase, ligados a uma rede pública de baixa tensão alternada de 50 Hz, com tensão fase-neutro entre 220 e 240 V, [43].

Esta norma estabelece limites para quatro diferentes classes de equipamentos. Os limites de harmónicos de entrada de corrente para equipamentos classe A, que inclui a maioria dos produtos, com excepção de ferramentas portáteis (Classe B), equipamentos de iluminação (Classe C) e computadores pessoais e televisores (Classe D), estão listados na tabela 6.2 para harmónicos pares e ímpares, até o harmónico 20.

Para harmónicos ímpares acima do nonagésimo, o requisito suposto cumprir é que a corrente não exceda $2.25/n$, onde n é o número harmónico. Para harmónicos pares maiores do que o vigésimo, o limite actual é $1.84/n$, [30]. Estes limites são aplicáveis até o harmónico 40.

Tabela 6.2 - Limites para equipamentos da Classe A, [30].

Ordem do harmónico (n)	Corrente harmónica máxima permitida (A)	Ordem do harmónico (n)	Corrente harmónica máxima permitida (A)
1	---	2	1,08
3	2,30	4	0,43
5	1,14	6	0,30
7	0,77	8	0,23
9	0,40	10	0,18
11	0,33	12	0,15
13	0,21	14	0,13
15	0,15	16	0,12
17	0,13	18	0,10
19	0,12	20	0,09

6.1.2.1. Procedimento de ensaio

As correntes harmónicas são medidas de acordo com o seguinte diagrama de blocos:

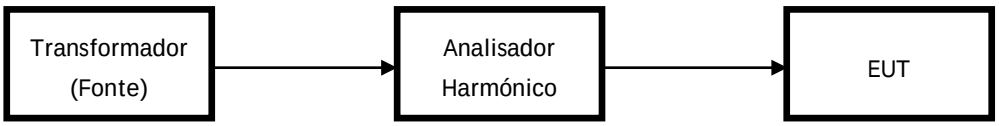


Figura 6.5 – Diagrama de blocos da montagem.

A corrente harmónica desenhada por um equipamento pode ser facilmente medida usando um medidor de energia pequeno ou um analisador harmónico. O analisador harmónico fornece a medida das harmónicas, até a 40ª ordem. O tempo de observação depende do tipo de operação da amostra, e é determinado pela norma, [44].

Representando a amplitude de cada ordem de harmónica, na presença da sua frequência, obtém-se uma representação sob forma de histograma, chamada análise espectral.

6.1.2.2. Resultado dos ensaios

Meio: Ligação à rede de alimentação 230 V~
Norma: EN 61000-3-2
Limites: Classe A

Equipamentos de ensaio utilizados:
Sistema Profline SHAFFNER 2100
Fonte monofásica SHAFFNER NSG1007
Impedância de referência "SCHAFFNER" CCN1000

Após a execução do ensaio onde a amostra foi ajustada de modo a se encontrar o máximo nível de perturbações, o software gerou automaticamente um gráfico, disponível na figura 6.6, onde são apresentados os valores da distorção harmónica do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM. Para cada harmónica, da ordem 1 a 40, é analisado se o equipamento está dentro ou fora do limite, com uma incerteza de medição (com um intervalo de confiança de 95%) no ensaio de 5%.

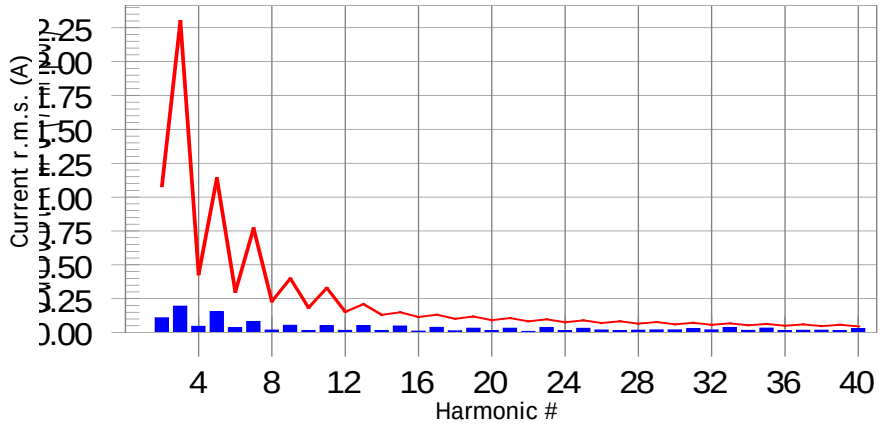


Figura 6.6 – Gráfico dos valores da distorção harmónica do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM.

Resultado: Como é possível observar no gráfico, onde a linha a encarnado corresponde aos valores limites de especificação e a barra a azul aos valores medidos, o equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu o limite das especificações. A pior harmónica foi a # 40 com um valor de 67% do limite respectivo.

6.1.3. Ensaio de emissão conduzida – Perturbações de radiofrequência

A norma EN 55022, quando usada no campo das emissões electromagnéticas conduzidas, tem como objectivo verificar e controlar as perturbações de RF que o EUT acopla aos terminais de energia da rede eléctrica, bem como dos terminais de telecomunicações, provenientes de correntes de ruído injectadas, na gama de frequências de 0 a 30 MHz.

Geralmente, estas correntes são muito pequenas para causar interferência directa noutros equipamentos ligados à mesma rede. Contudo, possuem um valor suficiente para que as linhas de distribuição de energia eléctrica criem radiação, tornando-se, desta forma, uma fonte de interferência.

Os limites para as emissões conduzidas são definidos para frequências abaixo dos 30 MHz, onde a maioria dos equipamentos não possui dimensões suficientemente grandes para eles próprios serem emissores eficientes, mas onde a rede de distribuição de energia eléctrica c.a. pode ser uma antena muito eficiente. No fundo, pode-se considerar que os requisitos para emissões conduzidas são, na realidade, requisitos de emissões radiadas "disfarçados". Acrescenta-se ainda, a existência de cargas não lineares ricas em harmónicos que também podem deteriorar o desempenho do sistema de distribuição de energia eléctrica. Por estas razões, o projecto dos cabos de alimentação e dos filtros, para ligação dos equipamentos à rede eléctrica, têm grande influência nos harmónicos e nas emissões conduzidas, [29], [30].

Os ensaios de emissão conduzida têm como objectivo verificar que o EUT não gera ruídos conduzidos pelos seus cabos de energia e telecomunicações, acima de determinados níveis.

De forma a se obter resultados menos discrepantes, a impedância vista pelo EUT na alimentação c.a. deve ser estável ou fixa. Deste modo, durante o ensaio de emissão conduzida, o EUT é isolado de da rede eléctrica, utilizando uma *Line Impedance Stabilization Network* (LISN), também, por vezes, designado por *Artificial Mains Network* (AMN), [30], [45].



Figura 6.7 – Exemplo de uma LISN ou AMN.

A LISN actua como um transdutor invasivo, isolando o circuito de sinais indesejáveis da rede de energia eléctrica, que devem ser ligados em série com os condutores em teste, de forma a proporcionar impedâncias de MC e MD definidas e a converter a corrente de ruído do EUT em tensão de ruído [46].

A LISN é ainda responsável pela transferência da EMI conduzida para o medidor da interferência, neste caso o receptor de EMI. O receptor efectua depois a medição na faixa de frequência recomendada para o EUT.

Estes equipamentos fornecem uma impedância artificial de 50 Ω no lado da alimentação, entre fase-terra e neutro-terra, criando a impedância de MC de 50 Ω e a impedância de MD igual a 100 Ω, na gama de frequências de 0,15 a 30 MHz. Evita-se, assim, a variabilidade da impedância MC e MD das redes públicas de alimentação, que variam no mínimo de 2 Ω a 2000 Ω, dependendo do modo, hora do dia e frequência, [46].

A norma de referência, EN 55022, determina duas classes de equipamentos, conforme a utilização à qual se destina: a Classe A para equipamentos comerciais e industriais e a Classe B para equipamentos de uso doméstico ou genérico.

A tabela 6.3 mostra os limites para emissões conduzidas, definidos nesta norma, para equipamentos da Classe A. Estas tensões são medidas em modo comum entre fase-terra e neutro-terra, no cabo de ligação de alimentação c.a., utilizando LISN de 50 Ω/50 μH + 5 Ω.

Tabela 6.3 – Limites de emissão electromagnética conduzida para equipamentos da Classe A, [47].

Gama de frequência (MHz)	Limites dB(μV)	
	Quasi-pico	Média
0,15 - 0,5	79	66
0,5 - 30	73	60

Nota 1 – O limite inferior deve ser aplicado as frequências de transição.

O circuito de uma LISN 50 µH usado na grande maioria dos ensaios de emissão conduzida é mostrado na figura 6.8, [29], [30].

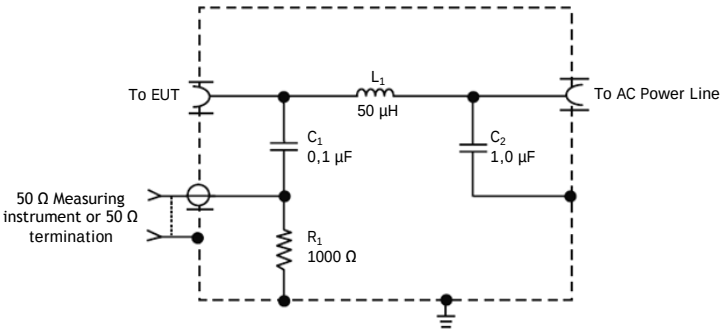


Figura 6.8 – Circuito de uma LISN 50 µH usado nos testes de emissão conduzida.

O condensador C_2, no lado da alimentação c.a. da LISN, impede que a impedância variável da alimentação c.a. influencie os resultados do ensaio. Por outro lado, a bobina L_1 fornece uma impedância que cresce com a frequência, e o condensador C_1 é utilizado para acoplar o equipamento de medida das emissões conduzidas à alimentação c.a.. A resistência R_1 descarrega os condensadores da LISN, aquando da sua remoção da alimentação c.a., prevenindo que os condensadores carregados da LISN se tornem perigosos. O equipamento de medida (analisador de espectro ou receptor de radiofrequência) coloca uma resistência de 50 Ω em paralelo com R_1 e limita o crescimento da impedância com a frequência. Referir, que a resistência de entrada do equipamento de medida (50 Ω) é parte da impedância LISN. A impedância vista pelo EUT através da LISN é mostrada na figura 6.9, [30].

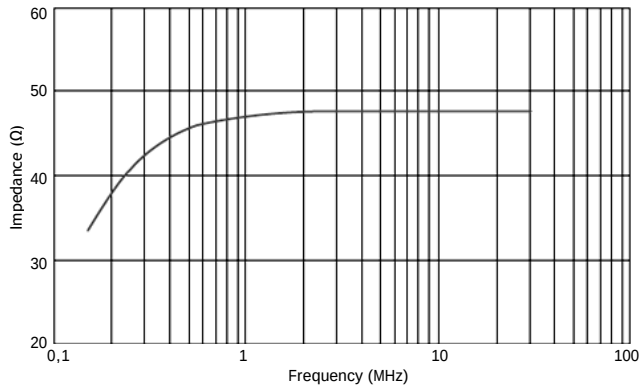


Figura 6.9 – Impedância vista nos terminais do EUT utilizando uma LISN 50 µH, [30].

Como se verifica através da figura 6.10, a impedância possui um valor próximo dos 48 Ω (paralelo da resistência de entrada do equipamento de medida, 50 Ω, e a resistência R_1) na gama de frequências de 0,15 a 30 MHz, sendo que, apenas abaixo dos 0,5 MHz a impedância diminui significativamente abaixo deste valor. O crescimento da impedância LISN com a frequência deve-se à bobina de 50 µH da LISN.

Resumidamente, existem três objectivos principais para a utilização de uma LISN, [30]:

- Actuar como um transdutor de corrente para tensão;
- Evitar que os ruídos externos provenientes da rede de energia eléctrica deteriorem as medidas efectuadas no EUT.
- Apresentar uma impedância constante de 50 Ω vista pelo EUT entre fase-terra e neutro-terra, em toda a gama de frequências do ensaio de emissão conduzida.

Conforme referido acima, o ensaio de emissão conduzida pode similarmente ser realizado nos terminais de telecomunicação (por exemplo, terminais de dados), utilizando-se um equipamento semelhante a uma LISN, mas de impedância diferente, denominado *Impedance Stabilising Network* (ISN), [44], [47], [48].

Estes equipamentos são também transdutores invasivos que devem ser ligados em série com os condutores, de forma a criar uma impedância de 150 Ω nos terminais de teste, correspondendo melhor à impedância real dos condutores de sinal ou de dados, [46]. Contudo, não serão utilizados neste ensaio.

6.1.3.1. Procedimento de ensaio

Este tipo de ensaio é realizado numa sala de teste construída de acordo com as especificações de referência da norma EN 55022, ilustrada na figura 6.10.

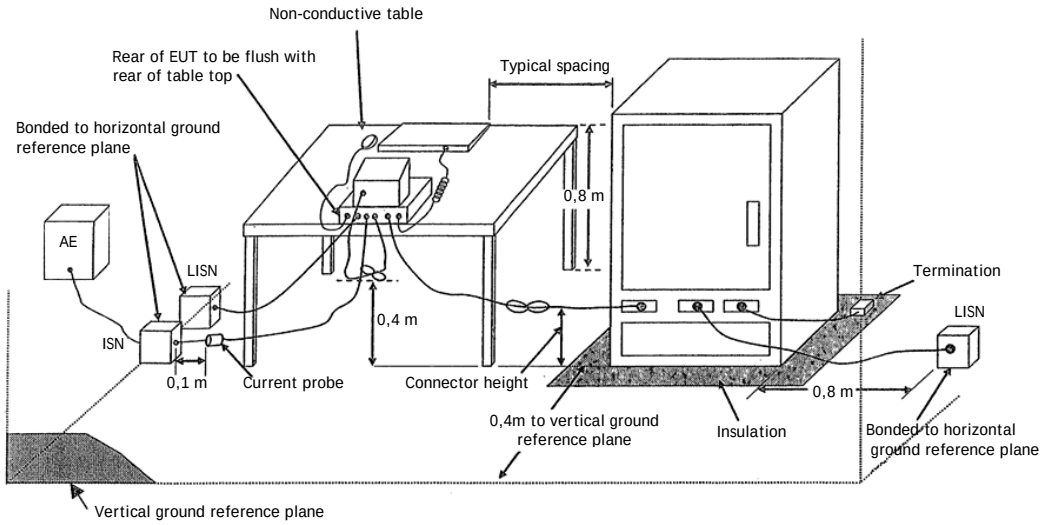


Figura 6.10 – Exemplo de montagem para ensaio de emissão conduzida, [47].

A sala é composta por dois planos de terra, um horizontal e outro vertical, utilizados como referência de terra, estabelecida pela norma para todos os EUT e para as LISNs usadas.

O EUT é colocado na sala de ensaio e ligado à rede de alimentação c.a. através de uma LISN, sendo testado em condições de funcionamento normal. De seguida, apresentam-se os pontos mais relevantes do procedimento de ensaio, conforme a norma referida, [44]:

- Inicia-se, com o auxílio de um sistema computacional, a detecção das medidas de ensaio pelo valor de pico para a definição e posterior localização da gama de frequências de interesse. Seguidamente, muda-se a forma de detecção para *Quasi-pico*, para proceder à análise e comparação com a norma de referência.
- São realizadas também medidas de detecção de valor médio, nos pontos em que a medida de pico estiver próxima ou ultrapasse o limite do valor médio.
- O equipamento é aprovado no ensaio de emissão conduzida se ambos os valores (*Quasi-pico* e Médio) estiverem abaixo dos respectivos limites.
- Este procedimento é repetido para cada uma das fases de alimentação c.a. do EUT.

6.1.3.2. Resultado dos ensaios

Meio: Ligação à rede de alimentação 230 V~
Norma: EN 55022
Limites: Classe A

Equipamentos de ensaio utilizados:

LISN trifásica 50 Ω/50 µH + 5 Ω MEB
Atenuador 20 dB
Electromagnetic Interference Receiver AFJ ER55C2.8

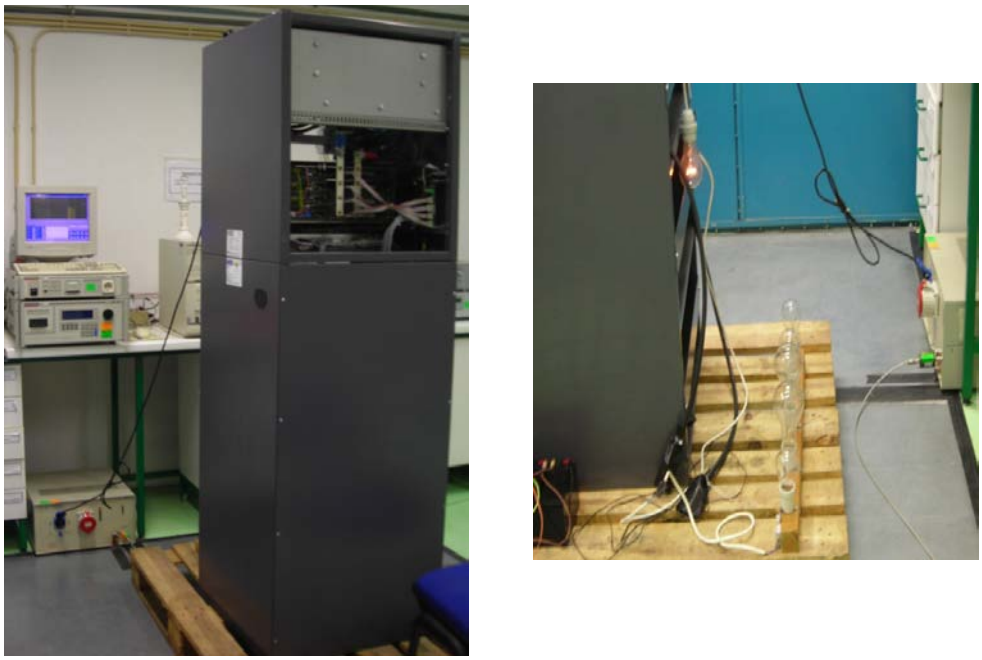


Figura 6.11 – Ensaio de Emissão Conduzida – Perturbações de Radiofrequência

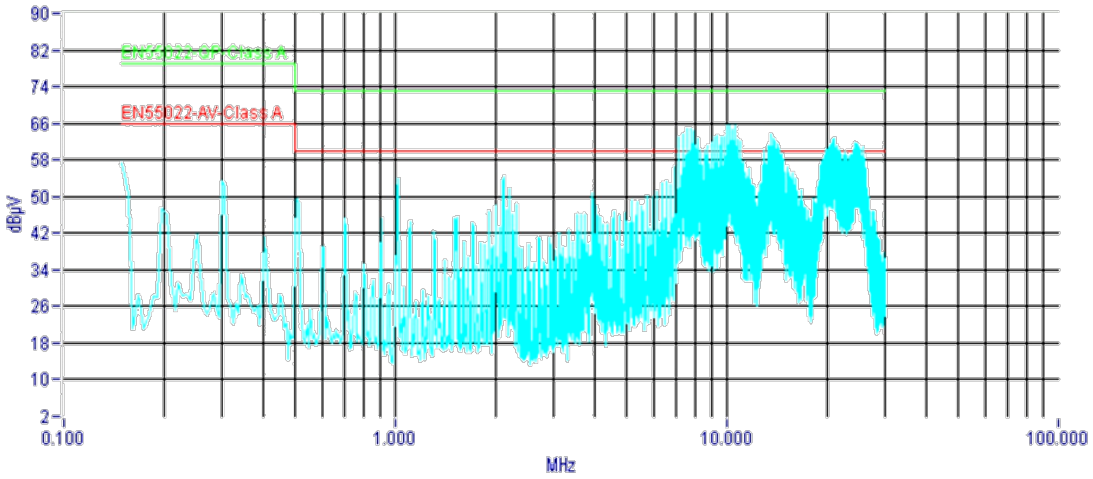


Figura 6.12 - Detector de pico (10 ms) entre 0,15 e 30 MHz.

Tabela 6.4 – Registo dos valores da frequência, quasi-pico e média de emissão conduzida.

Frequência (MHz)	Quasi-pico (dB(µV))	Média (dB(µV))
0.150	54.5	45.2
0.300	53.9	48.5
1.020	54.0	53.9
2.118	52.7	47.5
3.936	48.6	41.1
7.776	63.0	47.3
9.174	62.2	49.1
9.984	63.6	58.2
13.578	61.5	48.3
14.184	60.3	50.6
21.030	55.7	50.8
22.638	55.5	49.3
22.836	55.5	44.5
23.640	57.0	45.0
24.252	55.6	50.8
25.728	46.9	48.1

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu, embora dentro das incertezas na gama de frequências de 0,5 a 30 MHz, o limite especificado por uma margem de 2 dB. A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 3,6 dB.

6.1.4. Ensaio de emissão radiada

Embora a norma EN 55022 se refira a ruído conduzido abaixo de 30 MHz e ruído radiado acima deste valor, estes valores são apenas de uma subdivisão convencional, pois o ruído conduzido e radiado resultam de fenómenos físicos correlacionados.

Para frequências superiores a 30 MHz, verifica-se que a propagação de perturbações através de meios metálicos (cabos eléctricos) é difícil, pelo que a partir destes valores geralmente são apenas avaliadas as perturbações radiadas, [49].

As emissões radiadas estão relacionadas com os campos eléctricos e magnéticos radiados pelo equipamento e que interferem noutros equipamentos.

A medição dos campos radiados por um equipamento deveria ser realizada, em teoria, num ambiente livre de poluição electromagnética externa, onde se presume que as únicas reflexões de onda possíveis são as provenientes do solo, denominado *Open Area Test Site*. Devido à enorme dificuldade de se encontrar um local com estas características, opta-se por simular um campo aberto ideal, utilizando uma câmara semi-anecóica.

A câmara semi-anecóica, figura 6.13, é construída na sua totalidade em metal, o que lhe confere blindagem a radiações electromagnéticas. Internamente, é revestida por espumas especiais cobertas por carbono, permitindo a absorção de radiações electromagnéticas, excepto no chão. Este é constituído por chapas metálicas cobertas por material sintético que permite uma ampla movimentação de cabos. A sua função é reflectir as ondas electromagnéticas para o ambiente. No fundo da câmara existe uma base giratória onde é instalado o equipamento a testar, [44]. Estas estruturas são complexas e caras e, assim, o custo associado à verificação de conformidade é elevado.

Obviamente, no ambiente de teste não devem existir objectos que propiciem a reflexão e, assim, deve ser dispensada especial atenção aos cabos de alimentação do EUT e aos dispositivos de monitorização.



Figura 6.13 – Esquema de ensaio no interior da câmara semi-anecóica.

Tal como para o ensaio de emissão conduzida, a norma de referência para o ensaio de emissão radiada é a norma EN 55022, definindo do mesmo modo duas classes: classe A e classe B. A tabela 6.5 exibe os limites estabelecidos para o ensaio, de acordo com a classe A.

Tabela 6.5 - Limites para o ensaio de emissão radiada para equipamentos classe A (d=10 m).

Gama de Frequência (MHz)	Limite Quasi-pico (dBµV/m)
30 – 230	40
230 - 1000	47

Nota 1: O limite inferior deve obedecer a frequência de transição.
Nota 2: Disposições complementares podem ser requeridas para casos onde ocorre interferência.

6.1.4.1. Procedimento de ensaio

O ensaio deve ser sempre realizado com o equipamento nas suas condições de funcionamento normal. Cada uma das suas interfaces deve ser ligada a um periférico ou a uma carga típica, garantindo que todas as funções do EUT são experimentadas durante o ensaio. A figura 6.14 representa uma configuração para o ensaio de emissão radiada.

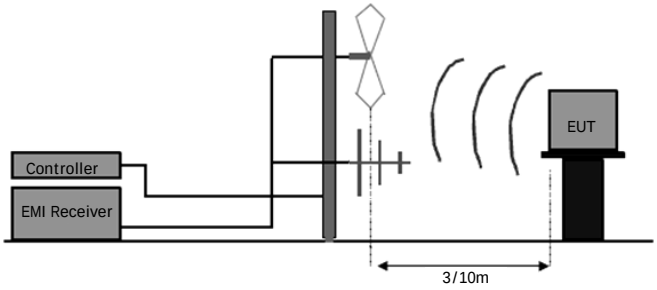


Figura 6.14 – Diagrama para o ensaio de emissão radiada.

Basicamente, são utilizadas duas formas de detecção do sinal para este ensaio: pico e *Quasi-pico*. A primeira é sempre empregada inicialmente para conduzir à determinação das frequências dos sinais de interesse e à sua respectiva localização espacial. O seu valor é sempre maior ou igual à medida de *Quasi-pico* e o seu modo de aquisição é mais simples. A segunda forma de detecção é utilizada numa fase terminal e o seu valor é o oficial para efeito de comparação com os limites da norma.

As medições são sempre maximizadas, em simultâneo com os dados em tempo real, usando-se, para tal, a função *Max Hold* através de um software que trata as medidas dadas pelo receptor de EMI, [44].

Para a obtenção do máximo nível de emissão é realizada uma prospecção espacial da radiação emitida pelo EUT, captada pelas antenas utilizadas no ensaio: *biconilog* (30 MHz a 1 GHz) e *horn* (de 450 MHz até 6GHz).

Para conduzir essa prospecção, são variadas as posições azimutais da mesa giratória onde se encontra o EUT e a altura das antenas receptoras. A sequência destas variações é função do histórico de medição. Apenas se varia uma coordenada de cada vez. A configuração da montagem deve permitir que o EUT seja girado em até 360°, bem como que a altura da antena seja variada de 1 a 4 m. Com isto, o campo eléctrico gerado pelo EUT pode ser medido em diferentes condições, de forma a se identificar pontos que extrapolem os limites estabelecidos. Quando o ensaio aponta medições que ultrapassam aqueles limites, o equipamento é reprovado no ensaio, [50].

A EN 55022 estabelece que os locais de ensaio devem ser validados para a polarização vertical e horizontal, para todas as frequências em que são realizadas medições.

O resultado da medição é calculado automaticamente por um microcomputador que processa os dados oriundos do receptor de EMI. É realizada uma compensação nas leituras devido a perdas nos cabos e aos factores de antena, conforme a seguinte fórmula, [44]:

$$E = V + K$$

onde, E – valor do campo eléctrico

V - valor da tensão recebida no receptor de EMI

K – factor que compensa as perdas, somatório das perdas nos cabos (C) e dos factores de antena (AF), definido como um factor de transdução do sinal do campo eléctrico recebido pela antena em sinal eléctrico produzido aos seus terminais, menos o ganho do amplificador (G): $K = C + AF - G$

6.1.4.2. Resultado dos ensaios

Meio: Ligação à rede de alimentação 230 V~
Norma: EN 55022
Limites: Classe A

Equipamentos de ensaio utilizados:

Câmara semi-anecóica ETS (4x3,5x8) m
Cabos coaxiais 2 m + 10 m de 50 Ω
Electromagnetic Interference Receiver AFJ ER55CR
Antena Biconilog EMCO 3142

Os resultados obtidos são apresentados na forma gráfica pelo sistema computacional, que sobrepõe o limite da norma em questão para a análise dos resultados, como é possível observar nas figuras 6.15 e 6.16.

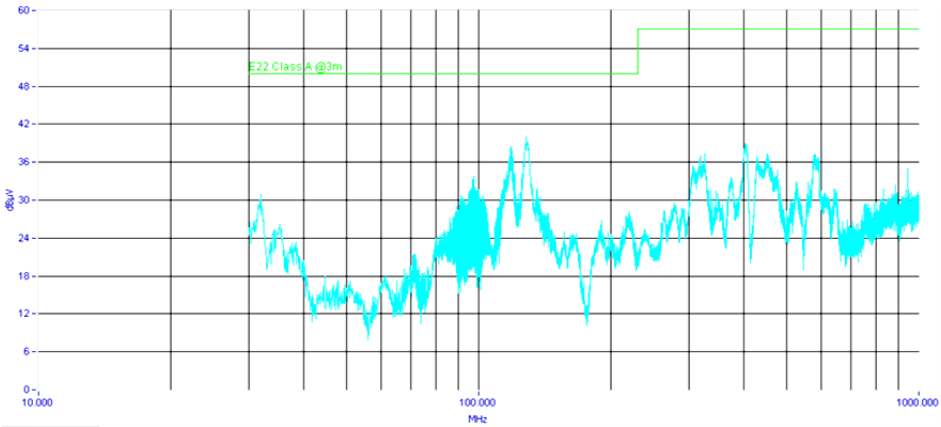


Figura 6.15 - Polarização Horizontal.

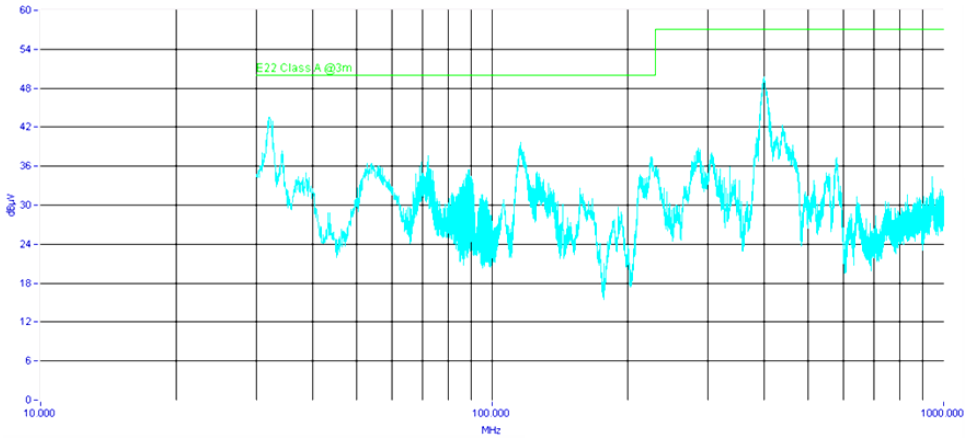


Figura 6.16 - Polarização Vertical.

Tabela 6.6 - Valores registados mais significativos.

Polaridade	Frequência (MHz)	Quasi-pico (dBµV)
Horizontal	96.779	31.6
	97.769	33.2
	118.559	35.9
	128.190	39.0
	404.399	42.2
Vertical	32.070	43.57
	115.590	39.75
	399.810	49.73
	69.780	36.58
	54.120	36.54
	225.048	37.27

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu o limite da especificação por uma margem de 7 dB, para a classe A. A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 5 dB.

6.2. Ensaios de imunidade

Imunidade a um qualquer distúrbio electromagnético é a capacidade do equipamento para funcionar de acordo com o previsto, sem sofrer degradação na presença de perturbações electromagnéticas geradas externamente, [9]. As perturbações electromagnéticas podem associar-se de diversas maneiras aos equipamentos eléctricos ou electrónicos.

Neste ponto serão descritos os ensaios de imunidade electromagnética, destacando-se a análise às descargas electrostáticas, à imunidade radiada, à imunidade conduzida, onde se destacam as correntes de radiofrequência injectadas, as ondas de choque e os transitórios rápidos, e aos cortes breves de tensão.

A figura 6.17 mostra um diagrama possível dos ensaios de imunidade electromagnética.

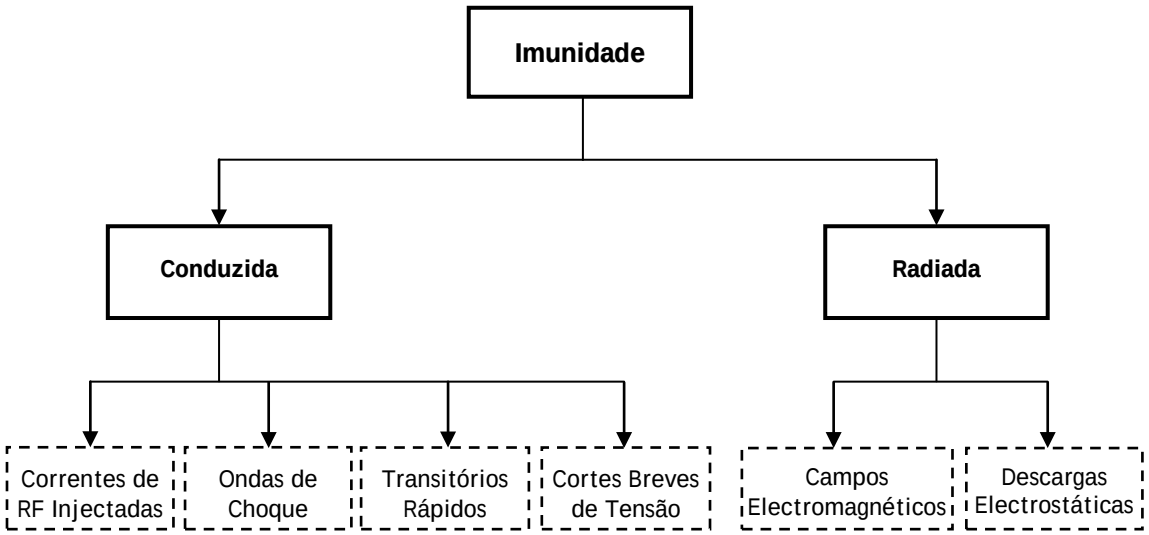


Figura 6.17 - Diagrama dos ensaios de imunidade electromagnética.

Os critérios de aceitação durante os ensaios de imunidade foram definidos de acordo com a norma ETSI EN 300386, [68]:

- **Critério A -** Durante o ensaio o equipamento deve continuar a funcionar como pretendido, não sendo permitida qualquer degradação perceptível do seu desempenho ou perda de funções para além de um limite que o utilizador possa esperar.
- **Critério B -** Após o ensaio o equipamento deve continuar a funcionar como pretendido, não sendo permitida qualquer degradação perceptível do seu desempenho ou perda de funções para além de um limite que o utilizador possa esperar. Durante o ensaio é permitida degradação do seu desempenho, desde que o estado, a configuração e os dados registados não sejam alterados.
- **Critério C -** É permitida perda de funções temporariamente desde que sejam auto-recuperáveis ou que possam ser restabelecidas pela operação de controlos ou outra operação especificada nas instruções de uso.

6.2.1. Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas

A electricidade estática requer atenção especial em função do seu impacto prático em muitas áreas. Uma descarga electrostática é uma transferência de carga eléctrica entre pessoas ou objectos de diferentes potenciais, ou raios caindo directamente, causados por contacto directo ou indirecto por um campo electrostático, [51]. A carga acumulada e a diferença de potencial entre o objecto e a terra local são função de muitos parâmetros, como a humidade relativa do ar, a pressão atmosférica, a temperatura, as propriedades dos materiais e o formato dos objectos, [53].

Para a sua análise não existe um modelo matemático universal para se calcular a carga resultante e as tensões envolvidas, devido à quantidade de variáveis envolvidas.

O ensaio de imunidade às descargas electrostáticas, designado na literatura inglesa de *Electrostatic Discharge* (ESD), descrito na norma EN 61000-4-2, avalia a imunidade a contactos acidentais de corpos com cargas electrostáticas, descarregadas subitamente sobre o EUT. A conformidade é atingida se o equipamento, após a aplicação das perturbações, se encontrar em condições normais de funcionamento.

Uma descarga electrostática para um objecto receptor tem a forma típica de um impulso ilustrada na figura 6.18, com uma duração de dezenas de ns para a corrente subir de 10% até alcançar 90% da corrente de pico (I_p). O conteúdo espectral pode ocupar uma largura espectral bem grande.

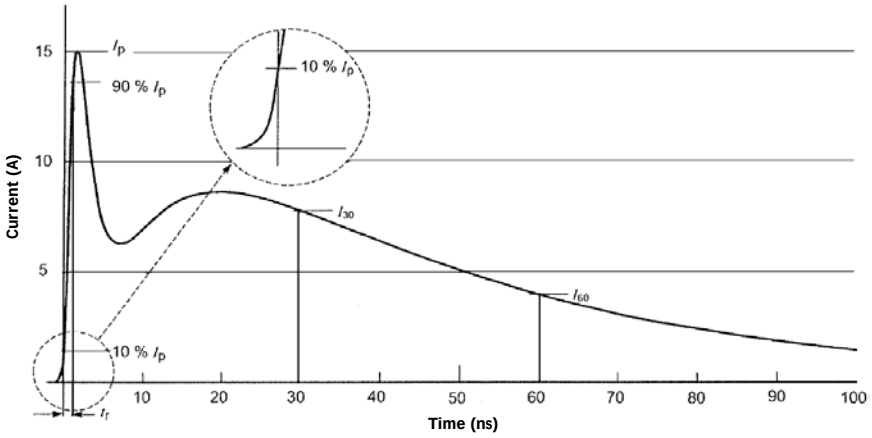


Figura 6.18 - Forma de onda típica de corrente de um impulso de ESD.

Para a realização dos ensaios de imunidade às descargas electrostáticas, é utilizado um simulador de ESD capaz de realizar descargas de tensões muito elevadas, obedecendo aos critérios da norma EN 61000-4-2. Este simulador, referenciado em inglês como ESD *gun*, sujeita o equipamento a descargas provenientes de um condensador de baixa capacidade (representativo da capacidade do corpo humano), carregado com uma tensão muito elevada (até 15 kV). Um esquema básico de um simulador de ESD é apresentado na figura 6.19.

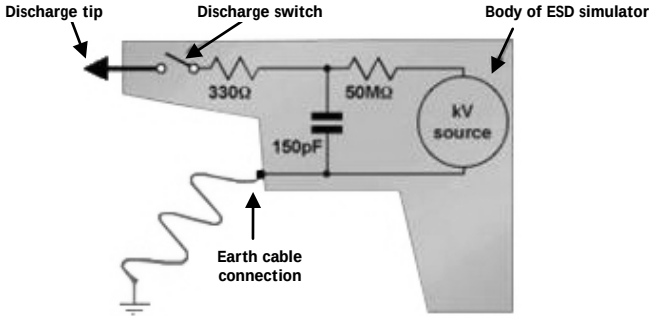


Figura 6.19 – Esquema básico de um simulador de ESD, [52].

Vários níveis de descargas ou severidade podem ser empregues. Dá-se, contudo, sempre preferência pelas descargas directas, em contacto com o equipamento. A tabela 6.7 reproduz os níveis de severidade que podem ser aplicados, de acordo com a norma EN61000-4-2, [54].

Tabela 6.7 - Níveis de severidade para o ensaio de imunidade às ESD.

Descargas por contacto		Descargas pelo ar		VCP/HCP	
Nível de Severidade	**Tensão de Ensaio (kV)**	**Nível de Severidade**	**Tensão de Ensaio (kV)**	**Nível de Severidade**	**Tensão de Ensaio (kV)**
1	2	1	2	1	2
2	4	2	4	2	4
3	6	3	8	3	6
4	8	4	15	4	8
x[1)]	Especial	x[1)]	Especial	x[1)]	Especial

[1)] x é um nível que deve ser utilizado para equipamentos específicos

Os níveis de severidade devem ser seleccionados de acordo com a instalação real e condições ambientais, descritos na tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Critérios para selecção dos níveis de severidade.

Nível de severidade	Humidade relativa (%)	Tipo de material	Tensão máxima (kV)
1	35	Anti-estático	2
2	10	Anti-estático	4
3	50	Sintético	8
4	10	Sintético	15

6.2.1.1. Procedimento de ensaio

A figura 6.20, que se segue, mostra um esboço da montagem para os ensaios de imunidade às ESD para equipamentos instalados no solo.

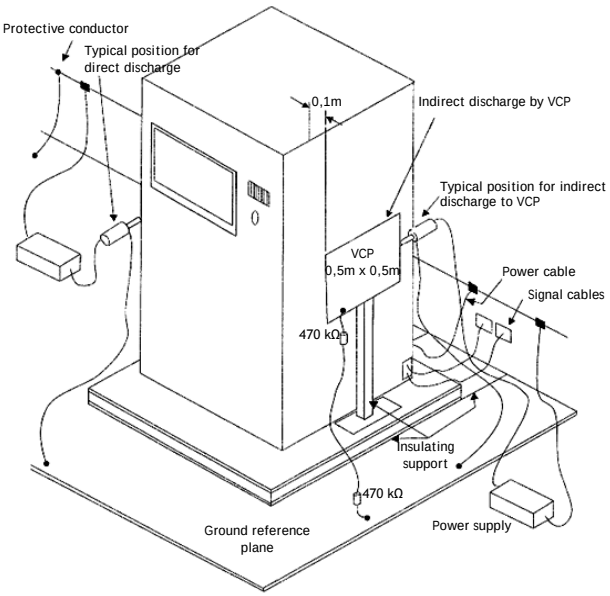


Figura 6.20 - Montagem para o ensaio de imunidade a ESD para equipamentos instalados no solo.

Com o auxílio do simulador de ESD, são aplicados directamente no EUT, conforme o ambiente e o tipo de equipamento que está a ser submetido ao ensaio, alguns níveis de descargas descritos na norma EN 61000-4-2:

- Descarga directa: pelo ar e por contacto;
- Descarga indirecta: via Plano de Acoplamento Vertical (do inglês *Vertical Coupling Plane* (VCP)) e Plano de Acoplamento Horizontal (do inglês *Horizontal Coupling Plane* (HCP)).

Na descarga directa, realizada quer pelo ar quer por contacto, são escolhidos para a aplicação das ESD alguns pontos considerados críticos e com maior probabilidade de apresentar problemas, em particular pontos ou superfícies do EUT acessíveis ao utilizador durante o seu normal funcionamento.

Nos pontos pré-seleccionados, devem ser aplicadas no mínimo 10 descargas simples (na polaridade mais sensível) com um intervalo mínimo entre as descargas de 1 segundo. O simulador de ESD deve ser colocado perpendicular à superfície da descarga, tendo em conta que o seu cabo de retorno deve ficar a uma distância de 0,2 m do EUT. A ponta do eléctrodo deve tocar o EUT, antes que as descargas sejam aplicadas.

No caso de descargas pelo ar, o eléctrodo deve ser aproximado tão rápido quanto possível (sem causar danos mecânicos) até tocar o EUT. Depois de cada descarga, o eléctrodo do simulador de ESD deve ser removido do EUT.

A descarga por contacto indirecto efectuada em objectos colocados ou instalados próximos do EUT devem ser simuladas aplicando-se as descargas num plano de acoplamento, utilizando os mesmos níveis de tensão para o contacto directo. O tempo entre impulsos de ESD é de 1 segundo e são aplicados da seguinte forma: 10 impulsos de polaridade negativa e

10 impulsos de polaridade positiva. Após a aplicação de cada sequência de impulsos, o funcionamento do EUT é verificado, de acordo com a figura 6.20, [48].

Existem dois tipos de descargas por contacto indirecto: a VCP e a HCP. Enquanto na VCP é verificada a imunidade do EUT ao acoplamento através do plano vertical, na HCP é verificada a imunidade do EUT ao acoplamento através do plano de acoplamento horizontal. Contudo, para equipamentos instalados no solo são apenas aplicadas descargas indirectas VCP.

6.2.1.2. Resultado dos ensaios

Meio: Invólucro
Norma: ETSI EN 300386 (tabela 6) e EN 61000-4-2
Critério de Aceitação: B
Temperatura/Humidade: 23 ºC/53%
Nível: Contacto (nível 2 – 6 kV); Ar (nível 3 – 8 kV)
Configuração: Equipamento instalado no solo

Equipamentos de ensaio utilizados:

Gerador de descargas ESD HILO TEST SESD 200 150 pF/330 Ω



Figura 6.21 – Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas directas.

Tabela 6.9 – Descargas directas.

Parte ensaiada	Tensão de ensaio
Todas as faces do aparelho, e partes metálicas	6 kV – contacto
Painel frontal do MiniPSM, disjuntores	8 kV - ar



Figura 6.22 – Ensaio de imunidade a descargas electrostáticas indirectas verticais.

Tabela 6.10 – Descargas indirectas (VCP).

Parte ensaiada	Tensão de ensaio
Frente MiniPSM (Acoplamento vertical)	4 kV – contacto
Trás (Acoplamento vertical)	4 kV – contacto

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu com todos os níveis especificados.

6.2.2. Ensaio de imunidade a campos electromagnéticos radiados

O ensaio de imunidade radiada tem como objectivo verificar se o EUT é imune a campos electromagnéticos de radiofrequência. Muitos equipamentos são, de alguma forma, afectados por radiação electromagnética. Esta radiação é frequentemente gerada por fontes, tais como pequenos dispositivos de rádio, estações de transmissão fixa de rádio e televisão, rádios de veículos e outras fontes electromagnéticas industriais, [44].

A estrutura para este ensaio, descrita na norma EN 61000-4-3, consiste em sujeitar o EUT a um campo electromagnético de RF de severidade definida de acordo com a aplicação do equipamento, monitorizando o seu normal funcionamento. Para cada face, o equipamento é submetido a interferências com uma antena nas polarizações vertical e horizontal, [48].

Uma das estruturas de laboratório mais utilizadas para os testes de imunidade a campos electromagnéticos radiados é a câmara semi-anecóica, já descrita no ponto 6.1.4 desta dissertação, [45]. Esta provê um elevado isolamento electromagnético com o meio externo, possibilitando o controlo da interferência sobre o EUT e evitando interferência noutros equipamentos de comunicação, [55]. Como o teste é efectuado numa câmara fechada, e porque pessoas não estão autorizadas a estar no seu interior durante os ensaios, os laboratórios de teste são equipados com câmaras de vídeo e monitores para se observar o EUT.

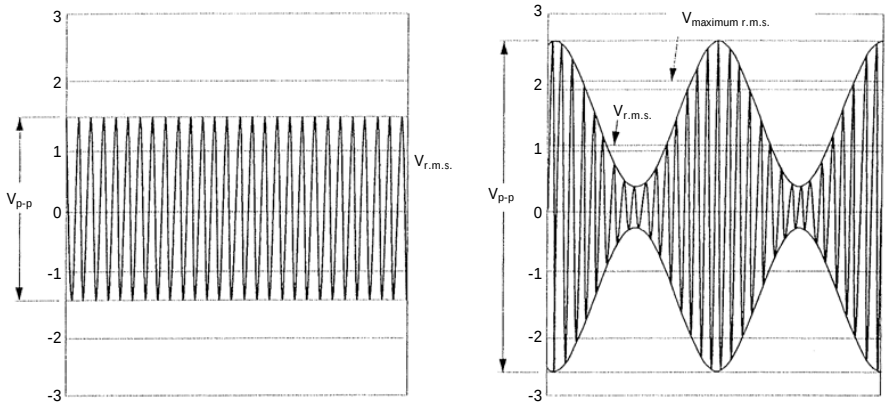
Os níveis de severidade e a faixa de frequência são seleccionados de acordo com o ambiente electromagnético a que o equipamento é exposto. A tabela 6.11 apresenta todos os níveis de teste aplicáveis a este ensaio descritos na norma EN 61000-4-3.

Tabela 6.11 - Níveis de severidade para equipamentos emissores de radiofrequência, [56].

Nível de Severidade	Intensidade de campo (V/m)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Especial

Nota 1: "x" e um nível aberto de ensaio. Este nível pode ser fornecido pelas especificações do produto

Os valores da intensidade do campo de teste são estabelecidos de forma não modulada da onda portadora. De modo a simular ameaças reais, o teste é efectuado com a portadora modulada em amplitude por um sinal sinusoidal de 1 kHz com índice de modulação de 80%.



a) Unmodulated RF-signal
V_{p-p} = 2,8 V
$V_{r.m.s.}$ = 1,0 V

b) Modulated RF-signal 80% AM
V_{p-p} = 5,1 V
$V_{r.m.s.}$ = 1,15 V
$V_{maximum\ r.m.s.}$ = 1,8 V

Figura 6.23 – Definição do nível de teste e formas de onda na saída do gerador de sinal RF, [56].

O método de ensaio descrito na EN 61000-4-3 não pode garantir que um determinado EUT e seus cabos sejam expostos exactamente à mesma distribuição e nível de campo radiado. Assim, porque existe sensibilidade não-linear de circuitos analógicos e digitais a campos radiados de RF, e porque equipamentos fabricados em massa possuem variações no seu desempenho a testes de imunidade, é recomendável uma boa "margem de engenharia" para ensaios de imunidade radiada, [55].

6.2.2.1. Procedimento de ensaio

Os requisitos básicos para este ensaio de imunidade radiada são um gerador de sinal RF, um amplificador de potência de banda larga, um transdutor e uma antena ou conjunto de antenas. Estes equipamentos de ensaio permitem gerar um campo na posição do EUT, mas para um controlo preciso da intensidade do campo, devem existir meios para de alguma forma controlar e calibrar o nível que alimenta o transdutor. Os laboratórios de teste integram normalmente estes componentes com um controlo por computador.

A intensidade do campo é ajustada antes de começar o ensaio utilizando-se o método de substituição, que consiste em posicionar uma antena de forma a medir o campo na mesma posição onde o EUT será colocado durante o ensaio. É elaborada então uma tabela com a tensão necessária no gerador de sinais para atingir o campo desejado e o EUT é posicionado no local onde estava a antena. O gerador de sinais é controlado por um *software* desenvolvido especialmente para este ensaio que contém as faixas de frequência e as tensões necessárias para cada faixa [44]. Uma *interface* é trazida para fora da câmara de ensaio, através de um cabo de rede, onde são colocadas ferrites a fim de evitar a passagem de ruído de alta-frequência para dentro da câmara. Um medidor de nível selectivo, em alta impedância, é ligado à ponta deste cabo, [45].

A figura 6.24 mostra o exemplo de montagem presente na norma EN 61000-4-3 para este ensaio de imunidade radiada.

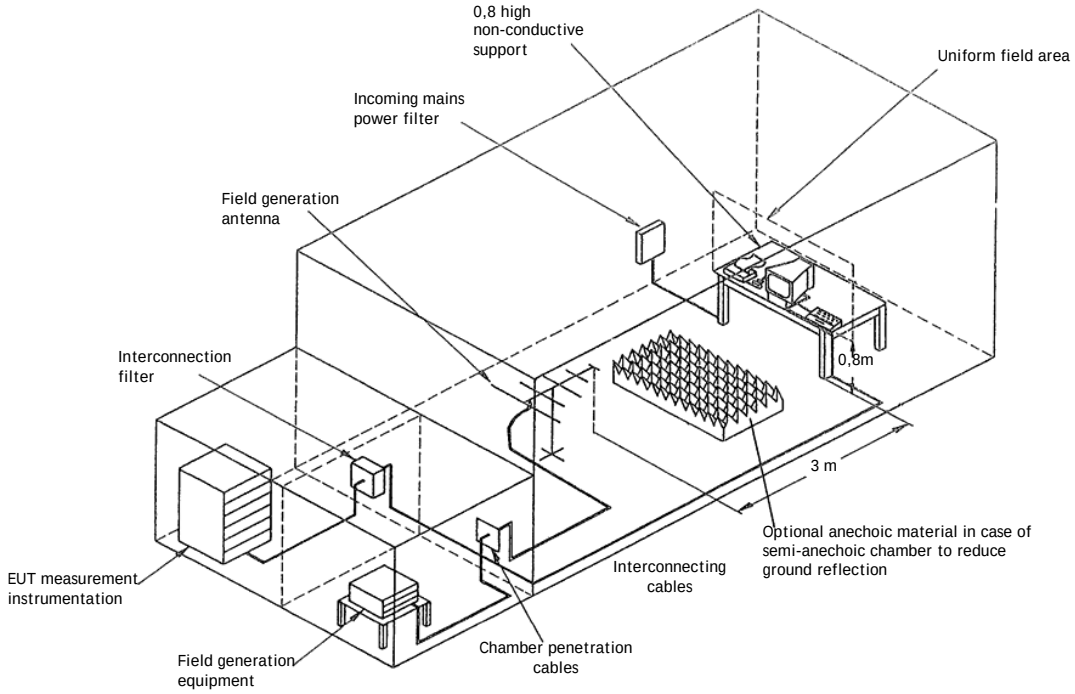


Figura 6.24 – Exemplo de montagem para o ensaio de imunidade radiada, [56].

6.2.2.2. Resultado dos ensaios

Meio: Invólucro
Norma: ETSI EN 300386 (tabela 6) e EN 61000-4-3
Critério de aceitação: A
Temperatura / Humidade relativa: 22 ºC / 56%
Gama de frequências: 80 MHz – 2400 MHz
Modulação: 80% AM @ 1 kHz
Configuração: Equipamento instalado no solo

Equipamentos de ensaio utilizados:

Cabos coaxiais 2 m+10 m de 50 Ω
Câmara semi-anecóica ETS (4x3,5x8) m + Antena Biconilog EMCO 3142
Câmara semi-anecóica ETS (4x3,5x8) m + Antena *Horn* IEP
Gerador de RF Marconi 2024

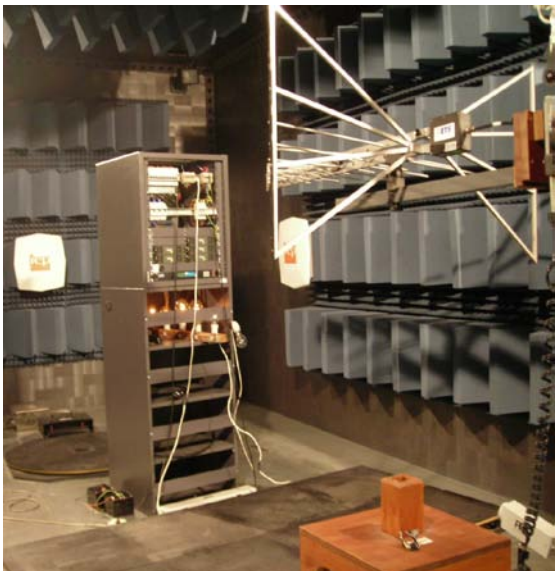




Figura 6.25 – Ensaio de imunidade a campos electromagnéticos radiados.

Tabela 6.12 – Testes de ensaio a imunidade a campos electromagnéticos radiados.

Frequência (MHz)	Polarização	Nível (V/m)	Face da Amostra
80 - 800	Vertical Horizontal	3	Frontal
800 - 960	Vertical Horizontal	10	Frontal
960 - 1000	Vertical Horizontal	3	Frontal
1400 - 2000	Vertical Horizontal	10	Frontal
1400 - 2400	Vertical	3	Frontal

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu com os níveis especificados.

6.2.3. Ensaio de imunidade a transitórios rápidos

Os transitórios eléctricos rápidos são gerados por ruídos lançados nas linhas de alimentação, num curto intervalo de tempo, pela interrupção de circuitos indutivos, comutação de relés, comutação de disjuntores ou descargas atmosféricas, [52].

O ruído é conduzido pelas linhas de alimentação para os demais equipamentos ligados na mesma rede eléctrica. Contudo, também pode ser acoplado às linhas de comunicação, como as saídas c.c. ou saídas de relés, devendo estas também ser ensaiadas.

Estes transitórios apresentam algumas características importantes: tempo de subida rápido, impulsos de curta duração, pequena energia e alta taxa de repetição. A figura 6.26 apresenta a forma de onda típica de um impulso e a sequência de impulsos para o ensaio.

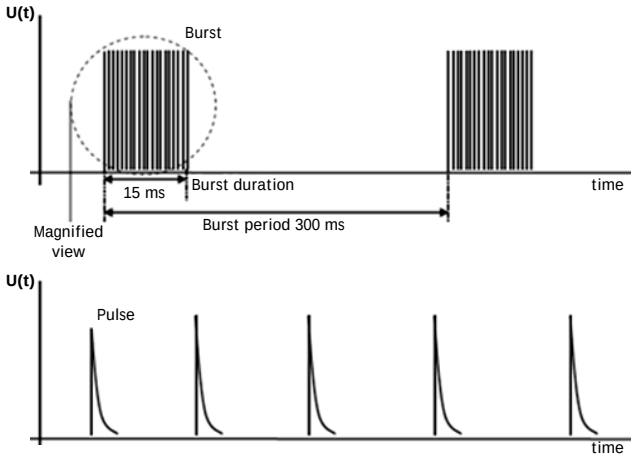


Figura 6.26 - Representação geral de um transitório rápido, [57].

O ensaio a transitórios eléctricos rápidos, descrito na norma EN 61000-4-4, tem como fim demonstrar a imunidade do equipamento durante e/ou após a aplicação do tipo de ruído citado nas suas linhas de alimentação e comunicação, cumprindo com os níveis especificados.

A norma sugere a aplicação de impulsos de tensão periódicos à alimentação e às linhas de comunicação, na polaridade positiva e negativa, durante um minuto. O tempo de subida de cada impulso é de 5 ns e o tempo de descida é de 50 ns. A frequência de repetição é definida de acordo com o nível de tensão, que em geral, é de 300 ms, com uma duração de 15 ms cada.

Uma sequência de impulsos deste tipo pode interferir no funcionamento do equipamento, mesmo que a intensidade de cada um deles não seja forte o suficiente para sozinho provocar uma degradação no desempenho. Cada impulso tende a carregar a capacidade de entrada e, dependendo de configuração e dos componentes, o circuito poderá não ter tempo suficiente

para descarregar completamente entre impulsos sucessivos. Desta maneira, a tensão pode aumentar e alcançar o limiar do mau funcionamento.

A tabela 6.13 reproduz os níveis de severidade sugeridos pela norma.

Tabela 6.13 - Níveis de severidade sugeridos pela norma EN 61000-4-4, [58].

Nível de Severidade	Níveis de Tensão e Taxa de Repetição para o ensaio (kV)	
	Linha de Alimentação	Linhas de Comunicação e Controlo
1	0,5	0,25
2	1,0	0,5
3	2,0	1,0
4	4,0	2,0
x	Especial	Especial

6.2.3.1. Procedimento de ensaio

Para realizar este ensaio é necessário, tipicamente, um gerador de transitórios e um acoplador. No entanto, os ensaios devem ser efectuados de maneiras distintas. Para o acoplamento das perturbações na alimentação (fase, neutro e terra), o EUT é ligado e alimentado por um gerador de transitórios, responsável por fornecer o ruído ao equipamento. Para linhas de comunicação é utilizado um *clamp* capacitivo que acopla o sinal ao cabo.

A norma EN 61000-4-4 descreve os níveis, os equipamentos, a configuração, o procedimento, a avaliação de resultados e relativos aos ensaios de imunidade a transitórios eléctricos rápidos. A configuração do ensaio para equipamentos instalados no solo é apresentada na figura 6.27.

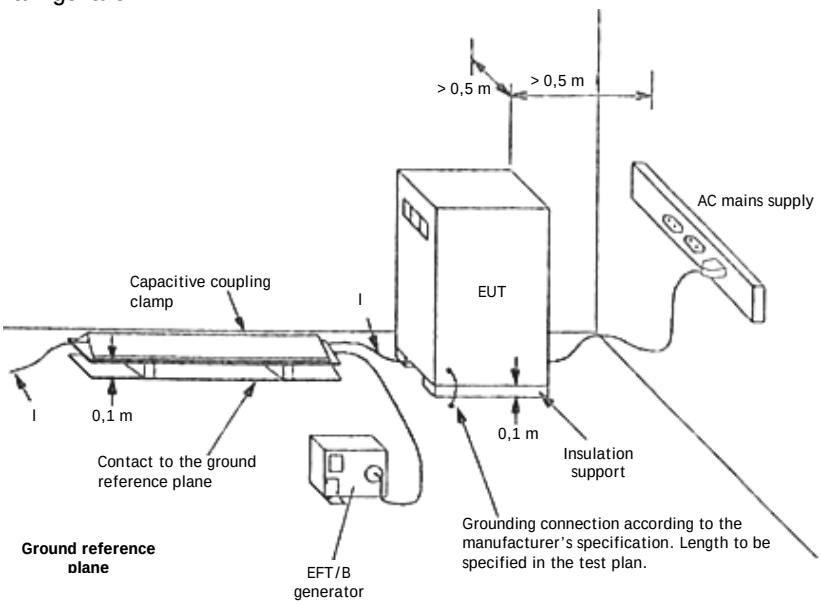


Figura 6.27 - Configuração de ensaio de equipamento de solo.

6.2.3.2. Resultado dos ensaios

Meio: Alimentação, saída c.c., saída relés
Norma: ETSI EN 300386 (tabela 7 e 9) e EN 61000-4-4
Critério de aceitação: B
Temperatura / Humidade relativa: 22 ºC / 56%
Nível: 1 kV / 0,5 kV (acoplamento directo/capacitivo)
Configuração: Equipamento instalado no solo

Equipamentos de ensaio utilizados:

Cronómetro Timex
Gerador EFT HILO TEST EFTG
Sonda capacitiva EFTC-105



Figura 6.28 – Ensaio de imunidade a transitórios rápidos.

Tabela 6.14 -Testes de ensaio a imunidade a transitórios rápidos.

Meio	Polaridade / duração	Nível
Alimentação (L, N, PE)	+/1 min -/1 min	1 kV – acoplamento directo
Saída DC,	+/1 min -/1 min	0,5 kV – acoplamento capacitivo
Saída relés	+/1 min -/1 min	0,5 kV – acoplamento capacitivo

Resultado: Numa primeira fase o equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não cumpriu com os níveis especificados, onde por efeito capacitivo existia passagem de ruído para a cablagem. Era possível observar que, durante o ensaio, o relé de saída actuava momentaneamente, não cumprindo deste modo o critério de aceitação B proposto pela norma EN ETSI 300386. Em conjunto com o engenheiro de projecto da Efacec, foi tomada a decisão

de retardar o tempo de actuação do relé em causa, com auxílio do programa de configuração do miniPSM.

Posto isto, foram realizados novamente os testes na alimentação e nas saídas dos relés, passando o equipamento a cumprir com todos os níveis especificados.

6.2.4. Ensaio de imunidade a ondas de choque

As ondas de choque podem ser definidas como ondas transitórias de tensão, corrente ou potência, propagando-se ao longo de uma linha ou de um circuito, caracterizadas por um rápido incremento seguido de um decremento lento no seu valor, [51].

Estas ondas manifestam-se no receptor como uma diferença de potencial entre o condutor de fase e neutro ou entre fase e terra e podem ter diversas origens, como sobretensões geradas por comutação de bancos de condensadores, mudanças na carga do sistema de distribuição de energia, comutação de tirístores, curto-circuitos ou descargas atmosféricas.

O ensaio de imunidade a ondas de choque tem como objectivo verificar a imunidade do EUT, quando sujeito a distúrbios de alta energia no terminal de alimentação e nas saídas c.c. e saídas de relés.

Não existe um modelo universal que represente todos tipos de ondas de choque. O sinal normalmente usado nos ensaios compreende duas formas de onda, a primeira com tensão de circuito aberto e outra com corrente de curto-circuito, ilustradas nas figuras 6.29 e 6.30.

Assim, para este ensaio são utilizados geradores de onda combinada capazes de reproduzir os efeitos de uma descarga, [44]. As características que o gerador tem que atender são especificadas nestas figuras, para as condições de circuito aberto e curto-circuito.

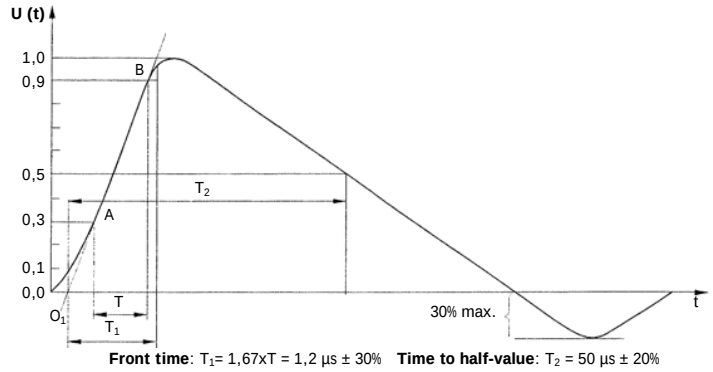


Figura 6.29 - Forma de onda de tensão em circuito aberto (1,2 µs/50 µs).

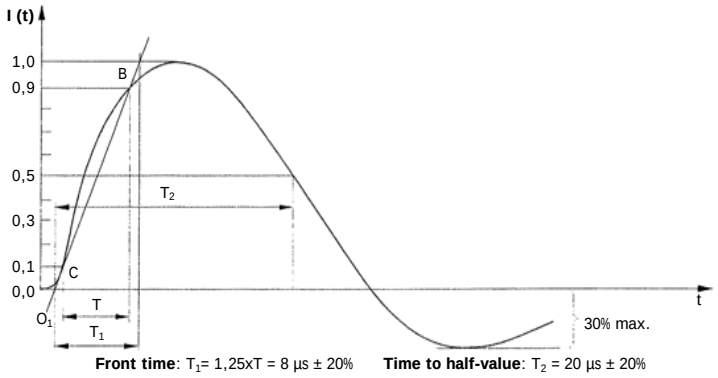


Figura 6.30 - Forma de onda de corrente de curto-circuito (8 µs/20 µs).

Os ensaios de imunidade a ondas de choques são realizados com altas tensões e níveis de energia da ordem de alguns joules. A sua execução nos equipamentos envolve riscos para o mesmo e para as pessoas, devendo ser efectuada com as devidas precauções de segurança.

A tabela 6.15 apresenta todos os níveis de teste aplicáveis a este ensaio descritos na norma EN 61000-4-5, de acordo com a classificação do local e condições de instalação do equipamento. As classes de instalação estão definidas na cláusula B.3 da referida norma.

Tabela 6.15 – Selecção dos níveis de severidade, segundo a classe da instalação, [59].

Nível de Severidade	Níveis de Tensão (kV)					
	Fonte de alimentação directamente ligada à rede de distribuição		Fonte de alimentação não directamente ligada à rede de distribuição		Blindagens e terminais de alimentação	
	Fase-Fase	Fase-Terra	Fase-Fase	Fase-Terra	Fase-Fase	Fase-Terra
1	NA	0,5	NA	NA	NA	NA
2	0,5	1,0	NA	NA	NA	0,5
3	1,0	2,0	1,0	2,0[b]	NA	2,0[c]
4	2,0	4,0[b]	2,0	4,0[b]	NA	4,0[c]
5	[a]	[a]	2,0	4,0[b]	NA	4,0[c]

[a] Depende da classe do sistema de alimentação local
[b] Ensaio normalmente realizado com a proteção primária
[c] O nível de test pode ser diminuido num nível se o tamanho do cobo for menor ou igual a 10 m.

6.2.4.1. Procedimento de ensaio

O EUT deve ser montado na sua configuração normal de funcionamento, sendo alimentado pela saída do gerador de onda combinada, através de uma rede de acoplamento, prevenindo-se, assim, que a rede e outros equipamentos sejam afectados pelas ondas de choque aplicadas ao EUT.

Para ondas de choque aplicadas ao terminal de alimentação, são aplicados cinco impulsos positivos e negativos, entre fase-fase (de modo a analisar o ruído de MD) e fase-terra (examinando o ruído de MC). Para impulsos aplicados entre fases, é utilizado um acoplamento capacitivo do gerador de onda combinada, enquanto para impulsos entre fase-terra, é utilizado um acoplamento constituído por um condensador e uma resistência em série. O EUT é montado como demonstrado na figura 6.31.

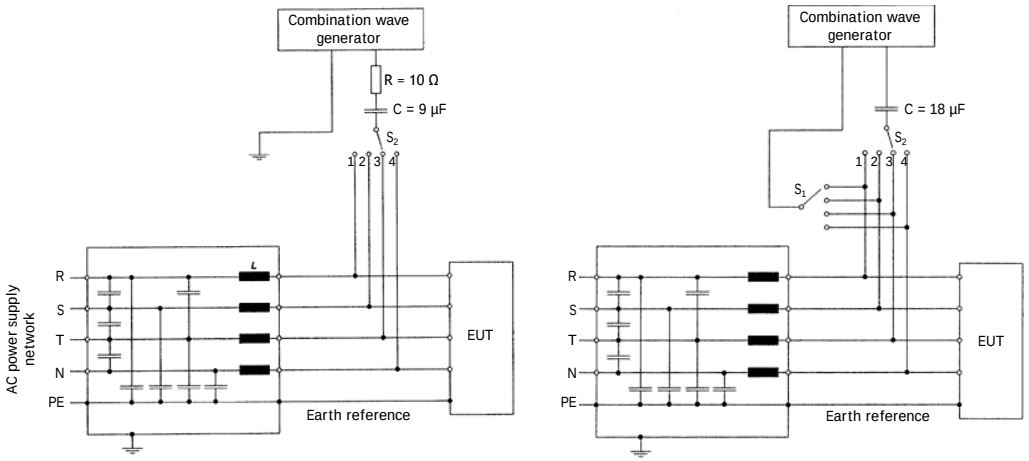


Figura 6.31 – Exemplos de montagem para ondas de choque aplicadas à alimentação do EUT, [59].

Em cada um destes modos de acoplamento do gerador de onda combinada, o ângulo de aplicação da onda de choque é variado. A norma EN 61000-4-5 recomenda que os impulsos sejam aplicados nos ângulos 0°, 90°, 180° e 270° de fase da onda fundamental da alimentação, [45].

Por outro lado, para ondas de choque aplicadas nos terminais de saída, o EUT é alimentado normalmente pela rede de energia e os terminais de saída são ligados ao gerador de onda combinada. Existem diversos métodos de acoplamento/desacoplamento descritos na norma EN 61000-4-5, para o teste dos terminais de saída do EUT, em função do tipo de circuitos em causa e das condições de funcionamento. Nestes terminais, são aplicados cinco impulsos positivos e cinco negativos, entre fase-terra, sendo que o ângulo de aplicação não varia neste caso, [51].

Os intervalos utilizados entre ondas de choque aplicadas ao equipamento deverão ser de um minuto, de modo a permitir um tempo suficiente de recuperação dos dispositivos de protecção.

6.2.4.2. Resultado dos ensaios

Meio: Alimentação, saída DC, saída relés
Normas: ETSI EN 300386 (tabela 7 e 9) e EN 61000-4-5
Critério de aceitação: B

Temperatura / Humidade: 23 ºC / 71%

Equipamentos de ensaio utilizados:

Gerador Schloder CWG 500

Desacoplador CWG 526

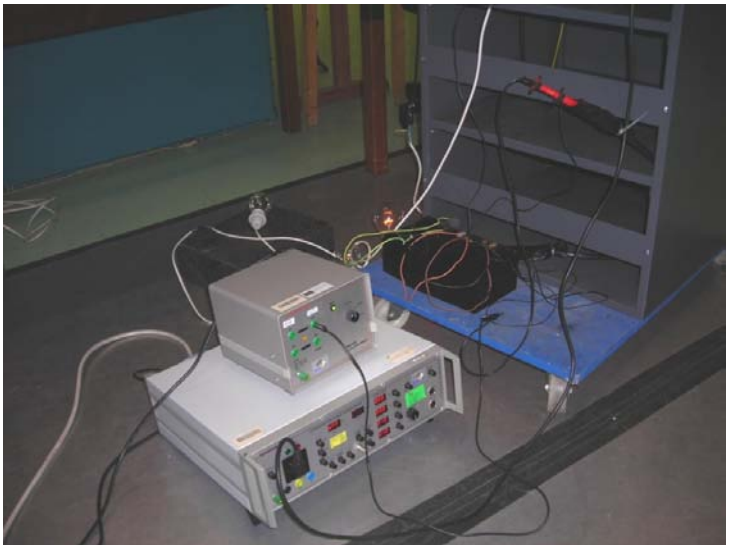


Figura 6.32 – Ensaio de imunidade a ondas de choque.

Tabela 6.16 -Testes de ensaio a imunidade a ondas de choque.

Meio	Nível	Modo	Ângulo
Alimentação	1 kV	L-N	0º, 90º, 180º e 270º
	2 kV	L-PE; N-PE	0º, 90º, 180º e 270º
Saída c.c.	0,5 kV	+ / PE	0º
		- / PE	0º
Saída relés	0,5 kV	+ / PE	0º
		- / PE	0º

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu com os níveis especificados.

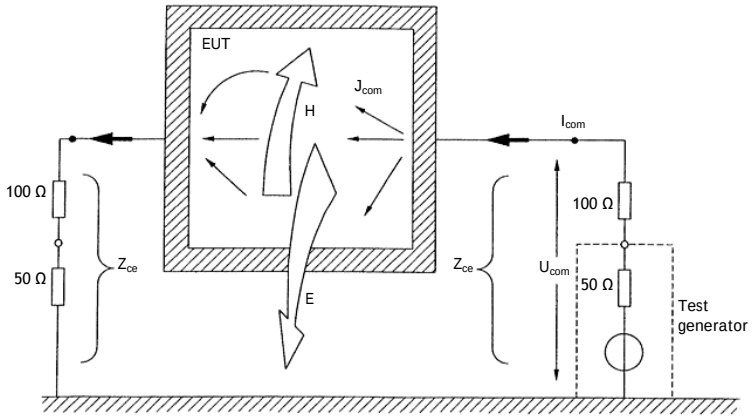
6.2.5. Ensaio de imunidade a perturbações de radiofrequência conduzida

O teste de imunidade conduzida, descrito na norma EN 61000-4-6, permite verificar se o EUT, quando submetido a perturbações conduzidas, induzidas por campos de radiofrequência, através dos cabos de alimentação ou de comunicação do mesmo, apresenta mau funcionamento sob algum aspecto, [45]. Os equipamentos que não tenham pelo menos um cabo condutor que possa acoplar este tipo de perturbação, ficam excluídos desta norma.

Este teste possibilita complementar o teste de imunidade radiada, referido na norma EN 61000-4-3. O ensaio é executado para ruído de radiofrequência veiculado através das ligações na gama de frequências entre 9 kHz e 80 MHz (para certos equipamentos pode atingir 230 MHz). No entanto, não é necessário realizar nenhum teste para perturbações induzidas por campos electromagnéticos vindos de transmissores FR intencionais na gama de frequências de 9 kHz até 150 kHz, [60].

Quando as tensões ou correntes de RF são injectadas nos cabos, estes podem funcionar como antenas, captar ruído quando expostos a campos eléctricos e magnéticos, provenientes de transmissores RF, e assim radiá-los.

De facto, o que acontece neste ensaio é que o equipamento fica exposto a correntes que fluem através do equipamento pelos seus cabos, [61]. Os sistemas de cabos ligados ao EUT são assumidos como estando em modo ressonante (principalmente se o cabo possui comprimento semelhante a um quarto do comprimento de onda do ruído), e são representados por dispositivos de acoplamento e desacoplamento com impedância de MC de 150 Ω em relação ao plano de referência terra. Quando possível, o EUT é testado e ligado entre duas ligações de impedâncias de 150 Ω em MC, disponibilizando uma fonte de RF e um caminho de retorno para a corrente, [60].



Key: Z_{ce} – Impedância de modo comum do sistema de CDN, Z_{ce}=150Ω; U_{com} – Tensão de modo comum entre o EUT e o plano de referência; I_{com} – Corrente de modo comum no EUT; J_{com} – Densidade de corrente na superfície condutora ou corrente noutros condutores do EUT; E, H – Campos eléctrico e magnético.

Figura 6.33 – Campos EM junto do EUT devido a corrente de MC nos seus cabos, [60].

De forma a acoplar o ruído conduzido são usadas as Redes de Acoplamento e Desacoplamento (CDN). Estes dispositivos são capazes de acoplar a perturbação ao cabo em questão, sendo ligados em série nos cabos. Uma outra maneira de se acoplar o ruído conduzido é através do *Electromagnetic Clamp* (EM *Clamp*). Este dispositivo é colocado à volta do cabo em questão e, através da sua estrutura, induzem a perturbação no cabo, proporcionando um acoplamento capacitivo e indutivo.

As CDN e os EM *Clamp* fornecem quantidades significativas de desacoplamento para o comprimento (geralmente longo) do cabo no lado do seu equipamento auxiliar, de modo a evitar fugas desta parte dos cabos e também para proteger os equipamentos auxiliares, [61].

Com estes dois dispositivos, apenas os cabos do lado do EUT têm grandes níveis de RF sobre eles, e como são curtos em qualquer caso não costumam ser muito eficientes como antenas, abaixo de 80 MHz.

A norma EN 61000-4-6 estabelece os níveis de severidade, seleccionados de acordo com o ambiente de radiação electromagnética em que o equipamento e cabos possam ser expostos quando instalados. Na selecção dos níveis utilizados no teste, deve-se avaliar as consequências de falha e, se forem grandes, considerar valores mais altos. A tabela 6.17 delineia os valores dos limites de campo aplicáveis.

Tabela 6.17 - Níveis de severidade para uma gama de frequência 150 kHz – 80 MHz.

Nível de Severidade	Nível de Tensão	
	U_0 (dB(μV))	U_0 (V)
1	120	1
2	130	3
3	140	10
x	Especial	

A carência da norma EN 61000-4-6 prende-se com o facto de ela testar as RF de MC, em oposição às RF de MD embora estas possam existir na rede e noutro tipo de cabos. O ruído RF de MD é principalmente uma questão de frequências abaixo dos 10 MHz.

Uma falha na maioria dos métodos de teste de RF é que na vida real, todos os cabos associados a um equipamento serão expostos a diferentes quantidades de ruído RF conduzidas simultaneamente. Porém, os métodos de teste apenas injectam um cabo de cada vez. Claramente, é uma possibilidade a ocorrência de diferentes interacções quando um ou mais cabos contém RF – e na realidade as frequências em cabos diferentes podem também ser diferentes e assim causar efeitos de modulação cruzada que não podem ser simulados por meios de teste com uma única frequência. Por isso, esta questão é considerada uma fraqueza em qualquer um dos métodos de ensaio de imunidade conduzida normalizados.

No entanto, é possível variar os métodos de ensaio para testar a imunidade de modo diferenciado, e também para testar vários cabos ao mesmo tempo com os mesmos ou diferentes estímulos RF, para ajudar a garantir maior confiança em aplicações reais, [61].

6.2.5.1. Procedimento de ensaio

A norma apresenta os modelos de configuração para este ensaio, como devem ser os simuladores de perturbações RF, os níveis de ensaio, informações sobre ligações e cabos e os demais parâmetros associados ao mesmo.

Embora não seja consensual, a maior parte dos especialistas acham que este tipo de teste deveria ser realizado sempre no interior de salas blindadas (por exemplo, uma CSA) de modo a evitar fugas nos cabos ou no EUT, que provocariam problemas de interferência noutros equipamentos.

O fabricante deve especificar as configurações normais de funcionamento para as quais o equipamento deve ser ensaiado. A figura 6.34 mostra a montagem utilizada para este ensaio.

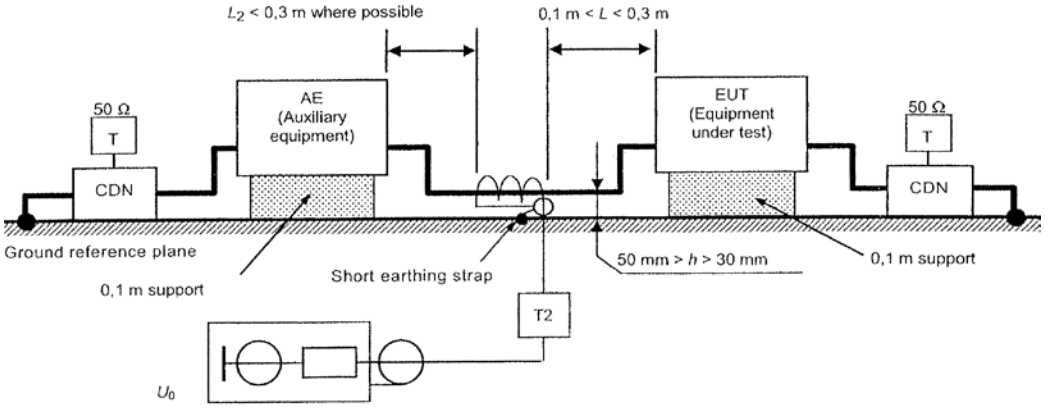


Figura 6.34 - Esquema de ensaio de imunidade a RF conduzidas, [61].

Este ensaio deve ser aplicado no cabo de alimentação do EUT e em todos os cabos de comunicação com comprimento superior a 3 m.

No início, é realizada uma qualificação para definição da tensão de saída do gerador de sinais necessário para se obter o nível especificado para o ensaio. O cabo a ser testado é acoplado ao *injection clamp* e/ou na CDN. O nível de tensão é então aplicado. Note-se que a norma apenas estipula que se o equipamento falhar uma única vez em alguma frequência, esta falha bastará para que o equipamento seja considerado fora dos padrões estabelecidos pela mesma.

6.2.5.2. Resultado dos ensaios

Meio: Alimentação, saída DC, saída relés
Normas: ETSI EN 300386 (tabela 9) e EN 61000-4-6
Critério de aceitação: A
Temperatura / Humidade: 23 ºC / 70%
Frequência: 150 kHz – 80 MHz
Modulação: 80% AM 1 kHz
Nível: Classe 2 – 3 V

Equipamentos de ensaio utilizados:

Gerador de sinais RF Marconi 2024
Amplificador RF AR 25 A/250 A

Atenuador 6 dB/50 Ω
EM-Clamp MEB KEMZ 810
CDN M3



Figura 6.35 – Ensaio de imunidade à RF conduzida.

Tabela 6.18 -Testes de ensaio a imunidade à RF conduzida.

Meio	Nível	Acoplador	Desacoplador
Alimentação	3 V	CDN M3	EMCLAMP (saída)
Saída DC	3 V	EMCLAMP	CDN M3
Saída relés	3 V	EMCLAMP	CDN M3

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu com os níveis especificados.

6.2.6. Ensaios de imunidade a quedas e interrupções breves de tensão

Uma queda de tensão pode ser definida como uma redução repentina da tensão num ponto particular do sistema eléctrico de energia num curto intervalo de tempo, seguida de uma recuperação. Um exemplo deste tipo de perturbações está ilustrado na figura 6.36.

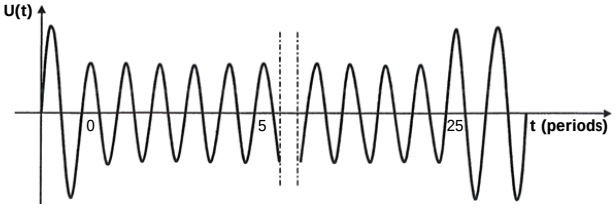
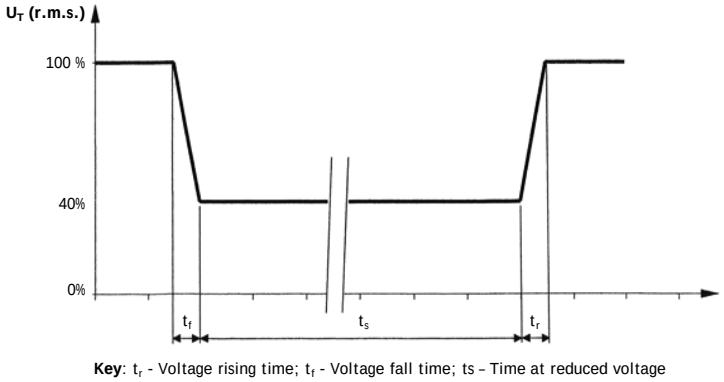


Figura 6.36 – Exemplo de uma queda de tensão, de uma diminuição até 70% durante 25 períodos do valor da tensão de alimentação, [62].

Por outro lado, uma interrupção breve de tensão, ilustrada na figura 6.37, é tratada como um corte da tensão de alimentação por um período de tempo que, tipicamente, não excede 1 minuto. Pode ser considerada uma queda de tensão com uma amplitude de 100%.



Key: t_r - Voltage rising time; t_f - Voltage fall time; ts – Time at reduced voltage

Figura 6.37 – Interrupção breve de tensão (valor rms), [62].

As quedas de tensão e as breves interrupções da alimentação de equipamentos ligados à rede de energia eléctrica devem-se, frequentemente, a defeitos na rede, na instalação ou a variações abruptas na carga do sistema. Em alguns casos, podem até ocorrer duas ou mais quedas consecutivas ou interrupções da tensão de alimentação.

Este ensaio tem como finalidade demonstrar a imunidade do EUT, ligado à rede de energia eléctrica de baixa tensão, quando sujeito a variações e interrupções da tensão de alimentação. Para evitar que estes tipos de problemas danifiquem os equipamentos electrónicos são simuladas os efeitos das variações e interrupções na tensão de alimentação do EUT, conforme descrito na norma EN 61000-4-11.

Estes fenómenos nem sempre são abruptos, devido ao tempo de reacção das máquinas rotativas e dos dispositivos de protecção presentes na rede de energia eléctrica. Assim, por breves períodos de tempo, algumas máquinas rotativas funcionam como geradores injectando potência na rede. No entanto, alguns equipamentos são mais sensíveis a variações graduais na tensão de alimentação, do que a mudanças abruptas. A maioria dos equipamentos de processamento de dados, possuem detectores de falha de alimentação, de modo a proteger e guardar os dados na memória interna, para que após o restauro da tensão fundamental de alimentação, o equipamento reinicie de forma correcta. Contudo, alguns destes detectores, não reagem rapidamente no caso de uma diminuição gradual da tensão de alimentação. Desta forma, a tensão c.c. de circuitos integrados, diminuirá até um valor abaixo da tensão mínima de funcionamento, antes de actuação do detector de falha de alimentação, provocando perdas ou distorções de dados, [44].

O valor mínimo da tensão (valor rms) durante uma queda ou interrupção breve de tensão, expresso em percentagem, é denominado de tensão residual.

A tabela 6.19 apresenta todos os níveis de teste aplicáveis a este ensaio de imunidade a quedas e interrupções breves de tensão, descritos na norma EN 61000-4-11, de acordo com a classe do ambiente electromagnético.

Tabela 6.19 – Nível de ensaio e duração para queda de tensão e interrupções curtas, [62].

Classe	Nível de ensaio e duração para queda de tensão e interrupções curtas			
	Tensão residual (%U_T) [a]	Duração da interrupção/redução [b]		Ângulo de aplicação [c]
		f=50Hz	f=60Hz	
1	--- [d]	--- [d]	--- [d]	--- [d]
2	0%	½ período	½ período	0º e 180º
	0%	1 período	1 período	0º
	70%	25 períodos	30 períodos	0º
	0% (Interrupção)	250 períodos	300 períodos	0º
3	0%	½ período	½ período	0º e 180º
	0%	1 período	1 período	0º
	40%	10 períodos	12 períodos	0º
	70%	25 períodos	30 períodos	0º
	80%	250 períodos	300 períodos	0º
	0% (Interrupção)	250 períodos	300 períodos	0º
X	---	---	---	---

[a] – A mudança entre U_T e a tensão de ensaio deve ser abrupta.
[b] – Durações menores que as indicadas nesta tabela, em particular para ½ ciclo, podem ser ensaiados para assegurar que o EUT opera dentro dos limites de desempenho especificados para isto.
[c] – As mudanças de tensão devem ocorrer no cruzamento do zero, e em ângulos adicionais, considerados críticos pelo comité de produtos ou especificações de produto individuais, seleccionadas dentre 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°, em cada fase.
[d] – Para equipamentos da Classe 1, o nível é definido caso a caso, de acordo com os requisitos do EUT.

6.2.6.1. Procedimento de ensaio

A norma EN 61000-4-11 indica que o EUT deve ser ligado ao gerador de teste com o menor cabo de alimentação possível, na sua condição normal de uso. Caso este cabo não seja especificado pelo fabricante, deve ter um comprimento adequado ao tipo de equipamento.

Os danos devido ao crescimento súbito da corrente são muitas vezes a consequência mais grave de uma interrupção da tensão de alimentação. Desta forma, o anexo A da norma EN 61000-4-11, especifica alguns procedimentos para medir o valor de pico de correntes súbitas no EUT e o valor na saída do gerador de teste, [51], [62].

Não existem requisitos especiais para o ambiente de teste, mas o ambiente electromagnético deve permitir o funcionamento correcto do EUT, e a tensão de alimentação

deve estar entre $\pm 2\%$ do valor nominal. Os requisitos para a temperatura, humidade e pressão do ar, permitem também que este ensaio possa ser feito na maioria dos laboratórios de teste.

O EUT deve ser submetido a cada nível de teste descrito na tabela 6.19, numa sequência de três quedas/interrupções com um intervalo mínimo de 10 segundos (entre cada evento de teste), e todos os modos de funcionamento do EUT devem ser testados, [62].

Para quedas de tensão, as mudanças na tensão de alimentação do EUT devem ocorrer no cruzamento da sinusóide com o eixo das abcissas, e nos ângulos adicionais considerados críticos pelas especificações do equipamento ou do fabricante, normalmente, são seleccionados os ângulos 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315° de cada fase. Para as interrupções breves de tensão, é recomendado usar o ângulo 0° para uma das fases, [62].

6.2.6.2. Resultado dos ensaios

Meio: Alimentação
Normas: ETSI EN 300386 (tabela 9) e EN 61000-4-11
Critério de aceitação: B, C
Temperatura / Humidade: 21 ºC / 49%
Nível: 3 Interrupções, intervalo 10s, ângulos 0º, 180º

Equipamentos de ensaio utilizados:
Profline System SHAFFNER 2100
Switch BOX SCHAFFNER



Figura 6.38 – Ensaio de imunidade a quedas e interrupções breves de tensão.

Tabela 6.20 -Testes de ensaio a quedas e interrupções breves de tensão.

Meio	Nível	Observações
Alimentação	0%Un – 0,5 ciclos	Sem alterações
	0%Un – 1 ciclo	Sem alterações
	70%Un – 25 ciclos	Sem alterações
	0%Un – 250 ciclos	Comutação interna de AC – Bateria, sem alteração da saída

Resultado: O equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpriu com os níveis especificados.

6.3. Conclusões

O resumo e os resultados obtidos ao longo de todos os ensaios de CEM referenciados neste capítulo estão descritos nas tabelas 6.21 e 6.22 que se seguem.

Tabela 6.21 - Sumário dos resultados dos ensaios de emissão.

Meio	Fenómeno	Frequência	Resultado
Invólucro	Emissão Radiada	30 – 1000 MHz	Cumpre os requisitos
Alimentação AC	Flutuações de Tensão	0 – 30 Hz	Cumpre os requisitos
	Harmónicas de Corrente	100 – 2000 Hz	Cumpre requisitos
	Perturbações de Radiofrequência	0,15 – 30 MHz	Cumpre os requisitos (dentro das incertezas de medida)

Tabela 6.22 - Sumário dos resultados dos ensaios de imunidade.

Meio	Fenómeno	Critério	Nível / Frequência	Resultado
Invólucro	Descargas Electrostáticas	B	6 kV / 8 kV (cont. / ar)	Cumpre os requisitos
	Campo Eléctrico Radiado	A	3 V/m (80-800 MHz) 10 V/m (800-960 MHz) 3 V/m (960-1000 MHz) 10 V/m (1,4-2 GHz) 3 V/m (2-2,7 GHz)	Cumpre os requisitos
Alimentação AC	Transitórios rápidos	B	1 kV (5/50 ns; 5 KHz)	Cumpre os requisitos
	Onda choque	B	1 kV / 2 kV (dif./com.)	Cumpre os requisitos
	Correntes RF injectadas	A	3V / 150kHz – 80 MHz	Cumpre os requisitos
	Cortes breves de tensão	C	0% - 0,5 ciclos 0% - 1 ciclo 70% - 25 ciclos 0% - 250 ciclos	Cumpre os requisitos
Saída DC e saída de relés	Transitórios rápidos	B	0,5 kV (5/50 ns; 5 KHz)	Cumpre os requisitos
	Onda choque	B	0,5 kV (dif.)	Cumpre os requisitos
	Correntes RF injectadas	A	3 V / 150 kHz – 80 MHz	Cumpre os requisitos

Capítulo 7

Avaliação do Ciclo de Vida de um produto

A necessidade de as empresas integrarem a protecção ambiental em todas as fases do ciclo de vida de um produto, de forma a melhorar a relação indústria/ambiente, despertou o crescimento e aperfeiçoamento de análises de impactes ambientais desde o seu projecto até ao destino final - uma tarefa que exige grande participação dos engenheiros.

É neste contexto que a Análise do Ciclo de Vida (ACV), internacionalmente designada por *Life Cycle Assessment*, se apresenta como uma ferramenta indispensável para uma melhor avaliação e acompanhamento dos impactes ambientais associados a um produto, a um processo ou a uma actividade, dentro de limites bem definidos.

Esta abordagem deve ser vista como instrumento de gestão ambiental que permite às empresas compreender as incidências ambientais, podendo a informação obtida conduzir ao desenvolvimento de novos produtos e à detecção de áreas de investigação e desenvolvimento.

Efectivamente, as questões ambientais podem ser encaradas como uma oportunidade de negócio, em oposição à visão tradicional que as considera como um custo acrescido para as empresas.

A realização de uma ACV de um produto, processo ou actividade envolve o processamento de muita informação, nomeadamente, no que concerne aos processos de fabrico e utilização dos produtos, mas também mais a montante ou a jusante. Consequentemente, o recurso a programas informáticos e a bases de dados para apoio à realização da ACV é essencial.

Em Portugal já foram efectuados alguns estudos de ACV. No entanto, em termos do ciclo de vida de sistemas energéticos, a comunidade científica Portuguesa não produziu ainda muitos trabalhos.

Este capítulo, apenas de carácter introdutório à ACV, visa abordar alguns aspectos relacionados com a metodologia a usar em situações consideradas críticas num carregador industrial de baterias.

7.1. Referências normativas

A necessidade das empresas integrarem a protecção ambiental em todas as fases do ciclo de vida de um produto estimulou o desenvolvimento de normas.

O Comité Técnico 207 da ISO, criado em 1993 com o objectivo de desenvolver e actualizar a série de normas ISO 14000 (Ambiente), formou, entre outros, o Subcomité 5 (SC5), designado Ciclo de Vida do Produto.

As normas de Qualidade Ambiental da série ISO 14000, normas no âmbito da *International Organization for Standardization*, representam a continuação da procura da Qualidade Total nas actividades industriais, iniciada pela série de normas ISO 9000.

O SC5 elaborou normas relacionadas com a ACV, nomeadamente a norma ISO 14040: Análise do Ciclo de Vida – Princípios e Procedimentos Gerais, especificando as ferramentas metodológicas para a aplicação dos conceitos de ACV.

As duas primeiras fases da ACV são abordadas pela norma ISO 14041 – Inventário do Ciclo de Vida – e pela norma ISO 14042 – Avaliação dos Impactes no Ciclo de Vida. Enquanto a terceira fase, relativa à interpretação do ciclo de vida, analisando a relação que existe entre a ACV e outras técnicas de gestão ambiental, é desenvolvida na norma ISO 14043, [63].

7.2. Fases do ciclo de vida de um produto

O ciclo de vida de um qualquer produto é composto por uma sucessão de fases conectadas entre si, cada uma contendo as tarefas que envolvem a duração da vida total do sistema, desde o projecto inicial até à desactivação ou desmantelamento do sistema [64].

O ciclo de vida providencia uma estrutura para o planeamento, gestão, controlo e monitorização de todos os aspectos do produto, à medida que este evolui durante as diferentes fases de desenvolvimento, de modo a entregar um produto capaz pelo preço certo, dentro dos prazos estabelecidos.

Para que se dê início a uma ACV, é construído um fluxograma do processo, especificando todos os fluxos de material e energia que entram e saem do sistema. O diagrama simplificado da figura 7.1 mostra as principais fases do ciclo de vida de um produto. O primeiro passo é a aquisição de matéria-prima, onde também esta é processada para obtenção dos materiais ou peças. Estes materiais já processados são então transformados em produtos, no estágio de manufactura do produto. Depois destas etapas, ocorre a distribuição e o transporte, que podem ou não ser de responsabilidade do fabricante, a utilização do produto e a reciclagem ou a rejeição final.

A segunda e a terceira fases são vistas como aquelas onde há a maior responsabilidade ambiental da indústria, mas a visão crescente dentro e fora das corporações é a de que um

produto ambientalmente responsável minimiza os seus impactes ambientais em todos as suas cinco fases.

As principais fases de um ciclo de vida constam do diagrama abaixo representado:

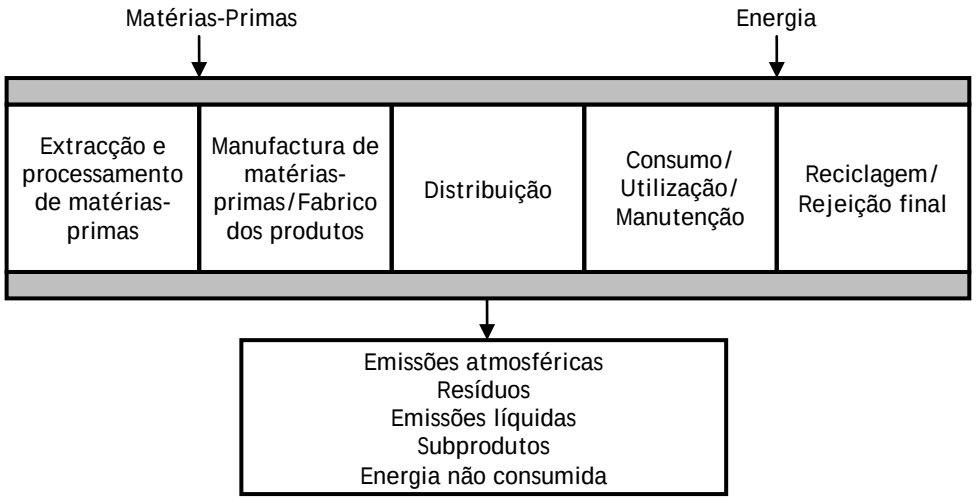


Figura 7.1 – Ciclo de Vida de um Produto.

A preocupação ambiental respeitante a um determinado produto existia tipicamente apenas durante a sua produção, ou seja, durante os processos industriais que levavam à obtenção do produto acabado. Com o novo paradigma, tem-se verificado a extensão da responsabilidade dos produtos a todo o seu ciclo de vida.

De facto, as decisões tomadas nas duas primeiras fases iniciais irão exercer forte influência sobre a quantidade de impactes ambientais existentes nas outras fases do ciclo de vida. Ou seja, o planeamento de um produto determina fortemente o seu desempenho ambiental nos estágios a seguir. A figura 7.2 apresenta uma estimativa para a determinação e geração de impactos ambientais de acordo com as fases do ciclo de vida de um produto.

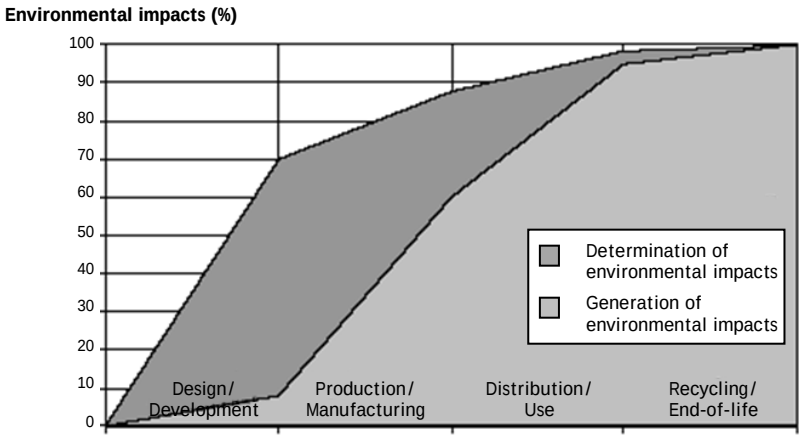


Figura 7.2 – Determinação e geração de impactos ambientais de acordo com as fases do ciclo de vida de um produto, [67].

Assim sendo, há que centralizar a atenção no processo produtivo, estabelecer balanços mássicos e energéticos, avaliar as entradas de forma a minimizar as saídas, dando mais valor acrescentado ao produto, à sua qualidade global.

Ao proceder assim, as empresas já ganharam com o conhecimento das suas ineficiências, com a racionalização de consumos, com a minimização de resíduos e emissões e com as poupanças daí decorrentes.

Avaliar o ciclo de vida permite a avaliação dos impactes ambientais dos produtos, com a salvaguarda ambiental associada à escolha optimizada dos materiais e energia, numa abordagem holística em que a tecnologia, a economia e o ambiente têm iguais prioridades.

7.3. Metodologia de ACV

A figura 7.3 ilustra as fases da metodologia de ACV.

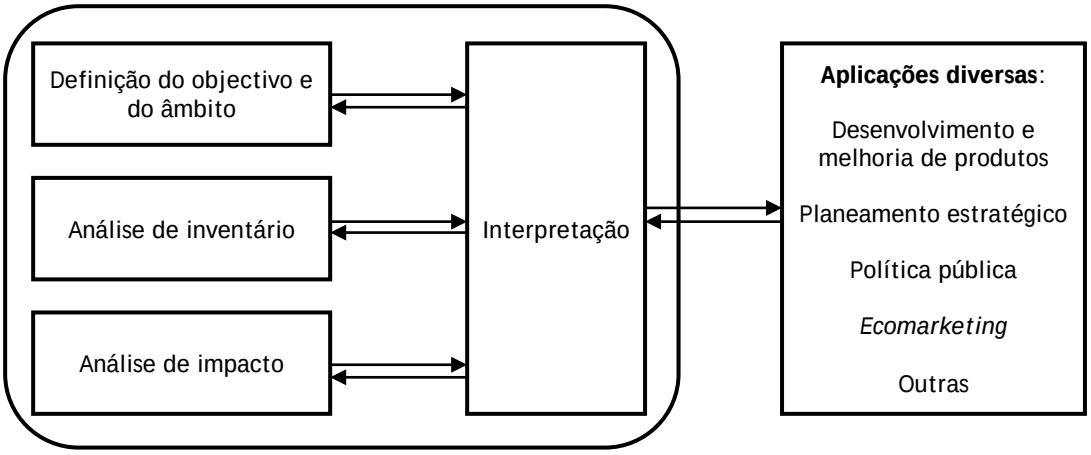


Figura 7.3 – Estrutura ISO de um estudo de ACV, [65].

O estudo inicia-se com a **definição do objectivo e do âmbito**, que deve ser feita de forma clara e consistente com a aplicação do estudo, sendo o âmbito definido de modo a assegurar que a amplitude, a profundidade e o detalhe são compatíveis com o objectivo estabelecido. Na definição do objectivo deve especificar-se sem ambiguidade a aplicação pretendida, incluindo as razões para a elaboração do estudo, o objecto de estudo e a quem se destinam os resultados do estudo, [65].

A **análise de inventário**, provavelmente a maior etapa em termos de tempo, consiste na identificação iterativa de todos os dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas em estudo, em termos de energia e de materiais necessários associados a cada etapa de produção, uso e tratamento final de um produto. À medida que os dados vão sendo recolhidos e se vai conhecendo melhor o sistema, podem ser identificados novos requisitos ou limitações que exijam alterações nos procedimentos de recolha de dados.

A **avaliação de impactes ambientais** é efectuada utilizando os resultados da análise de inventário, apresentando três fases, [65]:

- A fase de classificação, onde são definidas as categorias de impactes ambientais;
- A fase de caracterização, em que os dados do inventário são agregados de modo a quantificar as categorias de impactes ambientais;
- A fase de avaliação, onde as diferentes categorias de impacto são ponderadas e a sua importância relativa avaliada. O processo de ponderação não é técnico, cientifico ou objectivo uma vez que pode reflectir preferências de organizações, opiniões pessoais, além de que as categorias de impactes ambientais não são directamente comparáveis. Contudo, a avaliação pode ser assistida pela aplicação de técnicas analíticas com base científica. A importância relativa das categorias de impacto deve ser estabelecida com base no conhecimento actual dessas questões, assegurando um processo claro, documentável e rentável.

Finalmente, é efectuada a **interpretação dos resultados** do inventário e da análise de impactes, de modo a permitir que num futuro próximo se possam implementar medidas que reduzam os impactes ambientais, introduzam melhorias, ou de forma geral, se cumpram os objectivos propostos para o sistema em estudo. A interpretação é também um processo de comunicação concebido para dar credibilidade aos resultados das fases de análise de inventário e a de avaliação dos impactes, para que seja útil para o responsável pela tomada de decisão, [65], [66].

O descrito anteriormente é genericamente aplicável a qualquer estudo de ACV. A norma internacional fornece orientações e guias aplicação a ser seguidos aquando da abordagem específica ao estudo em questão, [66].

7.4. Vantagens e desvantagens da ACV

Lidar com estes problemas, e ao mesmo tempo produzir análises de eficiência que sejam proveitosas para quem se deseja interagir, é uma tarefa difícil. Para se obter ferramentas eficientes de avaliação, uma ACV deve permitir uma compreensão global dos possíveis impactes associados a um processo de produção de um produto. Assim é mais fácil visualizar e identificar oportunidades para melhorar os aspectos ambientais de várias partes do processo de produção.

É uma ferramenta de planeamento estratégico, auxiliando a tomada de decisões na indústria, como a modernização do processo de produção, a implantação de uma nova tecnologia ou a simples definição de prioridades ou comparações directas entre produtos.

A ACV também pode ir mais além, servindo para promover o produto, através de uma declaração de qualidade ambiental ou de um programa de rotulagem ecológica e estimulando a empresa a criar novos procedimentos técnicos de medição e de monitorização dos seus próprios processos de produção.

A ACV é apenas uma das várias técnicas existentes de gestão ambiental. Entre as limitações da ACV, é possível citar, [67]:

- A sua precisão que pode ser limitada pela falta de dados pertinentes ou pela qualidade dos dados, pois o estudo está sujeito a falha humana.
- Algumas vezes, a falta de dimensões espaciais e temporais dos dados do inventário pode gerar incertezas quanto à quantificação do impacte.
- Os seus resultados que enfocam questões globais ou regionais podem não ser apropriados para aplicações locais, isto é, a realidade local muitas vezes é diferente da global.
- A natureza das escolhas dos métodos, das fontes de dados, das técnicas de medição, do estabelecimento das fronteiras do sistema e, até mesmo, do objectivo do estudo, podem ser subjectivas.

7.5. Conclusões

A ACV é uma ferramenta indispensável para o aperfeiçoamento das análises de impactes ambientais associados a um produto, sistema ou actividade e pode ser vista, pelas empresas, como um bom instrumento de gestão ambiental.

Um equipamento eléctrico ou electrónico, como o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM, pode ser decomposto nos seguintes parâmetros analisados com auxílio da ACV: equipamento eléctrico ou electrónico (por exemplo, o minPSM ou os rectificadores SM2000), cablagem interna, baterias e invólucros. Todos estes parâmetros apresentam impactes associados.

Contudo, com este capítulo pretendeu-se realizar apenas um desenvolvimento teórico desta interessante ferramenta de análise, pois o facto de envolver o processamento de muita informação das diferentes fases do ciclo de vida e de englobar diversos parâmetros, não tornou exequível o desenvolvimento prático num tão curto espaço de tempo.

Capítulo 8

Conclusões e perspectivas futuras

A realização deste estudo pressupôs a adequação de muitos meios e recursos. Um trabalho desta envergadura envolve o conhecimento profundo do equipamento em estudo e, para isso, foi necessário estudar detalhadamente os documentos disponíveis relativos ao projecto.

O contributo imprescindível de todos com quem se lidou na Efacec é um aspecto claramente positivo e marca o espírito empreendedor e de mudança do paradigma que se sente no Grupo. Apesar disso, é de ressalvar a dificuldade que se sentiu em reunir a documentação útil, por alguns documentos considerados imprescindíveis, como manuais do utilizador, procedimentos, e etiquetas de equipamentos, se encontrarem obsoletos e ser necessária a sua actualização.

A presente dissertação teve por objectivos principais a aposição da Marcação CE no equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/ MÓDULOS SMi2800 + miniPSM e apresentação de um estudo das diferentes etapas para a obtenção da Marcação CE do equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM, onde foram aplicadas todas as informações técnicas descritas nesta dissertação. É de notar que este é um trabalho que interfere em diversas áreas da Engenharia.

A Marcação CE revela-se de extrema importância e de carácter obrigatório para a introdução de novos equipamentos no mercado europeu, não se tratando apenas de respeitar um conjunto de normas. Para cumprir com os requisitos essenciais propostos pelas Directivas Comunitárias aplicáveis, e assim validar a avaliação da conformidade, devem ser introduzidas regras na fase de projecto, produção e funcionamento do equipamento. Apenas a realização de ensaios, em conformidade com as respectivas normas, pode produzir resultados válidos que traduzam o desempenho satisfatório do equipamento no seu ambiente físico e electromagnético.

Neste sentido, foram apresentados os conceitos principais, as normas utilizadas bem como os ensaios imprescindíveis para a compreensão dos temas propostos, com auxílio a um levantamento bibliográfico exaustivo. De certo modo, grande parte deste trabalho é dedicada

à divulgação teórica e à aprendizagem ao nível da segurança eléctrica, da compatibilidade electromagnética e da avaliação do ciclo de vida do equipamento.

No que concerne à Segurança Eléctrica o equipamento cumpriu com os requisitos técnicos da norma EN 60950-1. Contudo, ficaram por finalizar alguns requisitos formais, como a actualização e validação de etiquetas pelos SQ da Efacec.

No que respeita à Compatibilidade Electromagnética, o equipamento revelou, depois de efectuados os testes, segundo a norma ETSI EN 300386, num laboratório independente, o IEP, um normal funcionamento quando instalado em ambientes susceptíveis a perturbações electromagnéticas, assim como a sua correcta operação sem emissão de perturbações electromagnéticas intoleráveis para o ambiente externo. A aplicação de conceitos fundamentais de mecânica e de materiais, bem como de electricidade, de electrónica e de electromagnetismo foi a base para projectar um equipamento de elevada robustez e de reduzida sensibilidade às interferências electromagnéticas, no fundo, para garantir os requisitos mínimos de qualidade em termos de Compatibilidade Electromagnética.

O estudo da análise de ACV poderá trazer uma perspectiva inovadora para a Efacec Sistemas de Electrónica, S.A. contabilizando, pela primeira vez, os impactes do projecto e construção de um equipamento eléctrico/electrónico, como é o EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM, que se poderão revelar muito importantes face aos impactes globais. Estes estudos podem constituir um apoio à decisão, fornecendo informações de carácter ambiental que, de outra forma, não teriam dimensão científica e, por conseguinte, não teriam a mesma autoridade.

Como perspectiva de trabalhos de desenvolvimento futuro sugere-se:

- A conclusão num futuro muito próximo dos processos de Marcação CE em falta;
- Iniciação da Marcação CE noutros equipamentos Efacec, como as UPS e os postos de carga;
- Estudo da compatibilidade electromagnética noutros tipos de equipamentos electrónicos e a implementação de novas técnicas com o objectivo de optimizar os procedimentos dos ensaios.
- Desenvolvimento prático de uma análise mais profunda à ACV que, por se tratar de um processo moroso e com necessidade de recorrer a vários *inputs* que não se encontravam disponíveis, não foi possível realizar.

Referências

[1] Enterprise Europe Network (2010). Informação Temática. Acedido em 15 de Maio de 2010, em http://www.enterpriseeuropenetwork.pt.

[2] APORMED (2010). Normalização. Acedido em 15 de Maio de 2010, em http://www.apormed.pt.htm.

[3] Inmetro (2010). Marcação CE. Acedido em 15 de Maio de 2010, em http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/Exigencias/ue/marcacao.asp.

[4] IPQ (2010). Acedido em 18 Maio de 2010, em http://www.ipq.pt.

[5] AZAMBUJA, André A. - Marcação CE para Máquinas e Equipamentos: Exigência para Entrada e Circulação de Produtos na Comunidade Européia. Revista Tecnicouro, nº 9, Nov/Dez 2007, p. 52-55.

[6] Guidelines on the application of Directive 2006/95/EC. Acedido em 10 de Março de 2010, em http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/files/lvdgen_en.pdf

[7] Guidelines on the application of Directive 2009/104/EC. Acedido em 12 de Março 2010, em http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/files/emcguide_may2007_en.pdf.

[8] Jornal Oficial da União Europeia. Directiva de Baixa Tensão. Directiva 2006/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, Bruxelas, de 12 de Dezembro de 2006.

[9] Jornal Oficial da União Europeia. Directiva de CEM. Directiva 2004/108/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, Bruxelas, de 15 de Dezembro de 2004.

[10] CEN (2010). What is CEN?. Acedido em 18 de Maio de 2010, em www.cen.eu.

[11] CENELEC (2010). About Cenelec. Acedido em 18 de Maio de 2010, em www.cenelec.eu.

[12] ETSI (2010). About ETSI. Acedido em 18 de Maio de 2010, em www.etsi.org.

[13] EN 60950-1. 2006, Information technology equipment – Safety: Part 1: General requirements (EN 60950-1:2005, modified). Brussels: CENELEC.

[14] BARBOSA, Casimiro – Marcação CE na Efacec. 2002. Acessível no repositório Efacec.

[15] CERTIF (2003, Julho). A Certificação de equipamento eléctrico pela CERTIF. Acedido em 10 Maio de 2010, em http://www.certif.pt/pdf/DO07v03.pdf.

[16] Efacec. Manual Utilizador EFAPOWER CIB S com Unidade de Comando e Supervisão, Mod. SESA 061-0510. 2010. Acessível no repositório Efacec.

[17] Saft Power Systems. SM2000 – Technical Description. October 2006.

[18] CARVALHO, Rafael Takasaki – "Estudo e implementação de controle digital para o conversor ponte completa e comutação suave com modulação por deslocamento de fase (FB-ZVS-PS)". Florianópolis: Universidade Federal De Santa Catarina. 2003. 133 f. Tese de Mestrado em Engenharia Eléctrica.

[19] SINGH, B.; SINGH, B. N.; CHANDRA, A. [et al] – A Review of Single-Phase Improved Power Quality AC-DC Converters. "IEEE Transactions on Industrial Electronics", vol. 50, no. 5, October 2003, p. 962-981.

[20] MOHAN, Ned; UNDELAND, Tore M.; ROBBINS, William P. - Power Electronics: Converters, Applications and Design. Second Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, 1995. ISNB: 0471584088.

[21] V. Pires; J. Fernando Silva – Rectificadores com factor de potência quase unitário. Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia, Engenharia Electrotécnica, tema Electrónica Industrial. Lisboa: ISEL, Maio 2002.

[22] ZHANG, J.; JOVANOVIC, M. M.; LEE, F. C. – Comparison Between CCM Single-Stage And Two-Stage Boost Converters. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 1999.

[23] POMILIO, J. - Topologias básicas de conversores CC-CC com isolação. Fontes Chaveadas – Cap. 2. Acedido em 8 de Março 2010, em http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/.

[24] Saft Power Systems. SM2000 Safety Report. March 2007.

[25] Bob Mammano, Texas Instruments Incorporated. Safety Considerations in Power Supply Design. Power Supply Power Seminar, 2005. Acedido em 10 Março de 2010, em http://focus.ti.com/lit/ml/slup224/ slup224.pdf.

[26] Compliance Engineering (2010). Creepage and Clearance. Acedido em 18 de Março de 2010, em http://www.ce-mag.com/archive/01/Spring/Lamothe.html.

[27] LAWRENCE, Ken - Safety. Acedido em 18 de Março de 2010, em http://www.reo.co.uk/files/safety_7_-_low_voltage_directive.pdf.

[28] COSTA, João L. - Segurança eléctrica e desempenho. Seminário – Segurança em automação. Junho 2004. Acedido em 16 Março 2010, em http://users.isr.ist.utl.pt/~pjcro/cadeiras/api0304/pdfs/SEM_G.pdf.

[29] PAUL, Clayton R. - Introduction to Electromagnetic Compatibility. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2nd Edition, 2006. ISBN-13: 978-0-471-75500-5.

[30] OTT, Henry W. - Electromagnetic Compatibility Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2009. ISBN: 0470189304.

[31] Glenair (2010). Electromagnetic Interference In High Reliability Electrical Interconnect Systems. Acedido em 2 de Maio de 2010, em http://www.glenair.com/html/emi.htm

[32] SCHLINCHTING, Luis Carlos Martinhago – "Contribuição ao estudo da Compatibilidade Electromagnética em Conversores Estáticos". Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 139 f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Eléctrica.

[33] MAGNUS, Elio Freitas – "Desenvolvimento de uma Ferramenta para Ensaios de EMI Conduzida de Baixo Custo". Porto Alegre: Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2001. 101 f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Eléctrica.

[34] Centro de Educação Profissional Ezequiel F. Lima. Aterramento e blindagem. Mato Grosso do Sul. Julho 2009.

[35] Martins, António J. - Marcação CE: Breve Introdução. Electrónica Industrial 2. Acedido em 4 de Maio de 2010, em http://paginas.fe.up.pt/~ajm/www_ei2/mce_ei2.pdf.

[36] SOUZA, Hércules de. Avaliação de uma blindagem electromagnética para frequências até 1khz. CienteFico, ano III, vol. I, Salvador, Jan-Jun 2003.

[37] CARPES, Walter P. - Introdução à Compatibilidade Electromagnética. Engenharia Elétrica. UFSC. Acedido em 5 de Maio de 2010, em http://www.peteel.ufsc.br/Arquivos/Eventos/Introdução à CEM.pdf

[38] LOPES, João A. P. Perturbações na tensão e seus impactos na exploração de redes eléctricas industriais. Instalações Eléctricas Industriais. FEUP.

[39] EN 61000-3-2. 2006, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16 A per phase). Brussels: CENELEC.

[40] SILVA, Selênico R. - Flutuações de Tensão. UFMG. Departamento de Engenharia Elétrica. Agosto 2009. Acedido em 5 de Maio de 2010, em http://www.cpdee.ufmg.br/~selenios/Qualidade/ELE046_3.pdf

[41] MEHL, Ewaldo L. M.. Qualidade da Energia Elétrica. Acedido em 1 de Junho de 2010, em http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf.

[42] NYLAND, Felipe – "Contribuição ao Ensaio de Proficiência em Compatibilidade Eletromagnética". Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2007. 172 f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Eléctrica.

[43] EN 61000-3-3. 2009, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A and not subjected to conditional connection. Brussels: CENELEC.

[44] Instituto Brasileiro de Ensaios de Conformidade Ltda. Apresentação do Laboratório de CEM e de Segurança Eléctrica (telecom.). Documento nº TEM021 Rev.3.1.

[45] Portocarrero, Susana Isabel Alves Ferreira da Silva – "Estudo da Compatibilidade Electromagnética de Aparelhagem de Média Tensão". Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2006. 149 f. Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (Área de Sistemas de Energia).

[46] ARMSTRONG, Keith A.; WILLIAMS, Tim – EMC testing Part 2 – Conducted Emissions. EMC Compliance Journal April 2001, p. 22-32. Acedido em 12 de Maio de 2010, em http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/010422.htm

[47] EN 55022. 2006, Information technology equipment – Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement (CISPR 22:2005 modified). Brussels: CENELEC.

[48] Instituto Brasileiro de Ensaios de Conformidade Ltda. Certificação ANATEL de equipamentos de telecomunicações e os ensaios de compatibilidade electromagnética. Documento nº TEM027 Rev.2.1.

[49] MENÉRES, Luis – Compatibilidade Electromagnética. Revista ISQ, Fevereiro 2000.

[50] MAGALHÃES, Gilberto Vilas Boas – "Implementação de Medições Automatizadas de Interferências Eletromagnéticas". Santa Rita do Sapucaí: Instituto Militar De Engenharia. 2008. 105 f. Tese de Mestrado em Telecomunicações.

[51] ARMSTRONG, Keith A.; WILLIAMS, Tim. EMC testing Part 3 – Fast Transient Burst, Surge, Electrostatic Discharge. EMC Compliance Journal June 2001. p. 19-29 Acedido em 12 Maio de 2010, em http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/010619.htm.

[52] WILLIAMS, Tim; ARMSTRONG, Keith A. EMC for Systems and Installations. Oxford: Newnes, 1st Edition, 2000. ISBN 0-7506-4167-3.

[53] SMITH, Douglas C. (2004). High Frequency Measurements Web Page. Acedido em 14 de Maio de 2010, em emcesd.com/tt2004/tt060104.htm.

[54] EN 61000-4-2. 2009, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test. Brussels: CENELEC.

[55] ARMSTRONG, K.; WILLIAMS, Tim - EMC testing Part 4 – Radiated Immunity. EMC Compliance Journal, August and October 2001. Acedido em 22 de Maio de 2010, em http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/010822.htm.

[56] EN 61000-4-3. 2006, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test. Brussels: CENELEC.

[57] Scottish Government Publications. Evaluating the Effect of EMI in Transceivers. Acedido em 25 Maio de 2010, em www.scotland.gov.uk/Publications/2008/07/24093409/6.

[58] EN 61000-4-4. 2010, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient / burst immunity test. Brussels: CENELEC.

[59] EN 61000-4-5. 2006, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test. Brussels: CENELEC.

[60] EN 61000-4-6. 2009, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields. Brussels: CENELEC.

[61] ARMSTRONG, Keith A.; WILLIAMS, Tim - EMC testing Part 5 – Conducted Immunity. EMC Compliance Journal June 2001. Acedido em 28 de Maio de 2010, em http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/011021.htm

[62] EN 61000-4-11. 2004, Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests. Brussels: CENELEC.

[63] NATURLINK - Informação Ambiental, S.A. (2009). Acedido em 10 de Junho de 2010, em: http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=6&cid=16956&bl=1&viewall=true.

[64] NP EN 50126. 2000, Aplicações ferroviárias - Especificação e demonstração de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança (RAMS). Lisboa: IPQ.

[65] ISO 14040. 2006, Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and framework, 2nd Edition. Geneva: ISO.

[66] FERREIRA, Margarida Machado Boavida – "Avaliação de Ciclo de Vida de uma Central Hidroeléctrica - Central de Frades, caso de estudo na EDP". Lisboa: Instituto Superior Técnico. 2007. 121 f. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

[67] COELHO, Luiza (2008). ACV – Análise de Ciclo de Vida. Acedido em 12 de Junho de 2010, em: http://www.licenciamentoambiental.eng.br/acv-analise-de-ciclo-de-vida/.

[68] ETSI EN 300 386. 2008, Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); Telecommunication Network Equipment; ElectroMagnetic Compatibility (EMC) Requirements, Version 1.4.1. ETSI.

APÊNDICE/ANEXOS

APÊNDICE A – Dossier Técnico de Construção EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM

efacec
Sistemas de Electrónica, S.A.

UNIDADE SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO

Dossier Técnico de Construção

EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM

Directiva de Baixa Tensão 2006/95/CE
Directiva de Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE

Destinatários:

Nome	Área da Empresa / Exterior	Cópia
Filipe Cruz	SE/SA/OP	1
Casimiro Barbosa	SQ	1
Álvaro Rocha	SA/OP/FA	1
António Guimarães	SA/EN	1
Nuno Queirós	SA/OP/AT	1
André Araújo	SA/OP/GC	1

Registo de revisões:

Índice	Data	Substitui o documento	Motivo da revisão

Este documento encontra-se disponível para consulta na página de SE/GQ na Intranet. As cópias em papel controladas e distribuídas por SE/GQ são as constantes da lista acima e são identificáveis por estarem assinadas na coluna da direita da lista.
Impressões ou fotocópias deste documento não são controladas por SE/GQ sendo da responsabilidade de quem as efectuar, o seu controlo e actualização.

DOSSIER TÉCNICO DE CONSTRUÇÃO

Directiva de Baixa Tensão 2006/95/CE
Directiva de Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE

EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM

Dado que, como se verá no desenvolver deste documento, se cumprem os Requisitos Essenciais de todas as Normas Harmonizadas aplicáveis que conferem a Presunção de Conformidade segundo as Directivas Comunitárias 2006/95/CE e 2004/108/CE, não seria obrigatório o uso do Dossier Técnico de Construção. No entanto, por razões de melhor controlo documental e para fazer o resumo de vários aspectos envolvidos no processo de Marcação CE, o Dossier Técnico de Construção tem vindo a ser utilizado.

A Efacec - Sistemas de Electrónica S.A. , possui um Controlo Interno de Produção conforme o Procedimento de Avaliação da Conformidade referido no Artigo 7º do Decreto-Lei nº 325/2007 e no Anexo III do Decreto-Lei nº 6/2008, que transpõem para o acervo legislativo português, a Directiva 2004/108/CE e a Directiva 2006/95/CE respectivamente.

A Marcação CE e colocação no mercado respeita o Artigo 6º do Decreto-Lei nº 6/2008.

Deste modo, os requisitos essenciais para a obtenção da Marcação CE no equipamento, são considerados durante as fases de projecto, fabrico, teste e instalação do mesmo.

Índice

Índice 3
Preâmbulo 8
Identificação dos equipamentos 8
Designação comercial 8
Nome e morada do fabricante 8
Normas aplicáveis 8
Descrição da função do equipamento 9
Descrição técnica dos equipamentos 9
Estrutura e organização do Dossier Técnico de Construção 11
Capítulo 1 - Directiva de Baixa Tensão 2006/95/CE 12
0 Princípios de Segurança 13
0.2.1 Choque eléctrico 13
0.2.2 Perigos energéticos 14
0.2.3 Fogo 14
0.2.4 Perigos caloríficos 14
0.2.5 Perigos mecânicos 14
0.2.6 Perigos de radiação 15
0.2.7 Perigos químicos 15
1 Aspectos Gerais 16
1.1 Âmbito 16
1.2 Definições 16
1.3 Requisitos Gerais 16
1.4 Condições gerais para testes 16
1.5 Componentes 16
1.6 Interface de potência 16
1.6.2 Corrente de entrada 16
1.7 Marcação e Instruções 17

1.7.2 Instruções de segurança e marcação....17

1.7.2.1 Geral....17
1.7.6 Fusíveis....17

1.7.7 Terminais de ligação....18

1.7.7.1 Terminais para ligação do condutor de protecção....18
1.7.7.2 Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.a....18
1.7.7.3 Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.c....18
1.7.8 Controlos e indicadores....18

1.7.8.1 Identificação, localização e marcação....18
1.7.8.3 Símbolos....18
1.7.11 Durabilidade....19

1.7.12 Partes removíveis....19

1.7.13 Baterias substituíveis....19

Baterias (não incluído na EN60950-1)....19
2 Protecção contra perigos....20
2.1 Protecção contra choque eléctrico e perigos energéticos....20

2.1.1 Protecção em áreas de acesso ao utilizador....20

2.1.1.1 Acesso a peças com tensão....20
2.1.1.5 Perigos energéticos....20
2.1.2 Protecção em áreas de serviço....20

2.2 Circuitos de tensão SELV....20

2.2.1 Requisitos gerais....20

2.2.2 Tensões em condições normais....20

2.2.3 Tensões em condições de defeito....20

2.2.4 Ligação de circuitos SELV a outros circuitos....20

2.6 Provisões para terras....21

2.6.1 Terra de protecção....21

2.6.3.2 Tamanho do condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento....21
2.6.3.3 Tamanhos dos condutores de terra de protecção....21
2.6.3.4 Resistência dos condutores de terra de protecção e respectivos terminais....21
2.6.3.5 Cor de isolamento....21
2.6.5.2 Componentes nos condutores de terra de protecção....21
2.6.5.3 Retirar terras de protecção....21
2.6.5.5 Peças removidas em operações de serviço....22
2.6.5.6 Resistência à corrosão....22
2.7 Protecção contra sobreintensidade e defeitos à terra em circuitos primários....22

2.7.1 Requisitos básicos 22

2.7.4 Número e localização dos aparelhos de protecção 22

2.9 Isolamento eléctrico 22

2.9.1 Propriedades de materiais isolantes 22

2.9.3 Grau de Isolamento 23

2.10 Distâncias no ar (*clearance*), ao longo de uma superfície (*creepage*) e através de isolamento 23

2.10.1.2 Graus de poluição 23
2.10.2.1 Tensão de funcionamento 23
2.10.3 Distâncias no ar 23

2.10.3.1 Aspectos gerais 23
2.10.3.3 Distâncias no ar em circuitos primários 24
2.10.3.4 Distâncias no ar em circuitos secundários 24
2.10.4 Distâncias ao longo de uma superfície 24

2.10.4.1 Aspectos gerais 24
2.10.4.3 Distâncias mínimas ao longo de uma superfície 24
2.10.5.2 Distâncias através do isolamento 24
3. Cabos, ligações e alimentação 25

3.1 Geral 25

3.1.1 Corrente nominal e protecção contra sobreintensidades 25

3.1.2 Protecção contra danos mecânicos 25

3.1.3 Colocação da cablagem interna 25

3.1.4 Isolamento dos condutores 25

3.1.5 Isoladores cerâmicos 25

3.2 Ligação à alimentação 26

3.2.5.1 Cabo de alimentação c.a. 26
3.3 Terminais de ligação para condutores externos 26

3.3.1 Terminais da cablagem 26

3.3.4 Tamanho dos condutores para ligação 26

3.3.5 Tamanho dos terminais dos condutores 26

3.3.7 Agrupamento dos terminais dos condutores 26

3.4 Desligar a alimentação 26

3.4.1 Requisitos Gerais 26

3.4.3 Equipamento ligado permanentemente 27
3.4.4 Peças do equipamento que permanecem com tensão 27
3.4.7 Equipamento trifásico 27
3.4.8 Interruptores e disjuntores como aparelhos de seccionamento 27
3.5 Interligação de equipamentos 27
3.5.1 Requisitos gerais 27
3.5.2 Tipos de circuitos de interligação 27
4. Requisitos físicos 28
4.1 Estabilidade 28
4.2 Rigidez mecânica 28
4.2.1 Aspectos Gerais 28
4.3 Detalhes construtivos 28
4.3.1 Arestas e cantos 28
4.3.8 Baterias 28
4.5 Requisitos térmicos 28
4.5.1. Requisitos gerais 28
4.5.2 Teste de temperatura 29
4.5.3 Temperatura limite para materiais 29
4.5.4 Temperatura limite para peças acessíveis ao utilizador 29
4.6 Aberturas em armários 29
4.6.1 Aberturas laterais e no topo 29
4.7 Resistência ao fogo 29
4.7.1 Redução do risco de inflamação e propagação de chamas 30
4.7.3 Materiais 30
4.7.3.1 Requisitos gerais 30
4.7.3.2 Materiais para invólucros de fogo 30
4.7.3.4 Materiais para componentes e outras peças dentro de invólucros de fogo 30
5. Requisitos eléctricos e simulação de condições anormais 31
5.1.7 Equipamento com corrente de fugas excedendo 3,5 mA 31

5.1.7.1 Requisitos gerais....31
5.2 Rigidez dieléctrica....31
5.3 Condições de operação anormal e falha....32
5.3.1 Protecção contra sobrecargas e operação anormal....32
6. Ligação a redes de telecomunicações....32
Capítulo 2 - Directiva de Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE....33
Ensaios de Compatibilidade Electromagnética....34
Conclusões....35
Anexos....36

Preâmbulo

Identificação dos equipamentos

Designação comercial

EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM

Nome e morada do fabricante

Efacec Sistemas de Electrónica, S.A.
Rua Engenheiro Frederico Ulrich
Apartado 3078
4471-907 Moreira da Maia
Portugal

Normas aplicáveis

EN60950-1 Information technology equipment – Safety
Part 1: General requirements (IEC 60950-1:2005, modified)

A norma EN 60950-1, cujo campo de aplicação se cinge à segurança de equipamentos ligados à tecnologia de informação, é uma norma bastante exigente e usada em múltiplos equipamentos e em várias áreas. Esta norma aplica-se a equipamentos industriais eléctricos que não excedam os 600V de tensão nominal.

A abordagem à norma mencionada neste dossier incide apenas nos pontos onde esta seja aplicável ao equipamento em análise. A aplicabilidade é analisada ao longo do dossier.

Considerando a norma EN 60950-1 uma norma mais completa, foi usada como principal referência de segurança no propósito da Marcação CE, sendo complementada pela EN 62040-1 (2008) para questões relacionadas com baterias.

ETSI EN 300386 V1.4.1
Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; Electromagnetic compatibility (EMC) requirements. (2008-04)

A norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04) é escolhida em detrimento da norma EN 61204-3, tratando-se de uma Norma Harmonizada publicada no Jornal Oficial da União Europeia, relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros no que respeita à compatibilidade electromagnética (Directiva CEM 2004/108/CE).

Ambas as normas descrevem requisitos para CEM. Contudo, na norma EN 61204-3 está expresso claramente que apenas se definem os requisitos mínimos de CEM para PSUs (Power Supplies Units). Por outro lado, a norma ETSI EN 300386 V1.4.1 define todos os requisitos de CEM para equipamentos específicos utilizados em redes públicas de telecomunicações. Nestes equipamentos, estão incluídas as

UPS's, assim como, outras fontes de alimentação utilizadas em redes de telecomunicações. Além disso, os Métodos de Teste de Imunidade e Emissão são estabelecidos da mesma forma em ambas as normas.

Deste modo, na norma ETSI EN 300386 V1.4.1 são descritos os requisitos de compatibilidade electromagnética para equipamentos usados em redes de telecomunicações, entre os quais os sistemas de alimentação.

Empresas Internacionais estabelecem que, para comercialização de equipamentos utilizados em redes de telecomunicações no Mercado Europeu e para todos os Mercados que aceitam Marcação CE como forma de homologação, é utilizada a Norma Internacional ETSI EN 300386 para julgar a conformidade dos requisitos de compatibilidade electromagnética.

Para avaliação do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, é utilizada como principal referência, sendo complementada com as normas da série EN61000 e EN55022. Para cada tipo de interface e equipamento esta estabelece padrões específicos.

A escolha da versão 1.4.1 da norma ETSI EN 300386 é feita com base no Jornal Oficial da União Europeia. Segundo este, a norma ETSI EN 300386 V1.4.1 tem o mesmo alcance que a norma revogada e substituída (V1.3.3). Na data referida, 31 de Julho de 2011, a norma revogada e substituída deixará de conferir presunção de conformidade com os requisitos essenciais da directiva.

Descrição da função do equipamento

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é um sistema de alimentação muito completo, fiável e dinâmico. Este equipamento destina-se a fornecer uma fonte de energia ininterrupta em tensão contínua regulada (48V), principalmente para telecomunicações.

A designação CIB S deve-se às iniciais de Carregador Industrial de Baterias com tecnologia *Switching*, esta nomenclatura ainda se acrescenta a indicação da tensão e corrente nominais de saída bem como o número de módulos (8), 48V / 8X40A.

O facto de se utilizar tecnologia *Switching*, em todos os módulos de potência que constituem o sistema de alimentação, permite obter:

- Excelentes características eléctricas, das quais se destacam o factor de potência, rendimento e corrente de entrada sinusoidal;
- Modularidade, a qual possibilita uma fácil manutenção bem como o aumento de potência.

Descrição técnica dos equipamentos

Lista de constituintes

Os EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM são sistemas de alimentação em corrente contínua, constituídos por:

- Um a oito módulos rectificadores *Switching* SM2000 (2000W);
- 1 EFAPOWER miniPSM, unidade de controlo e supervisão;
- Disjuntores de entrada por módulo;
- Um contactor de fim de descarga com comando manual;
- Até dois bancos baterias de 180Ah podem ser montadas numa estrutura metálica independente;
- Cablagem interna adequada ao tipo de sistema;

- Ligações à terra de protecção;
- Um armário metálico de assentamento sobre outro armário metálico referente às baterias.

Módulo rectificador *Switching*

Os módulos rectificadores SM2000 com 48V de saída nominal são fabricados pela *Saft Power Systems*.

Estes rectificadores são usados em paralelo. Considerados os constituintes fundamentais do sistema, estes possuem circuitos electrónicos para converter a tensão c.a. de entrada numa tensão c.c. regulada e estável, que por sua vez é utilizada para alimentar o equipamento, ao qual o EFAPOWER CIB S48V / 8X40A com miniPSM se destina e, simultaneamente, a carregar as baterias de socorro do sistema.

Apesar do Rectificador SM2000 possuir uma Declaração CE de conformidade, emitida pelo fabricante, foi objecto de Ensaios em conjunto com o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

EFAPOWER miniPSM

O EFAPOWER miniPSM é a unidade de controlo e supervisão digital do sistema EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

Tem como principais características o baixo custo, a elevada flexibilidade, o controlo de módulos “analógicos” ou “digitais” e monitorização de entradas analógicas e digitais. É alimentado pela saída c.c. do sistema.

Como grandezas monitorizadas *standard*, possui a tensão c.c., a corrente c.c., a corrente por bateria, a temperatura de bateria e a tensão nas 3 fases c.a..

Como estados monitorizados standard contém a abertura de disjuntores, a fusão de fusíveis, o contactor aberto, o contactor em comando manual, o disparo de para raios, tensão c.c. baixa e a temperatura alta.

A monitorização à distância é feita por interfaces digitais série *standard* (RS232, para ligação a PC local ou remoto).

De acordo com o solicitado para o projecto, o EFAPOWER miniPSM tem a possibilidade de activar até 8 alarmes por relé, programáveis por *software*.

O painel frontal funciona como interface com o utilizador e incorpora teclas de membrana, LED’s e uma janela para um *display* LCD gráfico.

Tem como configurações mecânicas possíveis: 1U de altura 19" largura ou 3U de altura 14 TE largura.

O EFAPOWER miniPSM foi objecto de Ensaios em conjunto com o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

Distribuição c.c.

O sistema inclui a distribuição da saída por disjuntores quer para as cargas quer para as baterias.

Contactores de corte de cargas ou baterias

O sistema inclui contactor de fim de descarga com possibilidade de comando manual.

Baterias

O sistema inclui baterias no armário.

Cablagem e sensores de medida de corrente.

Armário.

Estrutura e organização do Dossier Técnico de Construção

O Dossier Técnico de Construção pretende descrever a aplicação ao equipamento em teste dos requisitos essenciais apresentados nas Directivas Comunitárias e Normas Harmonizadas, relativas à Segurança Eléctrica e à Compatibilidade Electromagnética. Deve ser usado em conjunto com as normas com o Manual de Utilizador (que inclui o manual de utilizador CIB S, o dossier eléctrico, o dossier mecânico, a lista de materiais, o painel de comandos do miniPSM, a descrição dos módulos rectificadores e informações sobres as baterias).

Desta forma, no capítulo 1, este dossier chama a atenção para os pontos essenciais a ter em conta de modo a assegurar o cumprimento da norma EN60950-1, referida como “a norma “. Esta abordagem à norma EN 60950-1 incidirá apenas nos requisitos e nos pontos onde esta seja aplicável ao equipamento em análise e, deste modo, os pontos da norma não aplicáveis ao equipamento não são considerados. Por questão de coerência e facilidade de acesso à norma, serão mantidos os números pontos da norma aplicáveis. Todos os documentos e normas citados sem data ou revisão são sempre os que corresponderem à última revisão. Chama-se no entanto à atenção, que o cumprimento da norma não se restringe às medidas descritas, sendo estas apenas as que não parecem asseguradas pela aplicação directa dos documentos indicados.

O capítulo 2 refere-se à aplicação da norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04), relativa à Compatibilidade Electromagnética, ao CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. Tal como no capítulo anterior, os pontos da norma não aplicáveis ao equipamento não são considerados.

Por fim, no capítulo 3, apresentam-se as conclusões deste Dossier Técnico de Construção.

Capítulo 1

Directiva de Baixa Tensão 2006/95/CE

0 Princípios de Segurança

Este dossier descreve os cuidados que devem ser tomados de modo a impedir danos em pessoas e bens devido aos seguintes perigos:

- Choque eléctrico
- Perigos energéticos
- Fogo
- Perigos caloríficos
- Perigos mecânicos
- Perigos de radiação
- Perigos químicos

Um resumo desses cuidados é descrito de seguida.

0.2.1 Choque eléctrico

Causa	Prevenção
Contacto com peças isoladas a tensão perigosa	O operador não tem acesso a peças com tensão perigosa. Não existem condensadores com tensão perigosa a serem descarregados
Falha de isolamento entre peças normalmente a tensão perigosa e peças condutoras acessíveis	O armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, assim como todas as peças condutoras acessíveis estão ligados à terra. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é alimentado em tensão alternada através de um disjuntor ou fusíveis de protecção contra sobreintensidade, que em sistemas de neutro referenciado à terra (TN ou TT) protegem contra passagens francas à terra.
Falha de isolamento entre peças normalmente com tensão perigosa e circuitos SELV	A saída do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é um circuito SELV, há uma ligação à terra desse circuito na instalação (normalmente é o positivo que é ligado à terra em sistemas de 48V). O miniPSM tem isolamento reforçado, bem como os módulos rectificadores SM2000.
Falha de isolamento de elementos que asseguram o isolamento de peças normalmente com tensão perigosa	Não existem peças com tensão perigosa, porém o isolamento acessível ao operador tem rigidez mecânica e eléctrica adequada de modo a eliminar qualquer perigo.
Correntes de fugas de componentes com tensão perigosa para partes acessíveis, ou falha da ligação de terra de protecção.	A ligação à terra de protecção foi feita de modo eficiente e com reduzida possibilidade de falha.

Tabela 1 - Causas e respectivas prevenções para o choque eléctrico.

0.2.2 Perigos energéticos

De um curto-circuito entre dois pólos adjacentes de fontes de corrente elevada ou circuitos de elevada capacidade, pode resultar uma lesão ou perigo de fogo provocando queimaduras, arcos eléctricos ou projecção de metal fundido. Mesmo os circuitos de baixa tensão podem tornar-se perigosos a este respeito.

Os operadores e pessoal de serviço devem, por isso, ser protegidos contra estes perigos. A separação dos circuitos, a blindagem e a inclusão de encravamentos de segurança são alguns dos mecanismos que contribuem para a redução dos perigos energéticos.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, os perigos energéticos são reduzidos por separação.

0.2.3 Fogo

O risco de fogo resulta normalmente de temperaturas excessivas devidas a uma sobrecarga, condições anormais de funcionamento, a um defeito de algum componente do equipamento ou a falhas de isolamento. Porém, os fogos originados num determinado componente ou equipamento não devem alastrar-se, nem causar danos nas suas imediações.

Alguns exemplos para reduzir riscos no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM incluem:

- Inclusão de protecção contra sobreintensidades;
- Uso de materiais com boas propriedades inflamáveis (Classe V-2 no mínimo);
- Escolha de peças e componentes de modo a evitar temperaturas elevadas que possam originar ignição;
- Blindagem ou separação de materiais combustíveis de fontes de ignição;
- Uso de invólucros ou barreiras para limitar a propagação do fogo dentro do equipamento;
- Uso de materiais apropriados para os invólucros de modo a reduzir a probabilidade de propagação do fogo.

0.2.4 Perigos caloríficos

As lesões provocadas no utilizador por perigos caloríficos podem decorrer das altas temperaturas em superfícies acessíveis ou em componentes quando o equipamento se encontra em condições normais de funcionamento, causando:

- Queimaduras devido ao contacto com peças quentes acessíveis;
- Degradação do isolamento e de componentes críticos;
- Combustão de líquidos inflamáveis.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, não existem pontos a temperaturas elevadas em áreas acessíveis ao operador.

0.2.5 Perigos mecânicos

No que respeita aos perigos mecânicos, os ferimentos ou danos para o utilizador provêm do contacto com arestas cortantes ou cantos, peças móveis, ou instabilidade física do equipamento.

Algumas medidas de redução de riscos no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM compreendem:

- Arredondamento de arestas e cantos afiados, principalmente nas zonas acessíveis;
- Inclusão de encravamentos de segurança;
- Protecção adequada de peças móveis de ventiladores.
- Garantir que o equipamento é estruturalmente sólido e mecanicamente estável;
- Colocação etiquetas de aviso ao utilizador.

0.2.6 Perigos de radiação

As lesões para o operador ou pessoal de serviço podem advir de algumas formas de radiação emitida pelo equipamento. Alguns dos exemplos de radiação e respectivas precauções para reduzir riscos no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM são apresentadas na tabela que se segue.

Tipo de radiação	Precauções
Radiação sonora	O nível sonoro dos EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é reduzido, devido às altas frequências utilizadas. O ventilador do SM2000 representa um nível sonoro <55 dB (A).
Radiação electromagnética de radiofrequência	O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM funciona satisfatoriamente no seu ambiente electromagnético sem introduzir perturbações electromagnéticas intoleráveis a outro equipamento nesse ambiente, conforme os requisitos da directiva de compatibilidade electromagnética 2004/108/CE.
Radiação infravermelha	Não aplicável
Radiação visível de alta intensidade ou coerente	Não aplicável
Radiação ultravioleta	Não aplicável
Radiação ionizante	Não aplicável

Tabela 2 - Tipo de radiação e respectivas precauções.

0.2.7 Perigos químicos

Algumas lesões podem resultar do contacto com alguns produtos químicos ou por inalação de vapores e fumos. Algumas das medidas para atenuar os riscos envolvem:

- Evitar o uso de materiais passíveis de criar lesão por contacto ou inalação em condições normais de funcionamento do equipamento;
- Evitar condições susceptíveis de causar fugas ou vapores;
- Colocação de etiquetas de aviso de perigo para o utilizador.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, não existem quaisquer produtos químicos perigosos susceptíveis de contacto ou inalação em funcionamento normal.

1 Aspectos Gerais

1.1 Âmbito

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é considerado como estando no âmbito da norma.

1.2 Definições

Todas as definições da norma são adoptadas sem alteração.

1.3 Requisitos Gerais

O cumprimento dos requisitos detalhados na norma é obrigatório sempre que a segurança do equipamento está em causa. Para determinar se a segurança está ou não em causa, a construção do equipamento EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM deve ser cuidadosamente investigada tendo em conta as consequências de todas as falhas possíveis.

1.4 Condições gerais para testes

Para os testes que se efectuarem devem ser adoptadas as condições indicadas neste ponto da norma. Salvo disposição em contrário, a amostra ou as amostras em teste devem ser representativas do equipamento que o utilizador vai receber ou próprio equipamento pronto para entrega.

Chama-se, no entanto, a atenção para o ponto 1.4.1, onde caso seja evidente do projecto e construção do equipamento que um teste em particular não é aplicável, o teste não deve ser realizado.

1.5 Componentes

Os requisitos detalhados nesta norma devem ser aplicados apenas quando a segurança está colocada em causa. Os diversos componentes de um equipamento devem cumprir com os requisitos desta norma ou com outros aspectos de segurança relevantes de outras normas EN.

Não se encontram no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM componentes que estejam em desacordo com este ponto da norma.

1.6 Interface de potência

1.6.2 Corrente de entrada

A corrente de alimentação em regime permanente é limitada pelo facto de o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM fazer limitação de corrente de saída. Desta forma, a corrente de entrada do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM em funcionamento normal nunca excede o valor nominal em mais de 10%, como é imposto neste ponto da norma.

1.6.4 Condutor de neutro

Os condutores de neutro são isolados da terra e do corpo do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM como se fossem condutores de fase. Componentes ligados entre neutro e terra, estão dimensionados para a tensão de funcionamento igual à tensão fase - neutro.

1.7 Marcação e Instruções

1.7.1 Placa de características

A placa de características é visível na parte lateral do equipamento. Esta inclui, as seguintes informações:

- Tipo de Equipamento: EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM
- Característica de entrada:
  Tensão nominal/ Frequência, 3x230 V+N / 50 Hz.
  Corrente nominal, 9,5A / Módulo
- Característica de saída:
  Tensão nominal, 48 V (c.c.)
  Corrente nominal, 40 A / Módulo
- Projecto: E20000070
- Logótipo: Efacec Sistemas de Electrónica, S.A.
- Referência do fabricante

Esta etiqueta segue o Procedimento do documento 4SA983039D, presente na Documentação Interna da Efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

1.7.2 Instruções de segurança e marcação

1.7.2.1 Geral

As especificações sobre as condições para a instalação, operação e manutenção do equipamento estão expressas no Manual do Utilizador que será incluído no dossier entregue ao cliente com especificações técnicas do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

Nos documentos acima referidos é chamada a atenção para precauções especiais a ter na ligação das baterias e na interligação entre várias unidades.

1.7.6 Fusíveis

Os fusíveis do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM têm o seu calibre em marcação adjacente e estão localizados em zona acessível ao operador indicam a sua referência (por exemplo, F1, F2 etc.).

1.7.7 Terminais de ligação

1.7.7.1 Terminais para ligação do condutor de protecção

O terminal para ligação do condutor de protecção associado aos cabos de alimentação é indicado pelo símbolo apropriado definido na EN 60417-5019 (DB-2002-10). Este símbolo é também usado em subconjuntos e não servirá para outros terminais do condutor de protecção.



Não é obrigatório marcar os terminais de partes dos equipamentos que necessitam de ser aterrados por razões de segurança. Contudo, se a marcação existir é permitido usar o símbolo EN 60417-5017 (DB-2002-10) ou siglas PE:



1.7.7.2 Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.a.

Os terminais para ligação exclusiva do condutor de neutro da alimentação CA são indicados pela letra N maiúscula.

1.7.7.3 Terminais para ligação dos condutores da alimentação c.c.

Os terminais destinados exclusivamente para ligação de fontes de alimentação c.c. devem ser identificados com a devida polaridade.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, os terminais de ligação das baterias estão de acordo com este ponto da norma.

1.7.8 Controlos e indicadores

1.7.8.1 Identificação, localização e marcação

Excepto quando é evidentemente desnecessário, indicadores, comutadores, interruptores e outros controlos afectos à segurança, devem ser identificados ou localizados de forma a indicar claramente a sua função.

A marcação e identificação usadas devem ser compreensíveis sem que seja necessário o conhecimento de outras línguas, normas nacionais, etc.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, todos os controlos afectos à segurança encontram-se bem identificados na parte frontal do equipamento.

1.7.8.3 Símbolos

Quando os símbolos são usados perto de controlos de modo a indicar condições “ON” e “OFF”, estas devem ser uma linha | para “ON” e uma circunferência ○ para “OFF”, de acordo com as normas EN 60417-5007 (DB:2002-10) e EN 60417-5008 (DB:2002-10).

A condição “STAND-BY” deve ser indicada pelo símbolo ⏻ de acordo com a norma EN 60417-5009 (DB:2002-10).

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, o contactor fim de descarga das baterias está de acordo com estes requisitos.

1.7.11 Durabilidade

Todas as marcações mencionadas, por comprometerem segurança, devem ser duráveis, legíveis e indeléveis, tendo sempre em consideração o efeito do uso normal do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

1.7.12 Partes removíveis

As marcações no equipamento, por implicarem segurança, não foram colocadas em peças removíveis uma vez que estas ao serem substituíveis podem causar danos na marcação.

1.7.13 Baterias substituíveis

Se um equipamento for provido com baterias substituíveis, e se da sua incorrecta substituição puder resultar uma explosão (por exemplo, com algumas baterias de lítio), deve ser colocada uma marcação perto das baterias ou no Manual de Utilizador entregue ao cliente.

Baterias (não incluído na EN60950-1)

A presente norma não menciona cuidados especiais na marcação e instruções relativamente a baterias. No entanto, uma vez que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM se encontra conectado a estas, adoptaram-se os princípios da EN 62040-1 ponto 4.7.20.

O armário de baterias deve conter, no mínimo, a seguinte informação claramente legível ao operador:

- Tipo de bateria (por exemplo, ácidas seladas) e número de baterias em blocos ou células;
- Tensão nominal total da bateria;
- Capacidade nominal total da bateria;
- Uma etiqueta avisadora de perigo energético e perigo químico e referência ao manual de instruções sobre manutenção e manuseamento.

Instruções para ligação das baterias e uma etiqueta são fornecidas no Manual do Utilizador do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

2 Protecção contra perigos

2.1 Protecção contra choque eléctrico e perigos energéticos

2.1.1 Protecção em áreas de acesso ao utilizador

O operador apenas tem acesso ao painel de comandos do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, pelo que os únicos pontos activos a que tem acesso estão num circuito SELV.

2.1.1.1 Acesso a peças com tensão

As partes internas do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM que necessitem de ter acesso por pessoal de serviço, não têm tensões superiores a 60V (c.c.).

2.1.1.5 Perigos energéticos

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, nas áreas acessíveis ao operador, não existe qualquer perigo energético. As distâncias no ar (*clearance*) por trás de partes ligadas ou não à terra do armário são suficientes para um nível que não resulta num perigo energético.

2.1.2 Protecção em áreas de serviço

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, em áreas de serviço não é expectável a ocorrência de perigos descritos neste ponto da norma.

2.2 Circuitos de tensão SELV

2.2.1 Requisitos gerais

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM todos os seus circuitos internos excepto os do primário se enquadram na definição de SELV.

2.2.2 Tensões em condições normais

Sob condições normais de funcionamento, um circuito SELV ou circuitos SELV interligados, a tensão entre quaisquer dois condutores, e entre um condutor e a terra, não deve exceder os 42,4 V de pico ou os 60 V (c.c.).

2.2.3 Tensões em condições de defeito

A tensão entre dois condutores do circuito SELV do equipamento não excede os 42,4V pico ou os 60V (c.c.) por mais de 0,2s. Durante o defeito a tensão não deve exceder 71 V pico ou 120 V (c.c.).

2.2.4 Ligação de circuitos SELV a outros circuitos

A ligação de um circuito SELV a outros circuitos é permitida quando são cumpridas as condições dos pontos 2.2.2 e 2.2.3.

A ligação do equipamento a outros equipamentos é realizada apenas na parte SELV.

2.6 Provisões para terras

2.6.1 Terra de protecção

As seguintes peças do equipamento devem ser ligadas, com segurança, ao terminal da terra de protecção do equipamento:

- Peças condutoras acessíveis que possam assumir tensões perigosas na ocorrência de um defeito;
- Circuitos e componentes que possam não assumir tensões perigosas na ocorrência de um defeito, mas tem de ser ligados à terra de modo a reduzir transitórios que afectem o isolamento;
- Circuitos SELV que necessitem de ser ligados à terra de modo a reduzir ou eliminar correntes de fugas.

Todas as partes metálicas acessíveis e componentes que necessitam de protecção estão ligadas, de modo fiável, a um terminal de terra de protecção contido no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

2.6.3.2 Tamanho do condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento

O condutor de ligação da terra de protecção ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpre com os tamanhos especificados na Tabela 3B do ponto 3.2.5 da norma, com uma secção de 6mm^2.

2.6.3.3 Tamanhos dos condutores de terra de protecção

O dimensionamento dos condutores de protecção do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foi realizado de acordo com a tabela 2D da norma tendo estes as seguintes secções: 0,75mm^2, 1,00mm^2, 1,25mm^2 e 4mm^2.

2.6.3.4 Resistência dos condutores de terra de protecção e respectivos terminais

Os condutores de terra de protecção e os respectivos terminais não possuem resistência excessiva, considerando-se que o condutor de ligação da terra de protecção ao equipamento já cumpre com este requisito sem necessidade de se efectuar um teste.

2.6.3.5 Cor de isolamento

O isolamento dos condutores de terra de protecção é verde/amarelo.

2.6.5.2 Componentes nos condutores de terra de protecção

Os condutores de terra de protecção não contêm interruptores ou fusíveis.

2.6.5.3 Retirar terras de protecção

A ligação dos condutores de terra de protecção aos diferentes subconjuntos do equipamento deve ser feita de tal forma que ao retirar uma terra de protecção num ponto do equipamento não se quebre a protecção de outras peças.

2.6.5.5 Peças removidas em operações de serviço

As ligações à terra de protecção no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não se devem desfazer para operações de serviço.

2.6.5.6 Resistência à corrosão

A resistência à corrosão das peças condutoras nos terminais de ligação dos condutores de terra de protecção não deve ser sujeita a degradação significativa devido a acções electroquímicas em qualquer ambiente de funcionamento, transporte ou armazenamento. A corrosão devido a efeitos electroquímicos entre dois metais diferentes que estão em contacto é minimizada se o potencial electroquímico combinado for inferior a 0,6V. Como tal as combinações de metais acima da linha da Tabela 1 do Anexo J da norma foram evitadas.

2.7 Protecção contra sobreintensidade e defeitos à terra em circuitos primários

2.7.1 Requisitos básicos

Em circuitos primários, protecções contra sobreintensidades, curto-circuitos e defeitos à terra devem existir quer como parte intrínseca ao equipamento ou como parte do local de instalação do equipamento.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estabelece-se como norma a colocação no circuito primário de disjuntores unipolares para cada fase e entrada dos módulos rectificadores, bem como descarregadores de sobretensões. Os módulos funcionais possuem também a sua própria protecção.

Nota: O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui nos circuitos auxiliares para distribuição e baterias, fusíveis para protecção dos vários circuitos internos e um contactor de fim de descarga das baterias.

2.7.4 Número e localização dos aparelhos de protecção

Os sistemas ou aparelhos de protecção nos circuitos primários devem ser em número suficiente de forma a detectar e interromper fluxos de sobreintensidades em quaisquer caminhos possíveis de correntes de defeito.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM existem: três disjuntores de entrada dos módulos rectificadores (Q1 a Q3), onze disjuntores de distribuição (Q25 a Q35), três disjuntores das baterias (Q50 a Q52) e quatro descarregadores de sobretensões (F1 a F4).

Todos estes aparelhos de protecção dos circuitos primários estão localizados na parte frontal do equipamento.

2.9 Isolamento eléctrico

2.9.1 Propriedades de materiais isolantes

A escolha e aplicação do tipo de materiais isolantes tiveram em conta requisitos eléctricos, esforços térmicos e mecânicos, frequência à tensão nominal de funcionamento e ainda características do ambiente de funcionamento (temperatura, pressão, humidade e poluição). Alguns materiais como borracha, material higroscópio ou material contendo amianto, não foi utilizado como isolamento.

2.9.3 Grau de Isolamento

O isolamento pode ser classificado como: isolamento funcional, isolamento básico, isolamento suplementar, isolamento reforçado ou isolamento duplo.

A aplicação do isolamento nas mais diversas situações é descrito na tabela 2H e ilustrado na figura 2H deste ponto da norma.

Os diferentes materiais isolantes utilizados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM assim como o grau de isolamento dos mesmos estão de acordo estes requisitos descritos na norma.

Os testes de isolamento são referidos no ponto 5.2.

2.10 Distâncias no ar (*clearance*), ao longo de uma superfície (*creepage*) e através de isolamento

2.10.1.2 Graus de poluição

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, consideram-se os valores de poluição grau 2. O grau de poluição 2 é aplicável apenas quando existe poluição não condutora que pode tornar-se temporariamente condutora devido a condensação ocasional. Este é o grau normalmente aplicado para os equipamentos abrangidos por esta norma.

2.10.2.1 Tensão de funcionamento

O meio de isolamento pode ser um material sólido (por exemplo, plástico) ou ar (como o espaço entre os componentes), e os requisitos de ambos são afectados pela tensão de funcionamento através do meio de isolamento.

A tensão de funcionamento é a maior tensão para que o isolamento em causa pode ser submetido quando o equipamento está a operar a tensão nominal e em condições normais de funcionamento.

Quando é medida a tensão de funcionamento, é importante medir o seu pico, bem como o seu valor eficaz (rms): o valor de pico é usado para determinar a distância pelo ar, o valor eficaz é usado para calcular a distância pela superfície.

2.10.3 Distâncias no ar

2.10.3.1 Aspectos gerais

A distância no ar, *clearance*, é definida como a menor distância entre dois elementos condutores (ou entre um elemento condutor e a superfície delimitadora do equipamento), medida no ar. A quebra de isolamento ao longo de uma distância no ar é um fenómeno rápido onde os danos podem ser causados por impulsos de curta duração.

Esta distância deve ser dimensionada de tal forma que as sobretensões, incluindo transitórios e picos de tensão gerados no equipamento, não a quebrem. Desta forma, é usado o máximo valor de pico da tensão para determinar a *clearance* de acordo com as tabelas disponibilizadas na norma.

Os valores requeridos na norma para distâncias no ar foram respeitados tendo em conta que a Efacec – Sistemas de Electrónica possui um sistema de qualidade certificado. Acrescenta-se ainda que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foi sujeito a testes de isolamento a 100%.

2.10.3.3 Distâncias no ar em circuitos primários

A distância mínima no ar em circuitos primários do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM são respeitadas e encontram-se de acordo com as tabelas 2K e 2L da norma, onde o espaçamento necessário, em mm, para diferentes tipos de isolamento é dado em função da tensão de pico de funcionamento, transitórios da alimentação e graus de poluição.

2.10.3.4 Distâncias no ar em circuitos secundários

A distância mínima no ar em circuitos secundários do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foi determinada pela tabela 2M da norma.

2.10.4 Distâncias ao longo de uma superfície

2.10.4.1 Aspectos gerais

A distância ao longo de uma superfície, *creepage*, é o caminho mais curto entre dois elementos condutores (ou entre uma parte condutora e a superfície delimitadora do equipamento), medida ao longo de uma superfície de isolamento. Ao contrário do que acontece com as distâncias no ar, a quebra do isolamento ao longo de uma superfície é um fenómeno lento, determinado pelos níveis de tensão c.c. ou pelo valor eficaz (rms).

Estas distâncias devem ser dimensionadas de tal forma que, para um dado valor eficaz da tensão de funcionamento e grau de poluição, não ocorra uma quebra de isolamento.

2.10.4.3 Distâncias mínimas ao longo de uma superfície

As distâncias ao longo de uma superfície não devem ser menores que os valores mínimos apropriados especificados na tabela 2N da norma.

Se a distância mínima ao longo de uma superfície da tabela 2N for menor que a distância mínima no ar, o valor mínimo deste último deve ser aplicado em ambos.

As distâncias *creepage* entre a superfície delimitadora do equipamento e um elemento condutor ligado a tensão perigosa devem cumprir com os requisitos do isolamento reforçado.

Os valores da tabela 2N são aplicáveis ao isolamento funcional, isolamento básico e isolamento suplementar. Para isolamento reforçado, os valores da tabela são duplicados.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram usados os maiores valores de distância de isolamento, os quais correspondem ao isolamento reforçado. Está assim sempre garantida uma distância superior à exigida.

2.10.5.2 Distâncias através do isolamento

Se a tensão de pico de funcionamento não exceder o 71V, não existem requisitos para as distâncias através do isolamento.

Se a tensão de pico de funcionamento exceder o 71V, as seguintes regras aplicam-se:

- Para isolamento funcional e isolamento básico, não existe um mínimo obrigatório para a distância através do isolamento.
- Para isolamento suplementar ou isolamento reforçado deve existir uma distância mínima através do isolamento de 0,4 mm, assegurado por um único *layer*.

3. Cabos, ligações e alimentação

3.1 Geral

3.1.1 Corrente nominal e protecção contra sobreintensidades

A área de secção transversal da cablagem interna e dos cabos de interligação deve ser adequada para a corrente que se destinam a conduzir quando o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM está a operar em carga normal, de tal forma que a temperatura máxima permitida do isolamento dos condutores não seja ultrapassada.

Toda a cablagem interna (incluindo barramentos) e os cabos de interligação utilizados na distribuição da energia do circuito primário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estão protegidos contra sobreintensidades e curto-circuitos por disjuntores.

A cablagem não envolvida directamente na distribuição não necessita de protecção, se se comprovar que a ocorrência de perigos é improvável.

3.1.2 Protecção contra danos mecânicos

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM, os caminhos dos cabos são apropriados e livres de arestas cortantes. Os cabos estão protegidos de modo a não entrarem em contacto com rebarbas, aletas de refrigeração, peças móveis, etc., o que poderia causar danos ao isolamento dos condutores. Os furos no metal, através do qual passam fios isolados, possuem superfícies lisas bem arredondadas.

3.1.3 Colocação da cablagem interna

A cablagem interna do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM está colocada de maneira a reduzir a probabilidade de:

- Esforço excessivo no cabo ou nos terminais;
- Se soltarem dos terminais;
- Dano no isolamento dos condutores.

3.1.4 Isolamento dos condutores

A escolha correcta dos condutores é um dos pontos mais importantes na construção dos equipamentos. Um dimensionamento incorrecto destes pode provocar desde falhas nos circuitos até incêndios.

No fabrico de condutores eléctricos, os compostos isolantes mais utilizados são o PVC e o EPR, que se diferenciam quanto à forma de construção, resistência à temperatura e agentes externos.

Os diversos condutores utilizados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estão certificados e possuem isolamento adequado à tensão de funcionamento. Estes suportam ainda o teste de isolamento do ponto 5.2.2 da norma.

3.1.5 Isoladores cerâmicos

Os isoladores cerâmicos do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM estão fixos, de forma a não poderem mudar de posição e causar situação perigosa, ou não ficarem assentes em arestas afiadas ou cantos.

3.2 Ligação à alimentação

O equipamento foi projectado com terminais para uma ligação permanente à corrente alternada.

3.2.5.1 Cabo de alimentação c.a.

O cabo para ligação à alimentação c.a. deve ser dimensionado de acordo com os requisitos a tabela 3B deste ponto da norma.

Uma vez que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui 5 módulos rectificadores e a corrente nominal de entrada por módulo é de 9,5A, os cabos de alimentação c.a. foram dimensionados para o pior caso (fase R ou S) com uma secção mínima de 2,5mm².

3.3 Terminais de ligação para condutores externos

3.3.1 Terminais da cablagem

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é um equipamento de ligação permanente com terminais onde a ligação dos condutores externos é feita por meio de parafusos e porcas.

3.3.4 Tamanho dos condutores para ligação

Os terminais devem possibilitar uma ligação dos condutores de diferentes áreas de secção transversal. Dependendo da corrente nominal do equipamento, é permitido usar condutores com secção transversal com valores mínimos e máximos definidos nas tabelas 3D da norma.

3.3.5 Tamanho dos terminais dos condutores

O tipo e o tamanho dos terminais dos condutores da alimentação e dos condutores da terra de protecção cumprem com os tamanhos mínimos da tabela 3E deste ponto da norma.

3.3.7 Agrupamento dos terminais dos condutores

Para equipamento ligado permanentemente, todos os terminais para ligação da alimentação c.a. devem estar localizados próximos uns dos outros e do terminal da terra de protecção, se existir.

Por inspecção verifica-se que o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM cumpre com estes requisitos.

3.4 Desligar a alimentação

3.4.1 Requisitos Gerais

Os dispositivos para desconectar o equipamento da alimentação foram instalados para permitir acções de manutenção ou de serviço.

3.4.3 Equipamento ligado permanentemente

Para um equipamento ligado permanentemente à alimentação, um aparelho de seccionamento do equipamento deve ser incorporado, a menos que exista um aparelho de seccionamento externo ao equipamento.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM incorpora dispositivos de seccionamento (disjuntores e fusíveis) da tensão de alimentação.

3.4.4 Peças do equipamento que permanecem com tensão

As peças do equipamento no lado da alimentação que permanecem com tensão após a actuação de um aparelho de seccionamento devem ser protegidas para reduzir a probabilidade de um contacto acidental.

3.4.7 Equipamento trifásico

Para equipamentos trifásicos, o aparelho de seccionamento, deve desligar simultaneamente as três fases condutoras da alimentação. Se um aparelho de seccionamento interromper o condutor de neutro, deve simultaneamente interromper todas as fases condutoras.

Apesar do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM ser um equipamento trifásico à entrada, os módulos rectificadores são monofásicos. O neutro pode ser facilmente reconhecido e não contém nenhum elemento de corte, bastando seccionar a fase através de um disjuntor (Q1 a Q3).

3.4.8 Interruptores e disjuntores como aparelhos de seccionamento

Quando existem aparelhos de seccionamento incorporados no equipamento, as suas posições de “ON” e “OFF” devem ser marcadas de acordo com 1.7.8 da norma.

No EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é colocada uma etiqueta visível em cada interruptor e indicações de como desligar a tensão do equipamento.

3.5 Interligação de equipamentos

3.5.1 Requisitos gerais

Quando um equipamento é projectado para ser electricamente ligado a outro equipamento, a um acessório ou a uma rede de telecomunicações, os circuitos de interligação devem ser seleccionados de forma a manter a conformidade dos requisitos do ponto 2.2 da norma, para circuitos SELV. Normalmente, isto é conseguido ligando circuitos SELV a outros circuitos SELV.

3.5.2 Tipos de circuitos de interligação

Os circuitos de interligação do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram projectados para serem ligados a circuitos SELV.

4. Requisitos físicos

4.1 Estabilidade

Em condições normais de funcionamento, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é mecanicamente estável ao ponto de não criar quaisquer perigos para o utilizador.

O cumprimento deste ponto da norma é realizado através dos testes mencionados no mesmo.

4.2 Rigidez mecânica

4.2.1 Aspectos Gerais

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui uma adequada rigidez mecânica e foi construído de forma a não criar perigo, em condições normais de funcionamento.

Os testes de força descritos na norma e aplicáveis ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM são realizados no laboratório do IEP conforme a norma. O equipamento passou em todos os testes efectuados e os resultados do relatório encontram-se em anexo, no relatório de ensaio nº E-2010-0462.01.

4.3 Detalhes construtivos

4.3.1 Arestas e cantos

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não deve possuir arestas ou cantos afiados acessíveis ao operador.

4.3.8 Baterias

Um equipamento que contenha baterias deve ser construído de forma a reduzir risco de incêndio, explosão ou fugas de químicos em condições normais de funcionamento e condições de defeito.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui marcação adequada e instruções no Manual do Utilizador para redução da probabilidade de instalação das baterias com polaridade inversa.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui um armário de baterias. Tipicamente, este equipamento tem espaço para colocar 8 baterias de 12 V (2 bancos), com capacidade de 180Ah e com as dimensões e características descritas no Manual do Utilizador.

4.5 Requisitos térmicos

4.5.1. Requisitos gerais

Esta subclasse especifica os requisitos térmicos necessários para prevenir que:

- Peças susceptíveis de ser tocadas não excedam certas temperaturas;
- Componentes, peças, isolamentos e materiais de plástico excedam temperaturas que possam levar à deterioração eléctrica, mecânica, ou de outras propriedades durante o funcionamento normal no período de vida do equipamento.

O projecto do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM teve em conta a máxima temperatura de funcionamento dos módulos rectificadores SM2000. Deste modo, foi previsto o espaço adequado para que os módulos funcionem à temperatura especificada, acrescentando-se ainda que estes possuem a sua própria ventilação forçada. Por outro lado, o armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM permite a circulação de ar suficiente para o arrefecimento do equipamento.

Verifica-se assim que os requisitos térmicos aplicáveis ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram salvaguardados.

4.5.2 Teste de temperatura

Os materiais usados nos componentes e na construção do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram escolhidos para que, em funcionamento normal, as temperaturas não excedam os valores considerados seguros no âmbito nesta norma.

A temperatura que provoca uma falha de isolamento eléctrico é medida na superfície do isolamento, no ponto próximo da fonte de calor.

4.5.3 Temperatura limite para materiais

As temperaturas dos materiais e componentes do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não excedem os valores da tabela 4B da norma.

4.5.4 Temperatura limite para peças acessíveis ao utilizador

As temperaturas em peças acessíveis ao utilizador no do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM não excedem os valores da tabela 4C deste ponto da norma.

4.6 Aberturas em armários

4.6.1 Aberturas laterais e no topo

Se existirem, as aberturas laterais e no topo dos armários devem ser localizadas e construídas de modo a reduzir a probabilidade de entrada de objectos no equipamento susceptíveis de criarem perigo por contacto com peças nuas condutoras.

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possui no topo um tecto ventilado de 540x300mm e um tecto escova para permitir a passagem de cabos de 540x100mm. Na parte frontal existem oito aberturas de 560x100mm. Nas costas do armário existe uma abertura única de 540x630mm.

4.7 Resistência ao fogo

Esta subclasse especifica os requisitos destinados a reduzir o risco de inflamação e a propagação de chamas, tanto no equipamento como fora deste, usando materiais e componentes apropriados.

O risco de inflamação é reduzido, limitando a temperatura máxima dos componentes em condições normais de operação e depois da ocorrência de defeito. A propagação das chamas em caso de incêndio é reduzida com o uso de materiais retardadores de chamas e isolamento.

Os metais e os materiais cerâmicos foram considerados conformes sem teste. O risco de fogo devido a altas temperaturas no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é mínimo, pois não há altas temperaturas em funcionamento normal.

4.7.1 Redução do risco de inflamação e propagação de chamas

Para equipamentos ou peças de equipamentos, existem dois métodos alternativos de disponibilizar protecção contra inflamação e propagação de chamas que podem afectar os materiais, a cablagem, os componentes feridos e os componentes electrónicos, como circuitos integrados, transístores, tirístores, díodos, resistências e condensadores.

Os materiais e componentes do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram seleccionados de modo a minimizar risco de inflamação e propagação de chamas, conforme o método 1 deste ponto da norma.

4.7.3 Materiais

4.7.3.1 Requisitos gerais

Os invólucros, componentes e outras peças do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM foram construídos com materiais que limitam a propagação de fogo.

4.7.3.2 Materiais para invólucros de fogo

Os armários são produzidos em chapa de aço zincor de espessura 1,5mm. Esta chapa tem um tratamento à base pintura texturada (desvio máximo 25%) maior que 40 µm de espessura de tinta, permitindo obter uma boa resistência à oxidação. O acabamento superficial é efectuado com cor a definir aquando encomenda.

4.7.3.4 Materiais para componentes e outras peças dentro de invólucros de fogo

A lista completa dos materiais aos quais não se aplicam estes requisitos está presente no ponto 4.7.3.4 da norma. Na tabela 4E da norma é possível encontrar um resumo sobre os requisitos para os materiais inflamáveis usados num equipamento eléctrico.

Os materiais utilizados dentro do armário do EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM (por exemplo, contactores, bornes de ligação disjuntores) possuem marcação CE e são do tipo V-2 Class Material.

Os cabos usados no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM possuem condutor de cobre classe 5, isolação em poliolefina ignífuga, são não propagadores de incêndios, são imunes à corrosibilidade e não libertam de fumos opacos.

Por fim, as máximas temperaturas atingidas pelos componentes foram consideradas no projecto de cada módulo funcional que compõe o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

5. Requisitos eléctricos e simulação de condições anormais

5.1.7 Equipamento com corrente de fugas excedendo 3,5 mA

5.1.7.1 Requisitos gerais

Um equipamento estacionário permanentemente ligado, possuindo terminal de terra de protecção, está incluído na lista de equipamento que permite que as correntes de fugas excedam os 3,5 mA (rms). Normalmente o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM destina-se a sistemas TN ou TT.

A corrente de fugas é, normalmente, imposta pelos módulos rectificadores SM2000 que compõem o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM. Tipicamente, a sua corrente de fugas é 2,0mA, não ultrapassando deste modo os 3,5 mA. Porém, como a norma indica, sistemas de equipamentos interligados com uma ligação comum à alimentação c.a. devem ser tratados como uma peça isolada de equipamento, e a corrente de fugas no EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é, assim, superior a 3,5mA. Neste caso, o valor rms da corrente no condutor de protecção não excede 5% da corrente de entrada por fase. Por estas razões, foi colocada uma etiqueta próxima dos terminais de ligação da alimentação c.a. com o seguinte texto:

ELEVADAS CORRENTES DE FUGAS
EFECTUAR LIGAÇÃO À TERRA ANTES DA APLICAÇÃO DE TENSÃO AO EQUIPAMENTO

5.2 Rigidez dieléctrica

A não ser que esteja especificado noutros pontos da norma, o isolamento é sujeito a uma tensão sinusoidal com uma frequência de 50 Hz ou sujeito a um teste com tensão c.c. igual ao pico de tensão c.a. de teste.

A tensão aplicada durante o teste de isolamento é gradualmente elevada desde zero até à tensão prescrita e mantida durante 60 segundos. Durante o teste, não devem existir quebras de isolamento, e os componentes ou peças de equipamento não abrangidos devem ser desligados de forma a não sofrerem danos.

O teste de rigidez dieléctrica dos equipamentos desenvolvidos na Efacec Sistemas de Electrónica, SA está descrito nos documentos: 4SA989006A, 4SA972007 e 4SA942008D.

Entre		Tensão Aplicada	Tempo
Primário	Secundário+ Sinalização + Massa	2000V (c.a.), 50Hz	60s
Secundário +Sinalização	Massa	1500V (c.c.)	60s

Tabela 3 – Testes de rigidez dieléctrica realizados ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM.

Tal como a norma EN 60950-1 prevê, o teste foi realizado sem os módulos rectificadores SM2000, já testados e certificados pela Saft Power Systems, e sem o miniPSM testado anteriormente.

5.3 Condições de operação anormal e falha

5.3.1 Protecção contra sobrecargas e operação anormal

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM é construído para que o risco de incêndio ou choque eléctrico devido a sobrecarga mecânica ou eléctrica, ou devido a condições anormais de funcionamento, seja limitado.

Depois de uma operação anormal ou de uma ocorrência de defeito, o EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM deve permanecer seguro para o utilizador, mas não é obrigatório que o equipamento continue em funcionamento completo. O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM utiliza fusíveis e disjuntores de protecção contra sobreintensidades, de forma a fornecer uma adequada protecção.

6. Ligação a redes de telecomunicações

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM tem uma tensão de saída que cumpre os limites deste ponto da norma, podendo assim ser ligado directamente a redes de telecomunicações.

Uma vez que são cumpridos os requisitos para circuitos SELV, também são cumpridos os requisitos para circuitos TNV.

Passou também nestes testes de isolamento. Estes encontram-se na Documentação Interna da Efacec - Sistemas de Electrónica S.A., na pasta do Projecto E20000070 - TMN.

Capítulo 2

Directiva de Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE

Ensaios de Compatibilidade Electromagnética

O documento em anexo, Relatório de Ensaio IEP (nº E-2010-0462.00), descreve os pormenores e os resultados dos diferentes ensaios efectuados ao EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM no Instituto Electrotécnico Português (IEP), relativos à avaliação dos requisitos de Compatibilidade Electromagnética segundo a norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04).

Conclusões

O EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A com miniPSM revelou cumprir os requisitos essenciais relativos à segurança eléctrica exigidos pela norma EN60950-1.

Por outro lado, também mostrou cumprir com os requisitos essenciais de compatibilidade electromagnética exigidos pela norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04).

Anexos

Todos os documentos indicados referem-se à última versão. Este dossier só tem validade em função desses mesmos documentos, pelo que é aconselhada a sua consulta para validação dos pressupostos enunciados.

Normas:

EN 60950-1:2006: Information technology equipment – Safety; Part 1: General requirement.

EN 62040-1:2008: Uninterruptible power system (UPS) – Part1: General and safety requirements for UPS.

ETSI EN 300386 V1.4.1 (2008-04): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; Electromagnetic compatibility (EMC) requirements.

Manual do Utilizador:

EFAPOWER CIB S 48V / 8X40A

Inclui:

- MANUAL CIB S – COM UNIDADE DE COMANDO E SUPERVISÃO
- MANUAL TÉCNICO PARA O EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A com miniPSM [UMTS II]
- EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A
  - DOSSIER ELÉCTRICO
  - DOSSIER MECÂNICO
  - LISTA MATERIAL
- PAINEL COMANDOS DO miniPSM
- DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS RECTIFICADORES
- BATERIAS

Documentação Interna Efacec Sistemas de Electrónica, S.A.:

4SA942008D: Procedimentos de ensaio de CIB, Carregador Industrial de Baterias
4SA983039D: EFAPOWER Etiqueta de Características
4SA972007E: Boletim Individual de ensaios de série de EFAPOWER CIB S
4SA989006A: Tensões para os Ensaios de Isolamento

Relatórios:

Relatório de Ensaio IEP (nº E-2010-0462.01) – Ensaios prévios de acordo com a norma EN 60950-1 (06) §4.2 Resistência Mecânica

Relatório de Ensaio IEP (nº E-2010-0462.00) – Ensaios de Compatibilidade Electromagnética segundo a norma ETSI EN 300386 V1.4.1 (08)

ANEXO A – Declaração CE de conformidade EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/MÓDULOS SMi2800 + miniPSM

efacec
STL / Serviços da Qualidade

CONFIRMAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS PARA DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE

Nº __04__ /__10__

****

1

Produto da Efacec: EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/ Módulos SMi2800 + miniPSM

Unidade da Efacec Responsável pelo Projecto: TRANSPORTES (Sistemas de Alimentação)

Assinatura: _____ (SQ) Data: 2010 - 05 - 17

****

2

Normas de referência:

Directiva de Baixa Tensão [Directiva 2006/95/CE] : EN 60950-1 : 2006

Directiva de Compatibilidade Electromagnética [Directiva 2004/108/CE] :

Emissão: EN 300 386 v1.4.1 : 2008

Imunidade: EN 300 386 v1.4.1 : 2008

NOTA: Algumas Normas, que são chamadas por estas, são cumpridas para níveis (critérios) de aceitação diversos e especificados no Dossier Técnico de Construção (ou equivalente).

Dossier Técnico de Construção (Documentação Técnica ou equivalente) : DBT (4SA099010 - Rev. A de 2010-06-14)
DCEM (4SA099010 - Rev. A de 2010-06-14)

Certificado de Laboratório exterior: ----------

Relatório(s) de Ensaios de Laboratório exterior: E_2009_0731.01 (09-06-26 de IEP) + E_2009_0731.02 (09-09-16 de IEP)

Relatório(s) de Ensaios realizados por Efacec : 4SA972007E + BIE (equip. 1504-10448, como exemplo, de 2010-05-31)

Dossier de Projecto / Dossier de Fabrico / Outros Documentos [referidos alguns dos documentos]:

Dossier de Projecto / Fabrico : 4SA061186D (exemplo) + 4SA061275D (exemplo) + 4SA942008D + 4SA983040C + outros
Etiqueta de Características / Marcação CE: 4SA983039E (10-05-31)
Manual do Utilizador (ou equivalente): 4SA109004 (10-05-17) + 4SA989008G (10-05-17)

Plano de Inspecção e Ensaios (ou equivalente) : PIE SE/GQ – SA94000N
Plano da Qualidade (ou equivalente) : PLQ – SE/GQ 97000N

Fotografias : Ver em alguns dos documentos citados

Notas: 1) ***Foram emitidos vários relatórios parciais por Serviços da Qualidade : Mail de 09-04-22 ; Mail de 09-04-30 ; Mail de 09-05-18 ; REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_09_05_21_SQ + Mail de 09-05-22 ; Mail de 09-12-07; Mail de 10-01-25; Mail de 10-02-26; Mail's de 10-03-15 c/ respostas de 10-04-08 e de 10-04-19 ; Mail's de 10-04-20; REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_10_04_24_SQ; REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_10_04_26_SQ + REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_10_05_06_SQ c/ resp. em 10-05-06 / 12; Mail de 10-05-13; REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_10_05_14_SQ ; c/ resp. em 10-05-17; REL_PAR_CE_CIBS_48V_6x50A_SA_10_05_28_SQ; Mail de 10-05-28; Mail de 10-06-07 c/ resp. em 10-06-15; Mail de 10-06-18 c/ resp. em 10-06-18 / 21; Mail's de 10-06-21 c/resp. em 10-06-22; Mail de 10-06-22 c/ resp. em 10-06-22; Mail de 10-06-23 c/ resp. em 10-06-23 / 24; Mail's de 10-06-25 c/ resp. em 10-06-25.***
As respostas a estes relatórios (aqui não explicitadas) foram apresentadas nas alterações documentais (ou outras incluindo NC's) realizadas.

2) **Tiveram lugar reuniões, entre as quais: Eng. Vitorino Rocha (VR), Eng. Filipe Cruz (FC), Eng. Hugo Queiroz (HQ), Eng. Casimiro Barbosa (CB) (em 09-04-16 c/ rel. 09-04-21) ; Eng. FC, Vítor Ferreira (VF), Hugo Carvalhosa (HC), Eng. HQ, Eng. CB (em 09-06-16 c/ rel. 09-10-30) ; Eng. FC, Eng. HQ, Eng. CB (em 09-19-30 c/ rel. 09-11-09 ; Eng. FC, Eng. VF, Eng. HQ, Eng.ª Susana Guedes (SG), Eng . CB (em 10-04-09 c/ rel. 10-04-15 + Mail 10-04-20); Eng. FC, Henrique Pinto (HP), Pedro Gonçalves (PG), Eng.ª SG, Eng . CB (em 10-04-09 c/ rel. 10-04-30); Eng. FC, HP, PG, Eng.ª SG, Eng . CB (em 10-04-28 c/ rel. 10-05-11); HP, PG, Eng.ª SG, Eng . CB (em 10-05-12 c/ rel. 10-05-12); Eng. FC, HP, PG, Eng.ª SG, Eng . CB (em 10-05-17 c/ rel. 10-05-21); HP, PG, Eng.ª SG, Eng . CB (em 10-06-17 c/ rel. de 2010-06-21 + Mail de 2010-06-22).**

Assinatura: _____ (SQ) Data: 2010-06-25

****

3

OBSERVAÇÕES:

1) - *A DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE É VÁLIDA SÓ PARA OS PRODUTOS ESPECIFICADOS NO QUADRO 1 (NO CONTEXTO INTEGRAL DO QUADRO 2).*

REVISÕES FUTURAS DOS DOCUMENTOS ASSINALADOS NÃO IMPLICAM ACTUALIZAÇÃO DESTE DOCUMENTO NEM DA DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE DESDE QUE NÃO TENHAM IMPLICAÇÕES DIRECTAS COM O CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS ESSENCIAIS DA MARCAÇÃO CE .

2) **A DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE A EMITIR SÓ É VÁLIDA PARA OS EQUIPAMENTOS QUE EFECTIVAMENTE CUMPREM OS REQUISITOS REFERIDOS NOS DOCUMENTOS EXCLUINDO-SE EVENTUAIS SITUAÇÕES DE PROTÓTIPOS OU OUTROS EQUIPAMENTOS QUE NÃO TENHAM SIDO SUBMETIDOS ÀS ALTERAÇÕES REFERIDAS NO DOSSIER ASSOCIADO À MARCAÇÃO CE.**

3) É CONVENIENTE , NA DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE, REFERIR QUE A CONFORMIDADE COM AS NORMAS É ASSUMIDA NO CONTEXTO DA **DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA** (4SA099010 – Rev. A de 2010-06-14).

CONCLUSÃO:

ESTÃO REUNIDAS AS CONDIÇÕES PARA EMISSÃO DA DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE.

Responsável por SERVIÇOS DA QUALIDADE: _____ Data: 2010-06-25

****

efacec
STL / Serviços da Qualidade

DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE

De acordo com as Directivas:

Directiva de Baixa Tensão [Directiva 2006/95/CE]

Directiva de Compatibilidade Electromagnética [Directiva 2004/108/CE]

A
Efacec Sistemas de Electrónica, S.A.
Unidade de Negócios Transportes
Rua Eng. Frederico Ulrich - Apartado 3078
4471-907 Moreira Maia
PORTUGAL

declara que o seguinte Produto: **EFAPOWER CIB S 48V / 6x50A C/Módulos SMi2800+miniPSM**

quando instalado e utilizado de acordo com as instruções do Manual Técnico, está em Conformidade com as seguintes Normas:

EN 60950-1:2006
EN300386 v1.4.1:2008

A conformidade com a Norma é assumida no contexto da Documentação Técnica:
DBT (4SA099010 – Rev. A, 2010-06-14)
DCEM (4SA099010 – Rev. A, 2010-06-14)

Data da 1ª DECLARAÇÃO CE DE CONFORMIDADE: **2010-06-28**

Data: **2010-06-28**

Eng. Hugo Queiroz	Eng. José Sousa	Eng. Alberto Martins
Resp. Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança	Director Geral da Unidade de Negócio	Administrador da Unidade de Negócio

ANEXO B – Esquema Eléctrico do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM

Indice da Revisão	Alterou	Verificou	Aprovou	Resumo da Alteração
A	L.Santos	07-09-26	Filipe Cruz	CONFORME PAP SA07105 -

EFAPOWER

GAMA DO EQUIPAMENTO:– *EFAPOWER CIB SWITCHING*

TIPO DE EQUIPAMENTO:– *EFAPOWER CIB S 48 V / 8X40 A C/ EFAPOWER miniPSM*

PROJECTO:– *E20000070*

Plano Inspecção Ensaio:–*PIE SE/GQ-SA94000N*

CARACTERISTICAS DE ENTRADA CA

TENSAO NOMINAL / FREQUENCIA:– *3X230 V + NEUTRO / 50 Hz*

CORRENTE NOMINAL:– *9,5 A / MODULO*

CARACTERISTICAS DE SAIDA CC

TENSAO NOMINAL:– *48 V*

CORRENTE NOMINAL:– *8X40 A*

CLASSE POTENCIA SONORA:– *C*

PAG.	INDICE
1	CAPA DO DOSSIER
2	CIRCUITO DE POTENCIA
3	CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO
4	CIRCUITO DE AUXILIARES
5	CIRCUITO DE AUXILIARES
6	CIRCUITO DE ALARMES

CLIENTE:– *TMN*

LOCAL:– -

ENCOMENDA:– -

QUANTIDADE:– *103*

Difusão de Planos	SA/LO	SA/AC	SA/FA
	SA/GO	SA/DE	SA/MK

EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.

Unidade Sistemas de Alimentação

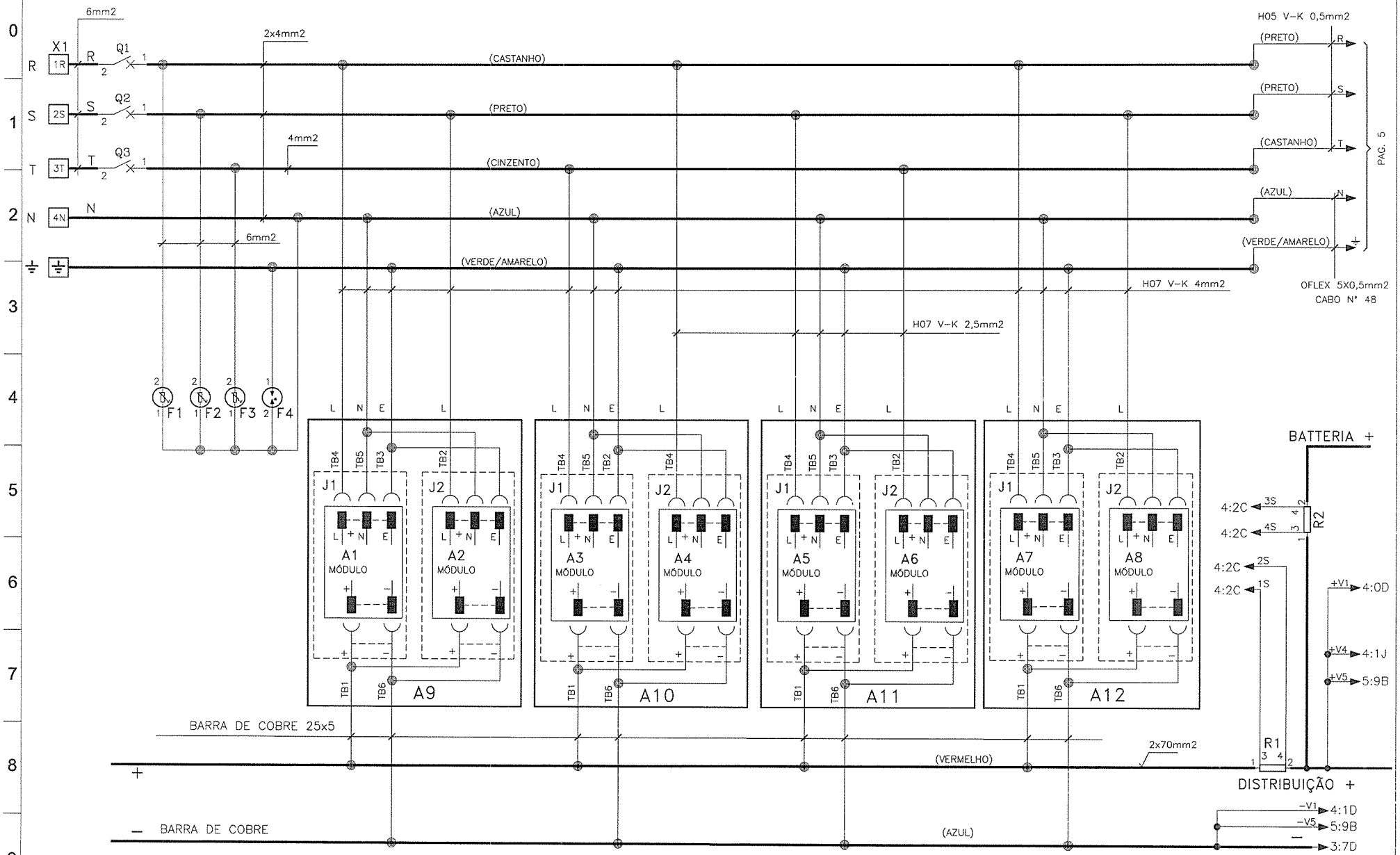
SIST ISO

TITULO DO DESENHO

EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM

Desenhou	07-06-13	L.Santos	Pagina
Verificou			Nº 1
Aprovou	07-06-13	Filipe Cruz	DE 6
Direct. do Auto Cad	071116A_1		
Substitui o Desenho	-		

Numero do desenho	Esc.	Tol.	Rev.
4SA071116	-	-	A



NOTA:

1 – LIGACOES FEITAS C/ FIO H05 VV 0,5mm2 DE SECCAO, EXCEPTO AS INDICADAS.

2 – SEPARAR OS CIRCUITOS c. a. DOS CIRCUITOS c. c. + SINAIS.

EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.

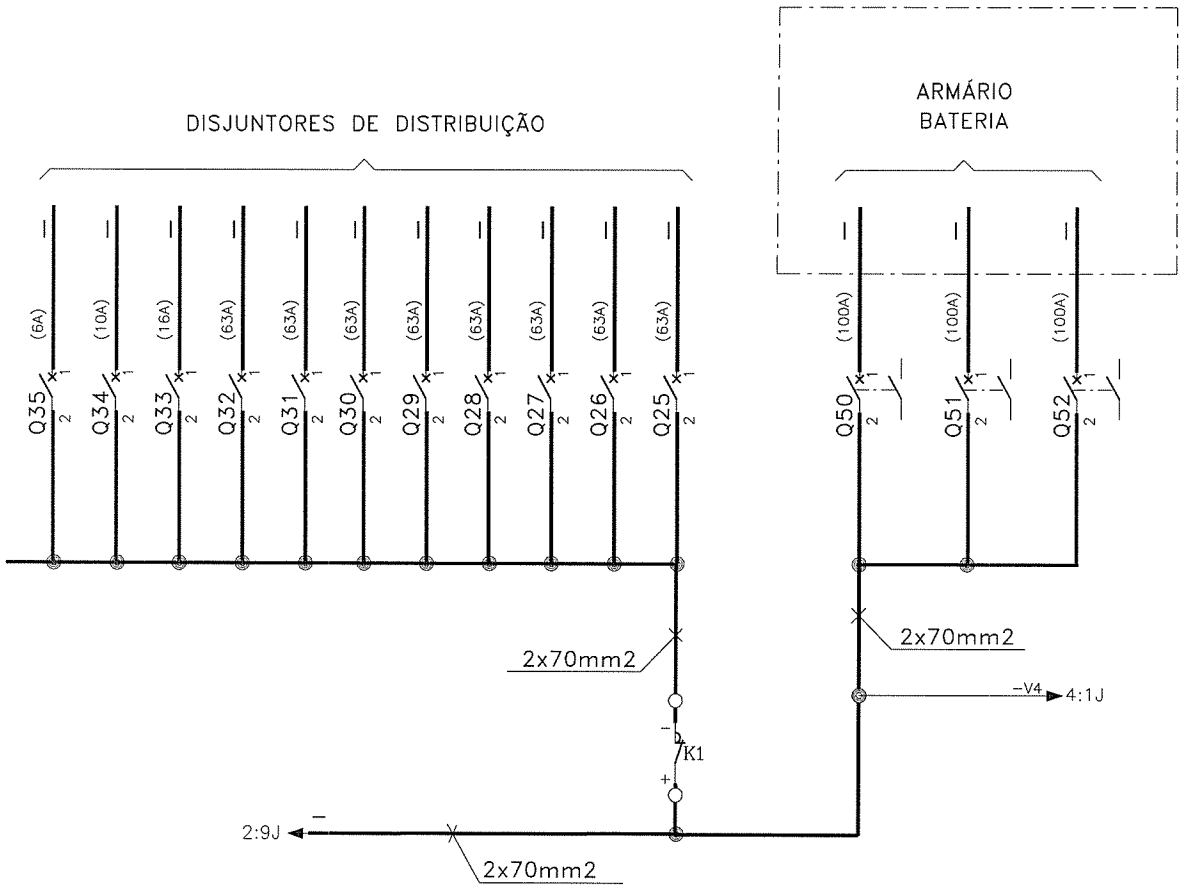
Unidade Sistemas de Alimentação

SIST ISO

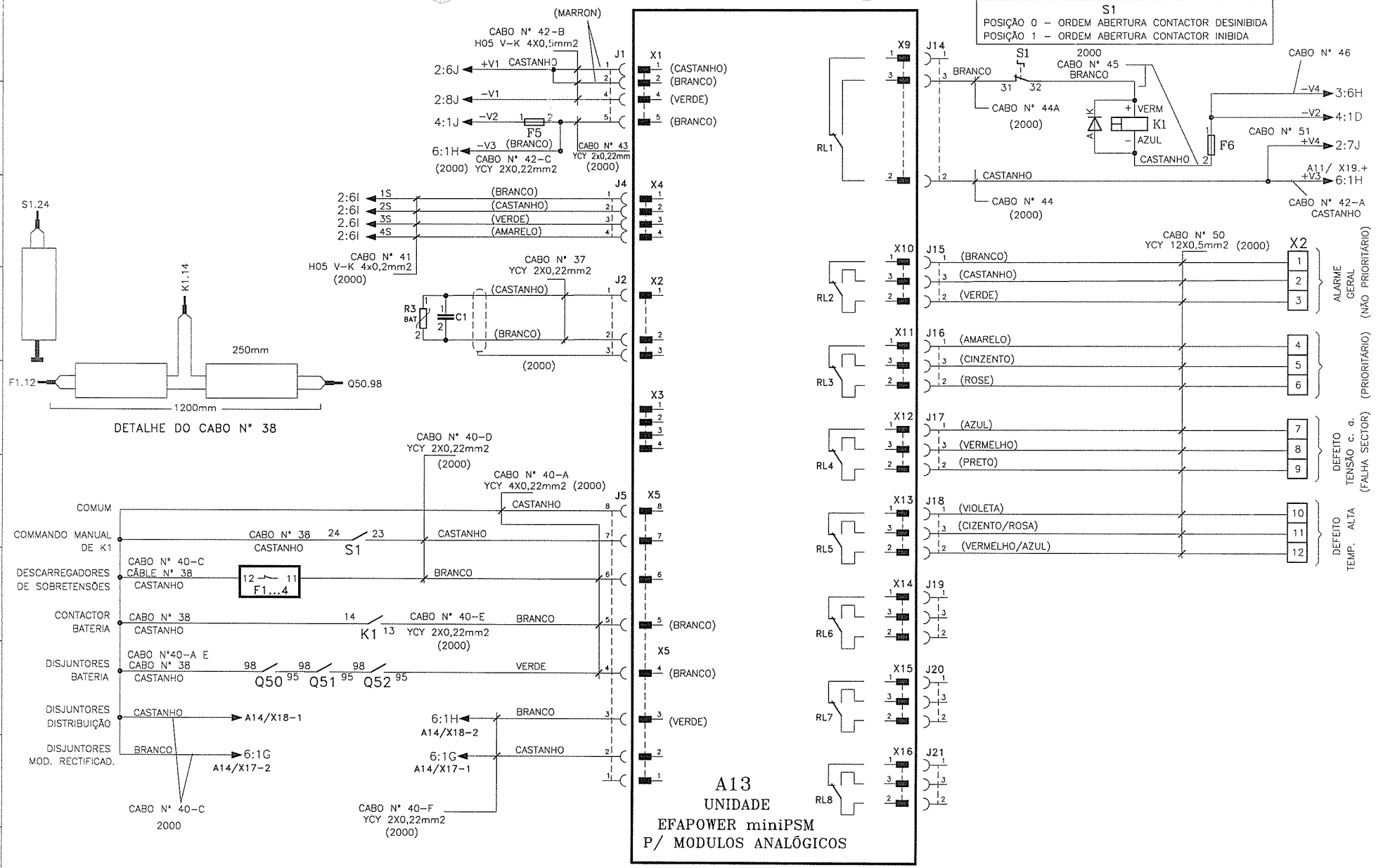
TITULO DO DESENHO

EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM

Desenhou	07-06-13	L.Santos	Página
Verificou			Nº 2
Aprovou	07-06-13	Filipa Cruz	DE 6
Direct. do Auto Cad	071116A_2		
Substitui o Desenho	-		
Numero do desenho	Esc.	Tol.	Rev.
4SA071116	-	-	A



EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.		Desenhou	07-06-13	L.Santos	Página
		Verificou			Nº 3
		Aprovou	07-06-13	Filipe Cruz	DE 6
		Direct. do Auto Cad	071116A_3		
Unidade Sistemas de Alimentação		Substitui o Desenho	-		
SIST ISO	TITULO DO DESENHO	Numero do desenho	Esc.	Tol.	Rev.
	EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM	4SA071116	-	-	A

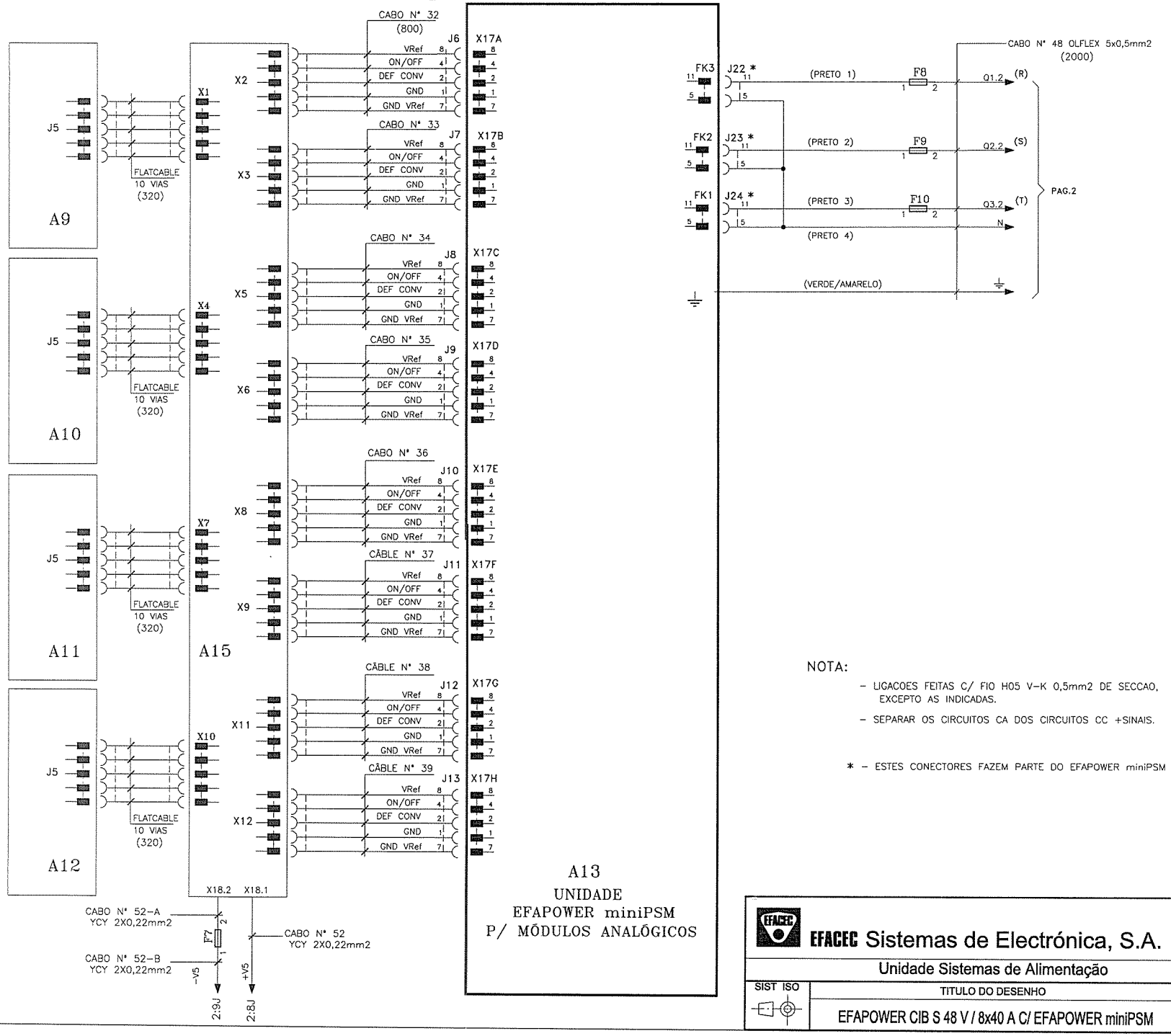


NOTA:

– LIGACOES FEITAS C/ FIO H05 V–K 0,5mm2 DE SECCAO, EXCEPTO AS INDICADAS.

– SEPARAR OS CIRCUITOS c. a. DOS CIRCUITOS c. c. + SINAIS.

EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.	Desenhou 07-06-13 L.Santos	Pagina	
	Verificou	Nº 4	
	Aprovou 07-06-13 Filipe Cruz	DE 6	
Unidade Sistemas de Alimentação	Direct. do Auto Cad	071116A_4	
	Substitui o Desenho	-	
SIST ISO	TITULO DO DESENHO	Numero do desenho	Esc. Tol. Rev.
	EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM	4SA071116	- - A

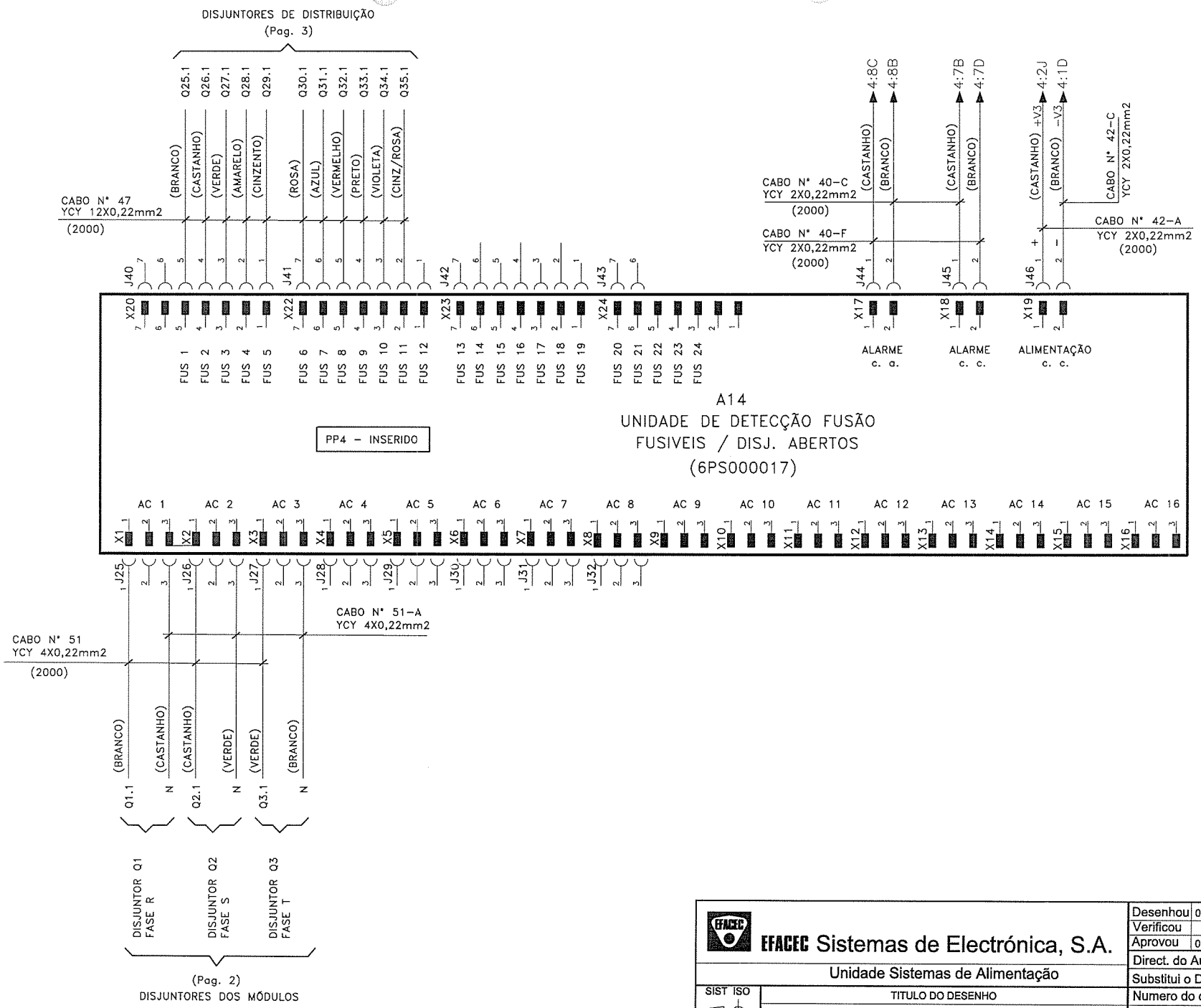


NOTA:

- LIGACOES FEITAS C/ FIO H05 V-K 0,5mm2 DE SECCAO, EXCEPTO AS INDICADAS.
- SEPARAR OS CIRCUITOS CA DOS CIRCUITOS CC +SINAIS.

* - ESTES CONECTORES FAZEM PARTE DO EFAPOWER miniPSM

EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.	Desenhou	07-06-13	L.Santos	Página
	Verificou			Nº 5
	Aprovou	07-06-13	Filipe Cruz	DE 6
Unidade Sistemas de Alimentação	Direct. do Auto Cad	071116A_5		
	Substitui o Desenho	-		
SIST ISO	TITULO DO DESENHO	Numero do desenho	Esc.	Tol.	Rev.
	EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM	4SA071116	-	-	A



EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.

Unidade Sistemas de Alimentação

SIST ISO

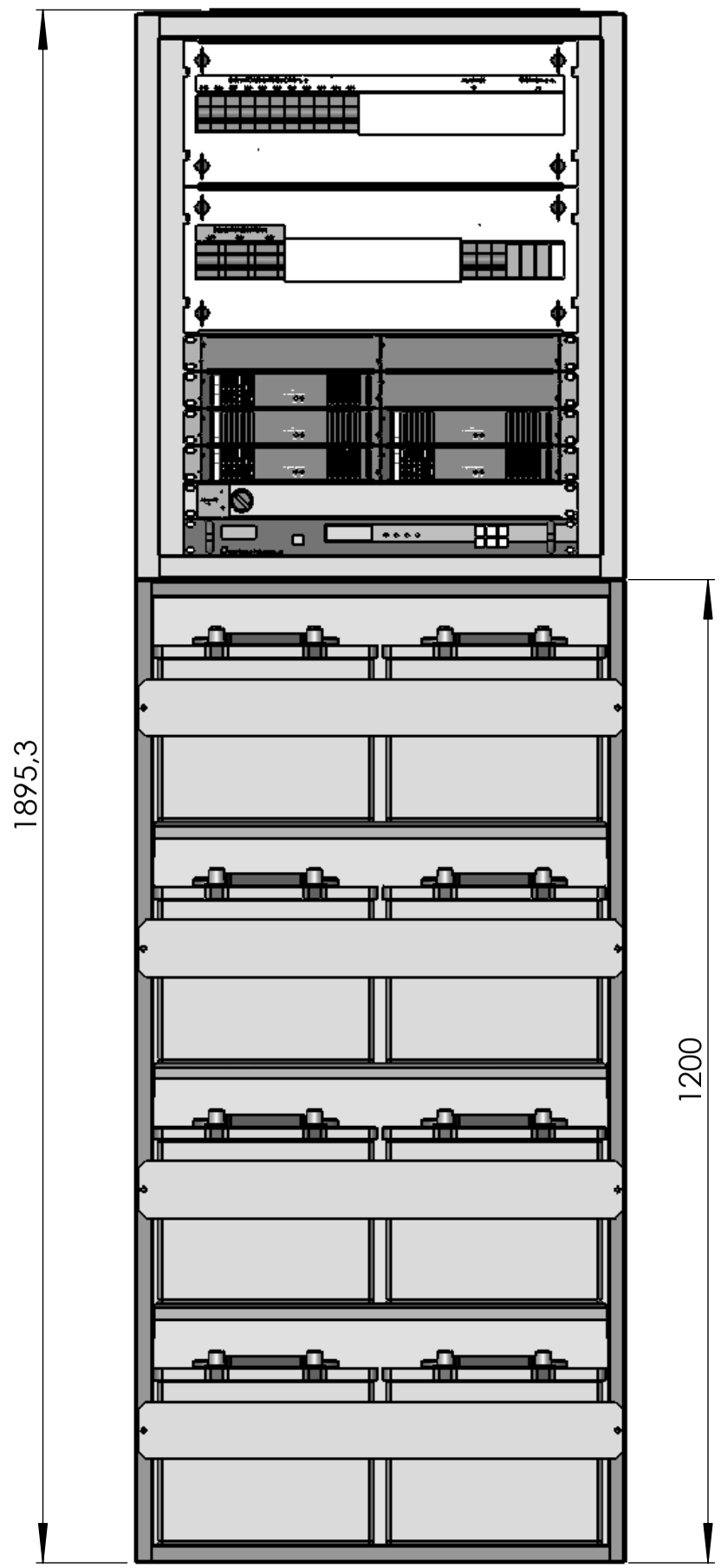
TITULO DO DESENHO

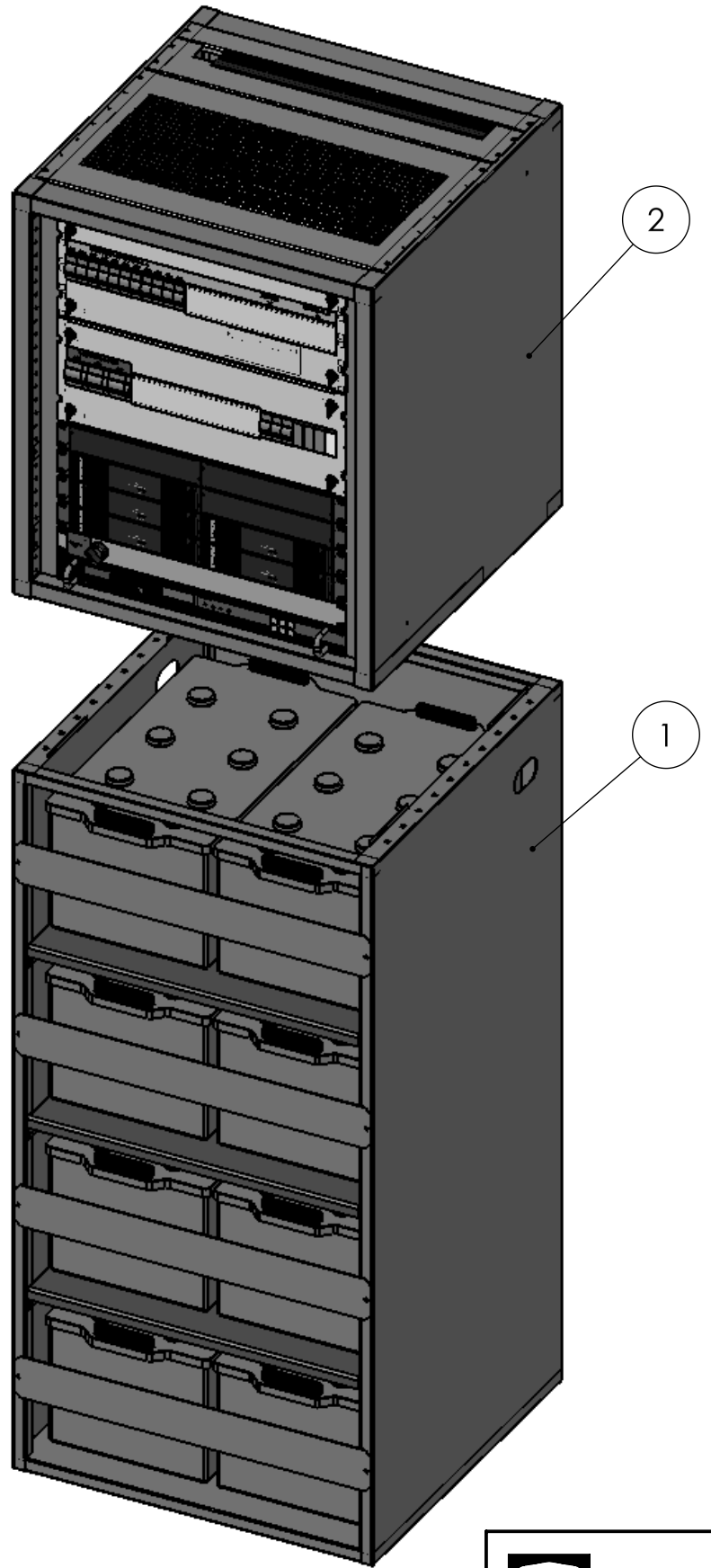
EFAPOWER CIB S 48 V / 8x40 A C/ EFAPOWER miniPSM

Desenhou	07-06-13	L. Santos	Pagina
Verificou			Nº 6
Aprovou	07-06-13	Filipe Cruz	DE 6
Direct. do Auto Cad	071116A_6		
Substitui o Desenho	-		
Numero do desenho	Esc.	Tol.	Rev.
4SA071116	-	-	A

ANEXO C – Esquema Mecânico do EFAPOWER CIB S 48V / 8x40A com miniPSM

Pos.	Qtd.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	ARMARIO DE BATERIAS	071119 - ArmBat		4SA071119
2	1	Rectificador 8xSM2000	071118_Rectificador-8xSM2000		4SA073047





NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

Indice da Revisão	Alterou	Verificou	Aprovou	Resumo da Alteração
-	-	-	-	-

Difusão de Planos	SA/CH	SA/MK	SA/GO	SE/GQ	SA/FA	SA/PE	SA/DE	SA/AC	SA/ARM	SA/CO
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.

Unidade de Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: EFAPOWER CIB S 48V/8x41A c/ miniPSM

Subtítulo 1: MONTAGEM

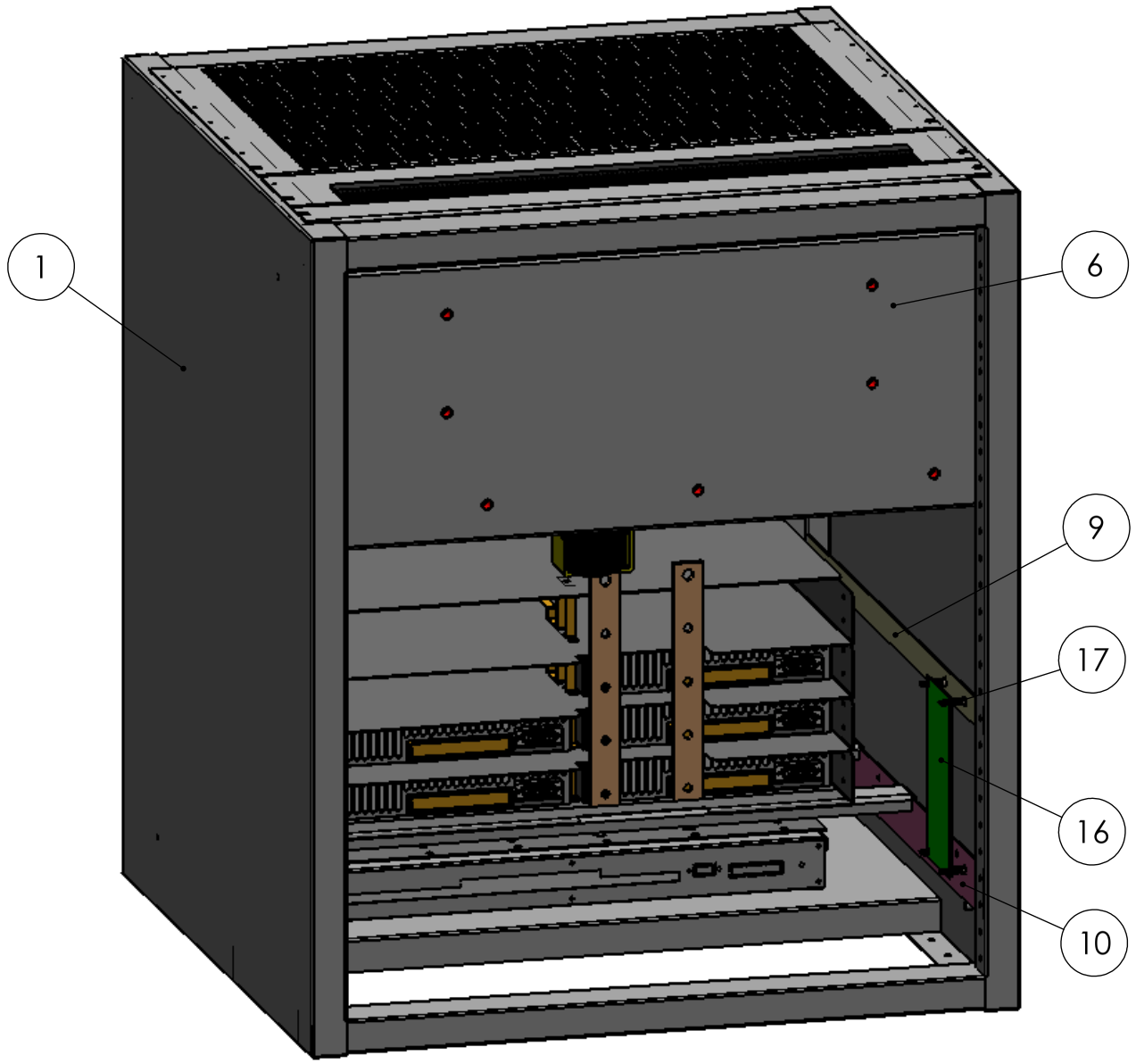
Desenhou	L. Santos	07-06-21	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-21	N.º 1
Aprovou	A.Guim.	07-06-21	de 1
Ficheiro CAD		071117.slddrw	
Substitui o Desenho		-	

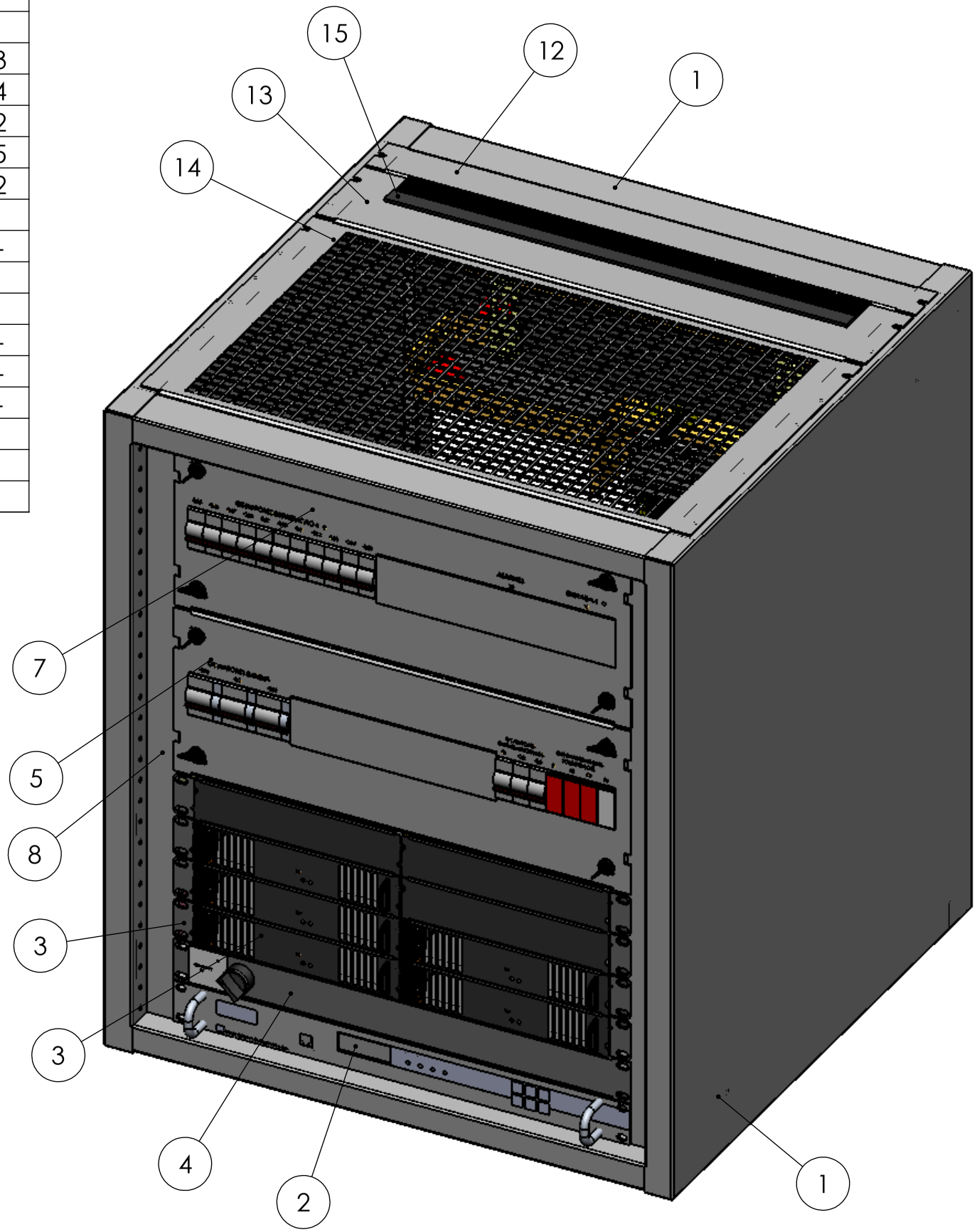
Numero do desenho	Rev.	Tam.	Esc.
4SA071117		A3	1:8

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização

Pos.	Qtd.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano	Pág.
1	1	ARM RECT ESTR	073255_ArmRecEstr		4SA073255	
2	1	Mini PSM - 1U	Analógico		4SA003166	
3	1	Modulos SM2000	5+3		4SA071118	3
4	1	Gaveta Auxiliares	Montagem 6F		4SA071118	4
5	1	Protecções e Borniers	Baixo		4SA071118	2
6	1	Barramento Saída	Platine-SM2000		4SA071118	5
7	1	Protecções e Borniers	Cima		4SA071118	2
8	2	SUPORTE P/ 19"	14U		4SA053084	
9	2	Suporte Cabos	600		4SA053085	-
10	2	Suporte lateral	Travessa lateral		4SA053139	
11	2	Apoio Gaveta	ApoioGav		4SA053140	
12	1	Tecto Tapado	L600x50T		4SA073215	-
13	1	Tecto Escova	L600x100E		4SA073216	-
14	1	Tecto Ventilado	L600x350V		4SA073214	-
15	1	Escova DK 7072.200	488mm	9428369		
16	1	CARTA 050005	050005-PCB	50000288	6SA050005	
17	4	Espaçador D5x13-12RF	Espaçador D5x13	97050-3628		





NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

Resumo da Alteração			
Alterou	B.Ferreira	09-04-09	Alteração Listas Materiais
Verificou	-	-	
Aprovou	A.Guim.	09-04-09	-

Indice da Revisão	
	C

Difusão de Planos		
SA/CH	SA/MK	SA/GO
SA/AC	SA/ARM	SA/CO
SA/FA	SA/PE	SA/DE
SE/GQ		

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

Subtítulo 1: MONTAGEM GERAL

Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 1
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.slddrw	
Substitui o Desenho		-	

Numero do desenho	Rev.	Tam.	Esc.
4SA071118	C	A3	1:5

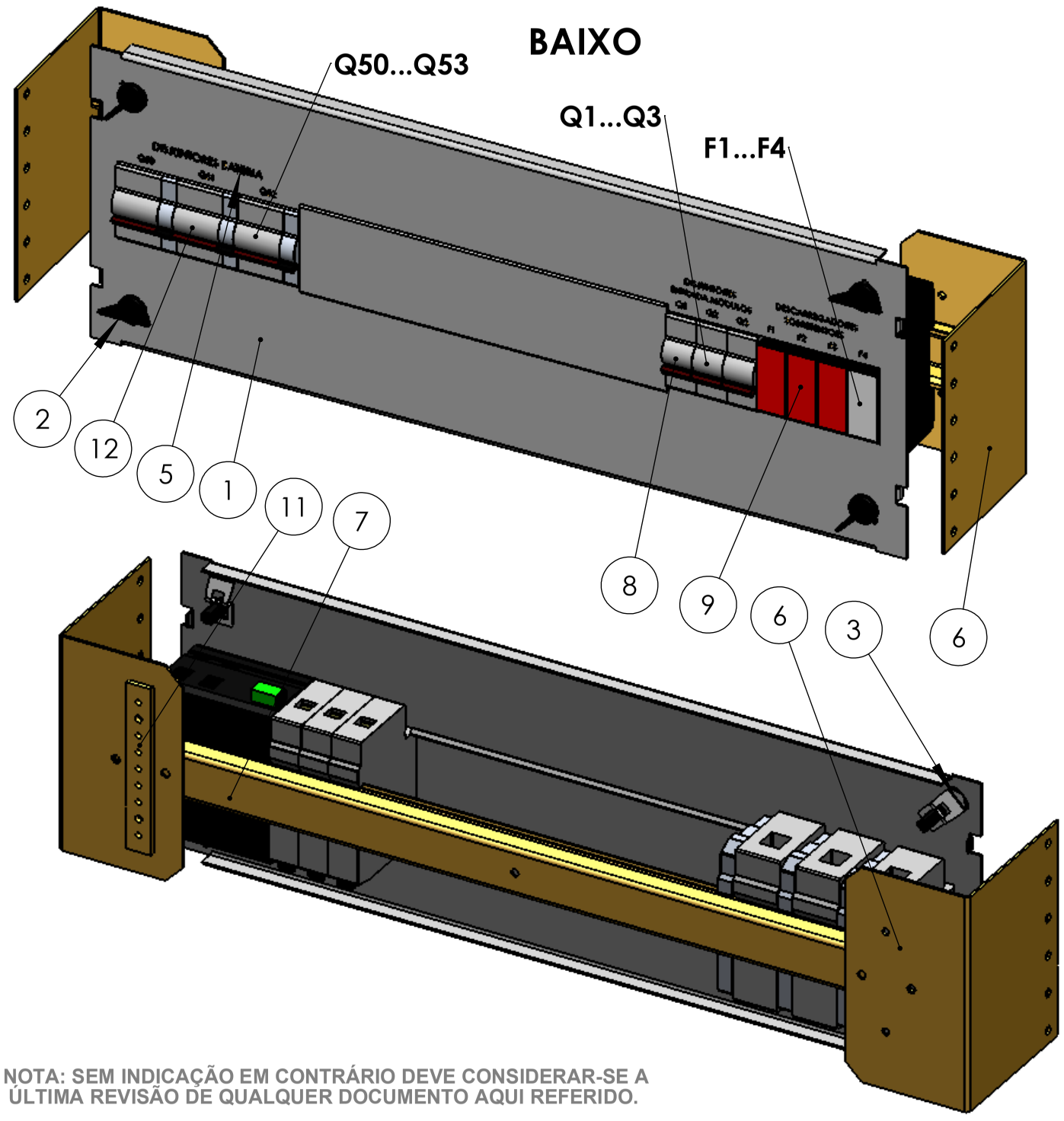
This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização

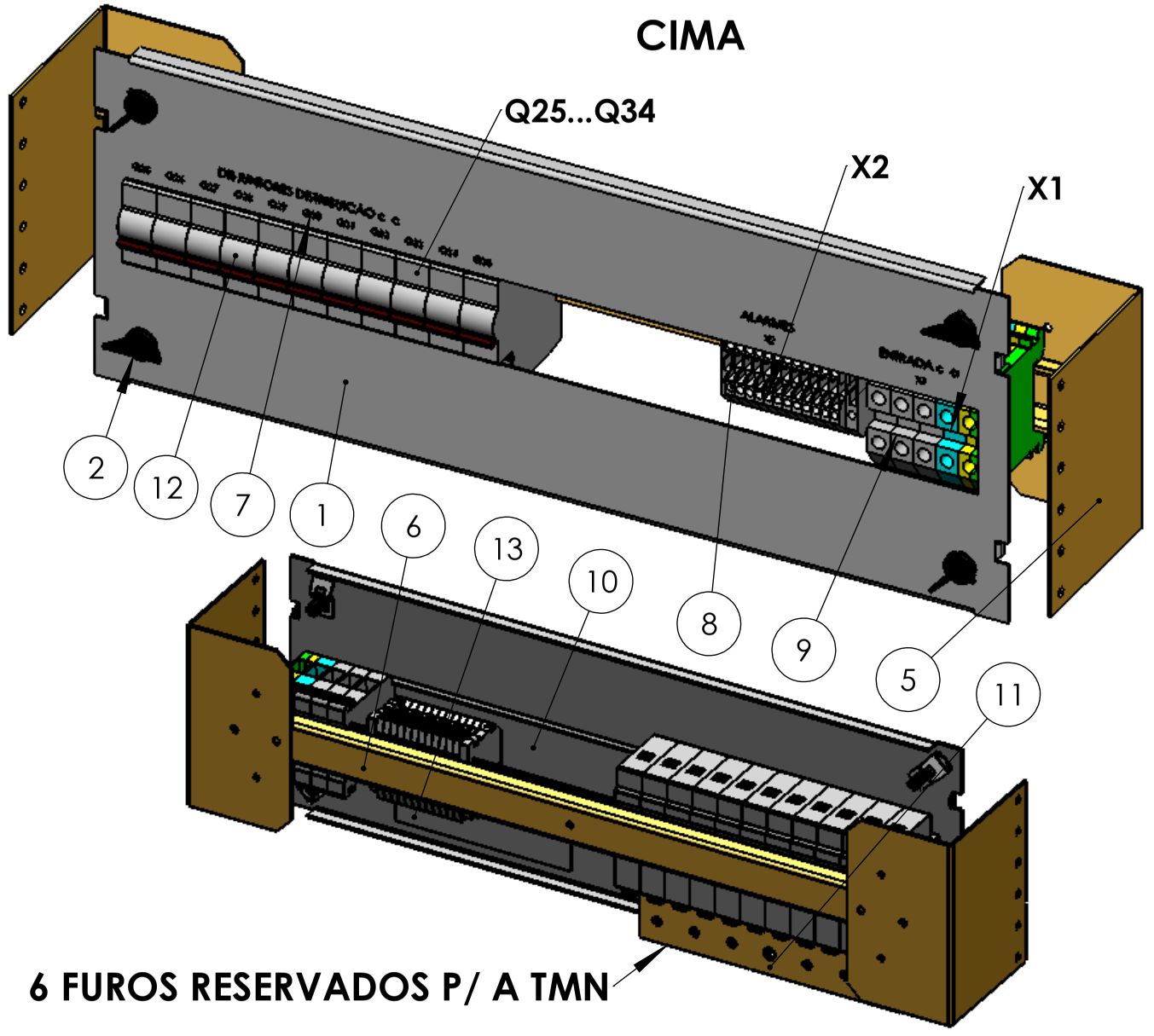
Pos.	Qt. Mx.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	FRONTAO DISJUNTORES	L600H4U		4SA063150
2	4	Manipulo LP.137-1W	Man_1QuartoVolta	970502400	
3	4	Lingueta LP.137-1S	Ling_1QuartoVolta	970502000	
4	2	Porca	M4	97050-0003	
5	1	SERIGRAFIA FRONTÃO 4U			4SA073239
6	2	Suporte Protecções	3U		4SA053088
7	1	CALHA OMEGA	Alta L=540		
8	3	DISJUNTOR UNIPOLAR	Ref. 681375	9422262	
9	1	Descarregador sobre Tensão	Descarregador		
10	1	Tampa Plástica	217		
11	1	BARRA TERRA	Barra terra		4SA043128
12	3	DISJ27 MD125 + BLOCO 9	Q50 a Q53		

Pos	Qt. Mx	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	FRONTAO DISJUNTORES	L600H4U		4SA063150
2	4	Manipulo LP.137-1W	Man_1QuartoVol	970502400	
3	4	Lingueta LP.137-1S	Ling_1QuartoVolta	970502000	
4	2	Porca	M4	97050-0003	
5	2	Suporte Protecções	3U		4SA053088
6	1	CALHA OMEGA	Alta L=540		
7	1	SERIGRAFIA FRONTÃO 4U			4SA073240
8	1	Bornes Alarmes	X2		
9	1	Bornes Entrada	X1		
10	1	Tampa Plástica	252		
11	4	PENTE MOD18 FLEX	11xMOD18		4SA073261
12	11	DISJUNTOR UNIPOLAR	Ref. 681375	9422262	
13	1	Etiqueta X2			4SA073262

BAIXO



CIMA



6 FUROS RESERVADOS P/ A TMN

NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

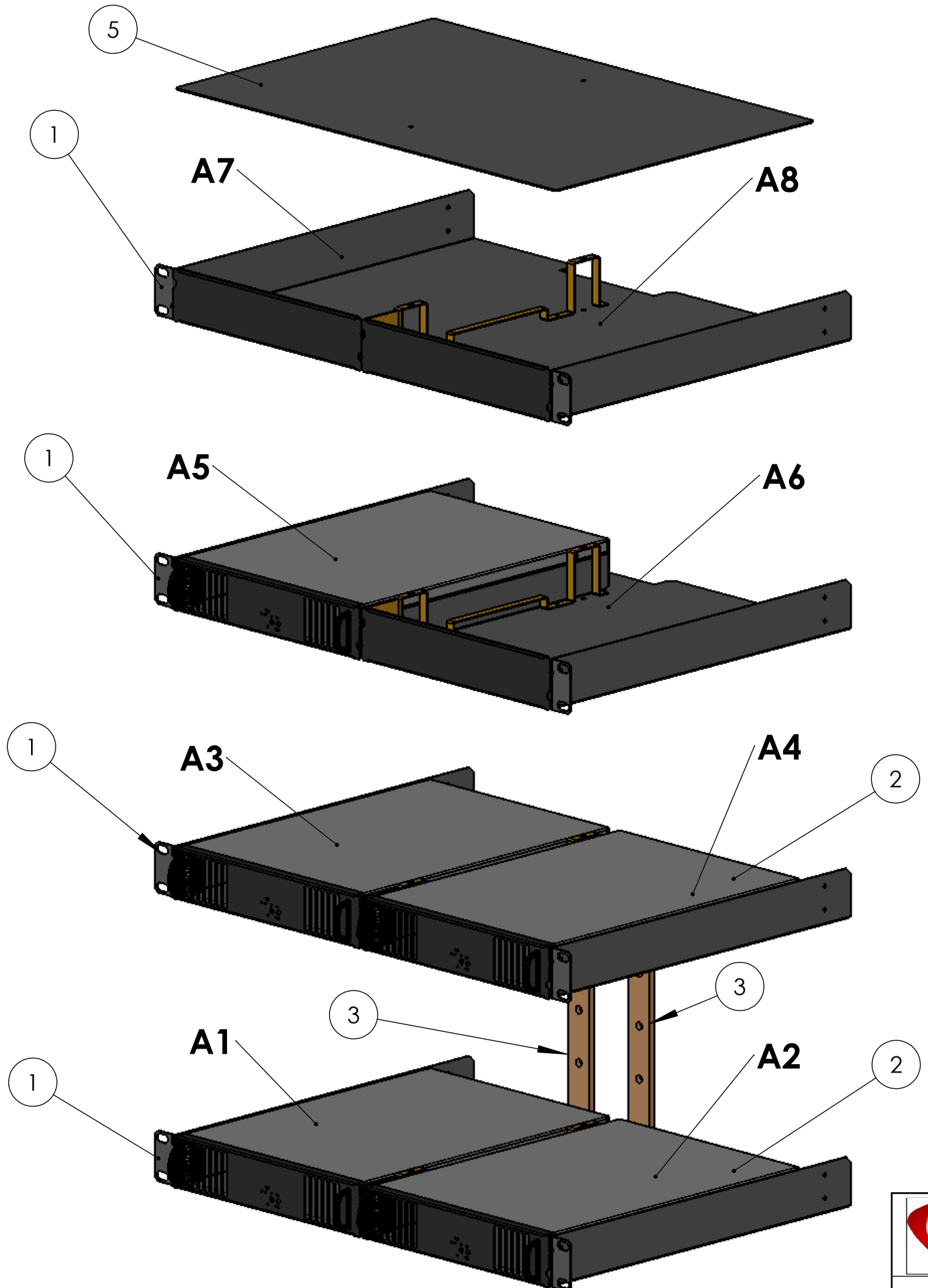
Subtítulo 2: PROTECÇÕES E BORNIERS

Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 2
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.slddrw	
Substitui o Desenho		-	

Numero do desenho	Rev.	Tam.	Esc.
4SA071118	C	A3	1:3

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização



Pos.	Qt. Mx.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	4	PRATELEIRA 2xSM2000	PratSM2000		
2	5	MÓDULOS SM2000	SM2000		
3	2	Link Modulos	4		4SA073073
4	3	Frontão SM2000	SM2000frontao		4SA053127
5	1	TAMPA	TAMPA		4SA073349

NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

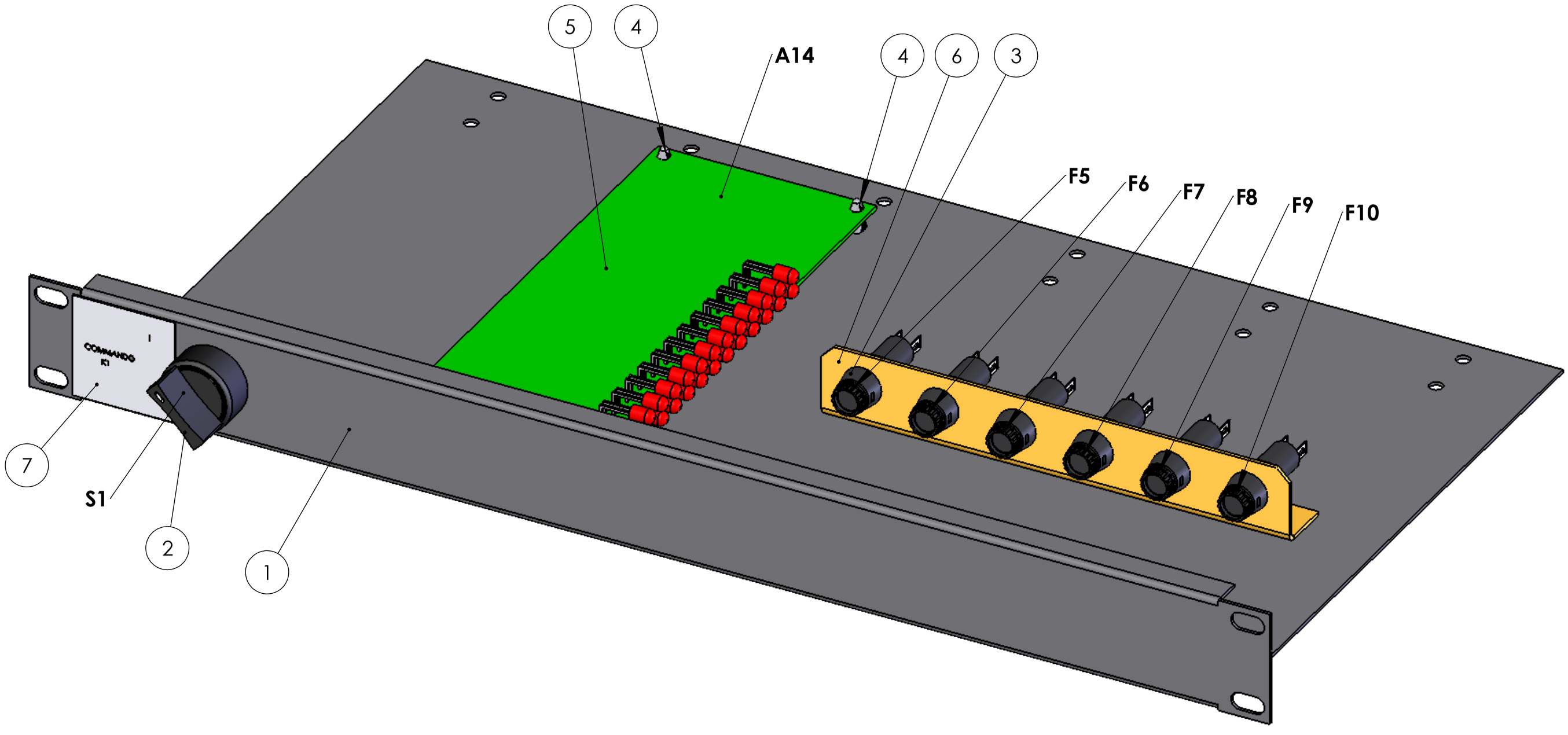
Subtítulo 3: MÓDULOS SM2000

Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 3
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.sldrw	
Substitui o Desenho		-	
Numero do desenho		Rev. Tam. Esc.	
4SA071118		C A3 1:4	

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização

Pos.	Qt. Mx.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	FRONTAO ILF	L600H1U_I1L0F0AD	0	4SA053090
2	1	Comutador	ComutadorP9XSMD0N		
3	6	Porta Fusivel 5x20 Painel	Suporte de fusiveis redondo		
4	4	Espaçador Nylon	6 mm		
5	1	Carta Alarmes	Carta000017_8	50000288	6SA050005
6	1	Suporte Porta-fusiveis	SuporteFusiveis		4SA053161
7	1	Etiqueta S1	EtiqS1		4SA073222



NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

Subtítulo 4: GAVETA AUXILIAR

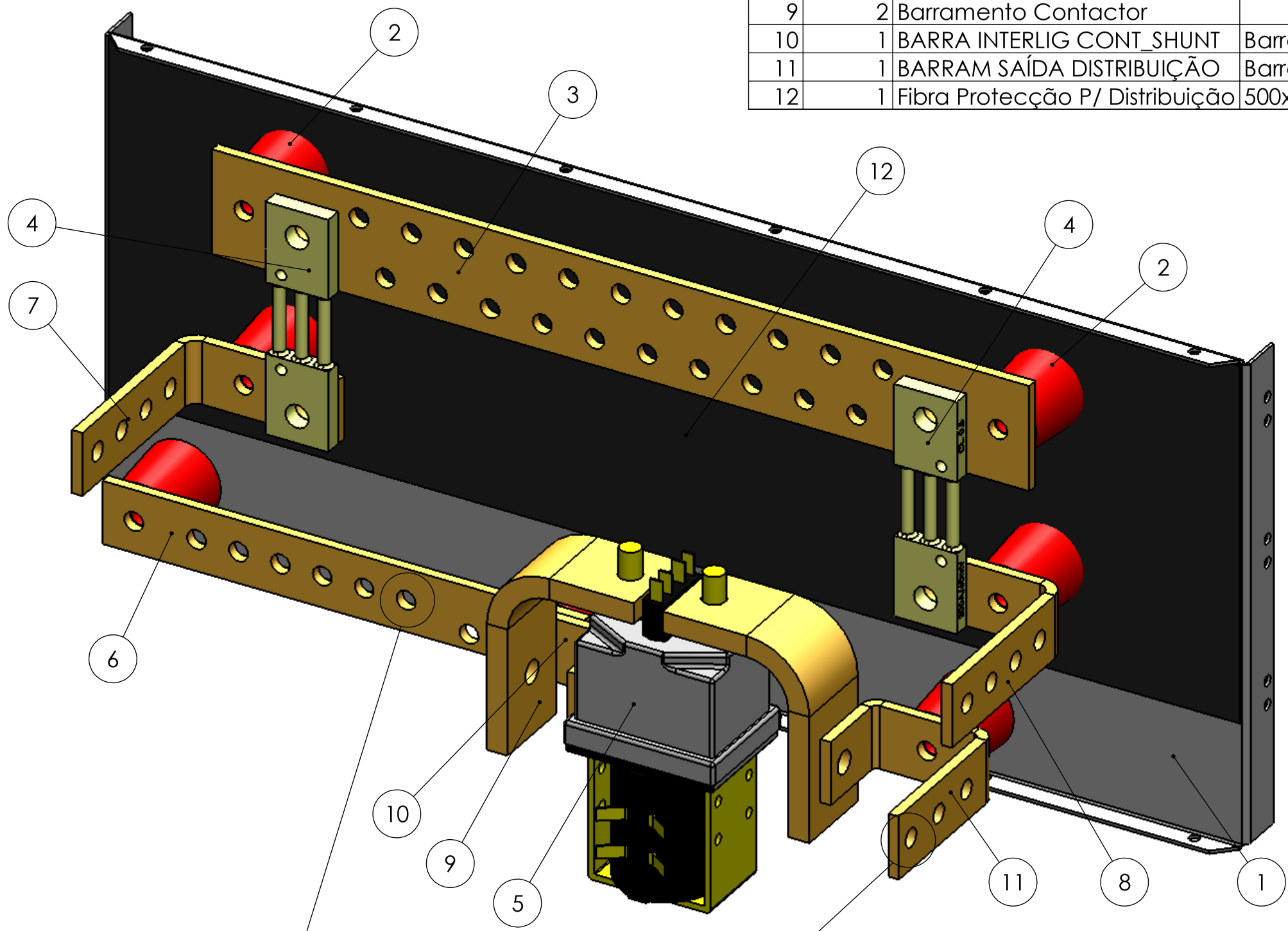
Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 4
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.slddrw	
Substitui o Desenho		-	

Numero do desenho	Rev.	Tam.	Esc.
4SA071118	C	A3	1:1.5

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização

Pos.	Qt. Mx.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	SUPORTE BARRAMENTO	600		4SA073070
2	7	APOIO ISOL EPOXY SB2	Isolador SB2	9444722	
3	1	BARRAM SAÍDA POSITIVA	BarraSaídaPos		4SA073061
4	2	SHUNT AMPERÍM. CL0,5	Shunt 300A_60mV (MAIS AUTO)		
5	1	CONTACTOR SW210AN-52	CONT_SW210		
6	1	BARRAM NEGATIVO	BarNegativo		4SA073065
7	1	BARRAM SAIDA POSIT BAT	Esquerda		4SA073066
8	1	BARRAM SAIDA POSIT BAT	Direita		4SA073066
9	2	Barramento Contactor			4SA073067
10	1	BARRA INTERLIG CONT_SHUNT	BarraInterligacao		4SA073068
11	1	BARRAM SAÍDA DISTRIBUIÇÃO	BarraSaídaDist		4SA073069
12	1	Fibra Protecção P/ Distribuição	500x200x1mm		4SA083111



FUROS RESERVADOS PARA A TMN

NOTA: SEM INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO DEVE CONSIDERAR-SE A ÚLTIMA REVISÃO DE QUALQUER DOCUMENTO AQUI REFERIDO.

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

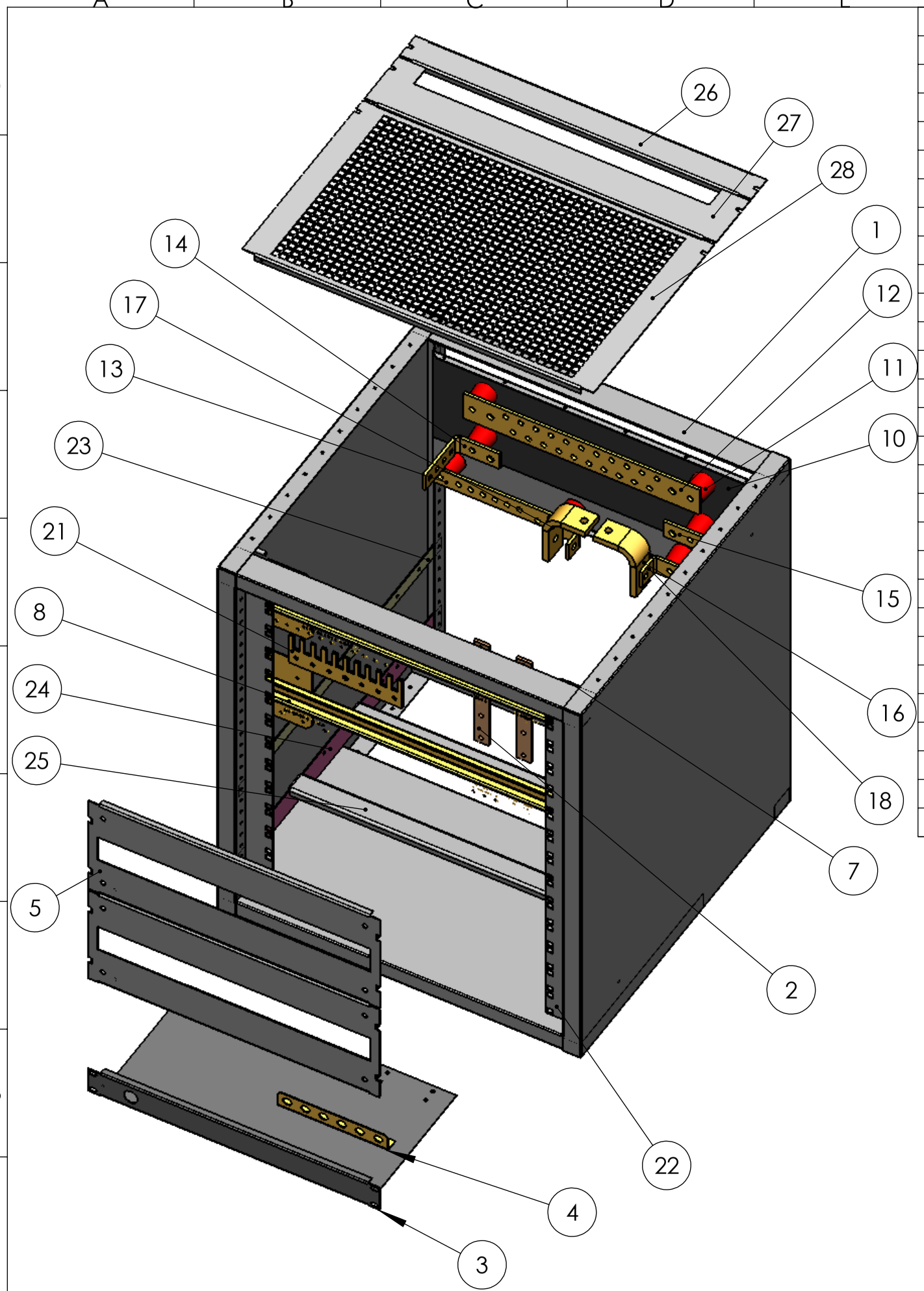
Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

Subtítulo 5: BARRAMENTO SAÍDA

Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 5
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.sldprt	
Substitui o Desenho		-	
Numero do desenho		Rev. / Tam. / Esc.	
4SA071118		C / A3 / 1:2	

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização



Pos.	Qt. Mx.	Designação	Opção / Ref.ª	Código	Plano
1	1	ARM RECT ESTR	073255_ArmRecEstr		4SA073255
2	2	Link Modulos	4		4SA073073
3	1	FRONTAO ILF	L600H1U_I1L0F0AD	0	4SA053090
4	1	Suporte Porta-fusiveis	SuporteFusiveis		4SA053161
5	2	FRONTAO DISJUNTORES	L600H4U		4SA063150
6	1	SERIGRAFIA FRONTÃO 4U			4SA073239
7	4	Suporte Protecções	3U		4SA053088
8	2	CALHA OMEGA	Alta L=540		
9	1	BARRA TERRA	Barra terra		4SA043128
10	1	SUPORTE BARRAMENTO	600		4SA073070
11	7	APOIO ISOL EPOXY SB2	Isolador SB2	9444722	
12	1	BARRAM SAÍDA POSITIVA	BarraSaídaPos		4SA073061
13	1	BARRAM NEGATIVO	BarNegativo		4SA073065
14	1	BARRAM SAIDA POSIT BAT	Esquerda		4SA073066
15	1	BARRAM SAIDA POSIT BAT	Direita		4SA073066
16	2	Barramento Contactor			4SA073067
17	1	BARRA INTERLIG CONT_SHUNT	BarraInterligacao		4SA073068
18	1	BARRAM SAÍDA DISTRIBUIÇÃO	BarraSaídaDist		4SA073069
19	1	Fibra Protecção P/ Distribuição	500x200x1mm		4SA083111
20	1	SERIGRAFIA FRONTÃO 4U			4SA073240
21	4	PENTE MOD18 FLEX	11xMOD18		4SA073261
22	2	SUPORTE P/ 19"	14U		4SA053084
23	2	Suporte Cabos	600		4SA053085
24	2	Suporte lateral	Travessa lateral		4SA053139
25	2	Apoio Gaveta	ApoioGav		4SA053140
26	1	Tecto Tapado	L600x50T		4SA073215
27	1	Tecto Escova	L600x100E		4SA073216
28	1	Tecto Ventilado	L600x350V		4SA073214

efacec Sistemas de Electrónica, S.A.

Sistemas de Alimentação

SIST ISO

Título: RECTIFICADOR c/ SM2000

Subtítulo 6: PEÇAS METÁLICAS

Desenhou	L. Santos	07-06-22	Página
Verificou	Filipe Cruz	07-06-22	N.º 6
Aprovou	A.Guim.	07-06-22	de 6
Ficheiro CAD		071118 C.slddrw	
Substitui o Desenho		-	

Numero do desenho	Rev.	Tam.	Esc.
4SA071118	C	A3	1:7

This document is a property of EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. and may not be copied or distributed without prior authorization

Este documento é propriedade de EFACEC Sistemas de Electrónica, S. A. e não pode ser reproduzido ou distribuido sem prévia autorização

ANEXO D – Relatórios de Ensaio IEP nº E-2010-0462.00 e nº E-2010-0462.01

Relatório de Ensaio
Test Report

Data de ensaio (início / fim) *Date of testing (start / end)*	**2010-05-18 a 2010-06-09**	Relatório n.º *Report number*	**E-2010-0462.00**	Pág. *Page*	**1**	de *of*	**27**

Cliente
Customer

EFACEC – Sistemas de Electrónica S.A.
Unidade de Sistemas de Alimentação
Rua Eng.º Frederico Ulrich
4471-901 MOREIRA - MAIA

Item ensaiado
Tested item

SISTEMA CIB PARA TELECOMUNICAÇÕES COM Mini PSM

Fabricante / Marca
Manufacturer

EFACEC

Modelo / Tipo
Model / Type

EFAPOWER CIBS 48V / 8x41A

N.º série
Serial number

1504-9734

Operação efectuada
Method

Ensaios de Compatibilidade Electromagnética segundo a Norma:
ETSI EN 300386 V1.4.1 (08)

Data de emissão deste Relatório
Date of issue

2010-06-09

Ensaiado por *Tested by*	Responsável Técnico *Technical Supervisor*	Responsável pelo Laboratório *Laboratory Manager*
Delfina Sousa	Esaú Cardoso	Paulo Cabral

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuaram os ensaios, sendo válidos somente para a amostra ensaiada. Este Relatório não pode ser reproduzido parcialmente, salvo autorização escrita do Laboratório.
The reported results are valid only at the moment and in the conditions of testing, and refer only to the tested sample. This Report cannot be reproduced, except in full, without the prior written permission of the Laboratory.

O IPAC é signatário dos acordos de reconhecimento mútuo da EA e do ILAC para ensaios.
IPAC is signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing.

Instituto Electrotécnico Português
Laboratório de Metrologia e Ensaios

Rua de S. Gens, 3717 | 4460-409 Senhora da Hora | Portugal
Tel. +351 22 957 00 22 / 23 | Fax +351 22 953 05 94

met@iep.pt | http://www.iep.pt

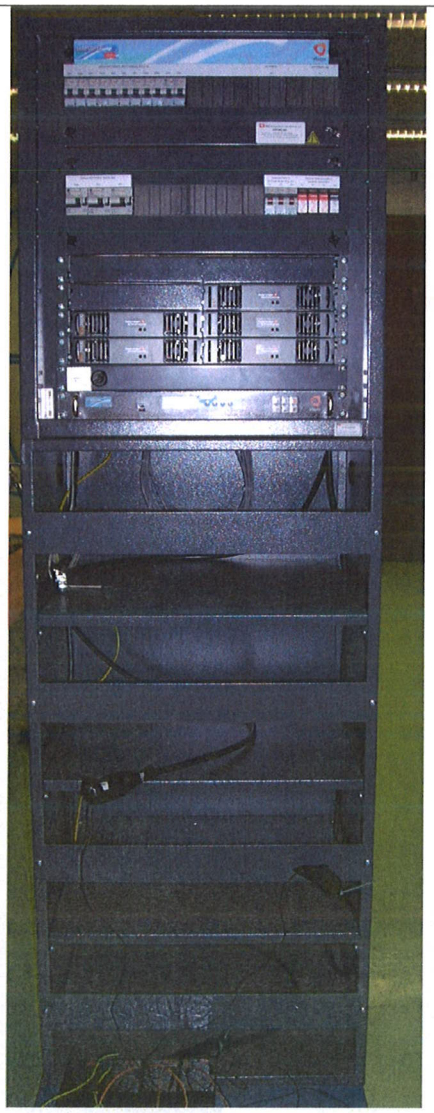
IPAC acreditação
L0027 Ensaios

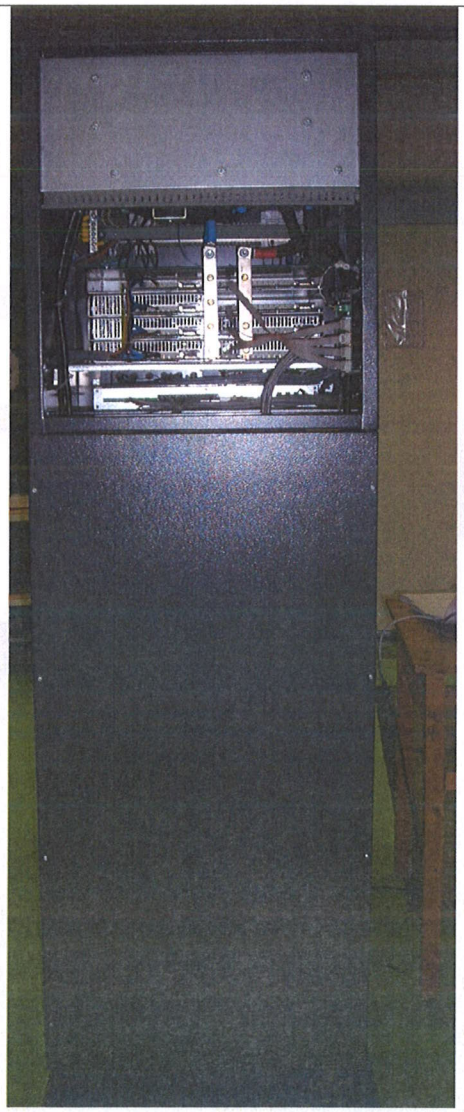
I. AMOSTRA ENSAIADA

1.1 DESCRIÇÃO GERAL

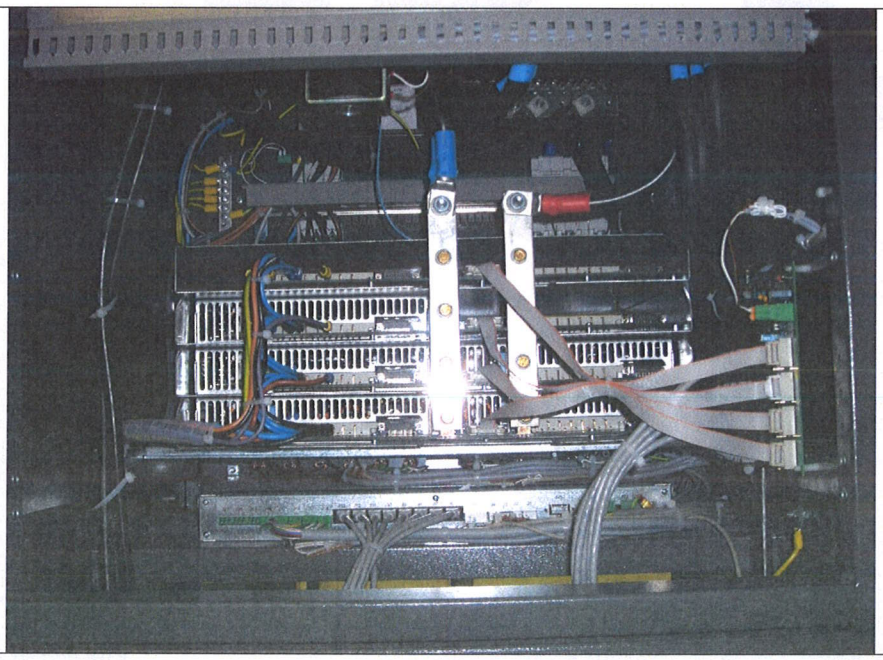
Sistema CIB para telecomunicações com mini PSM. A unidade ensaiada dispõe da seguinte cablagem externa:

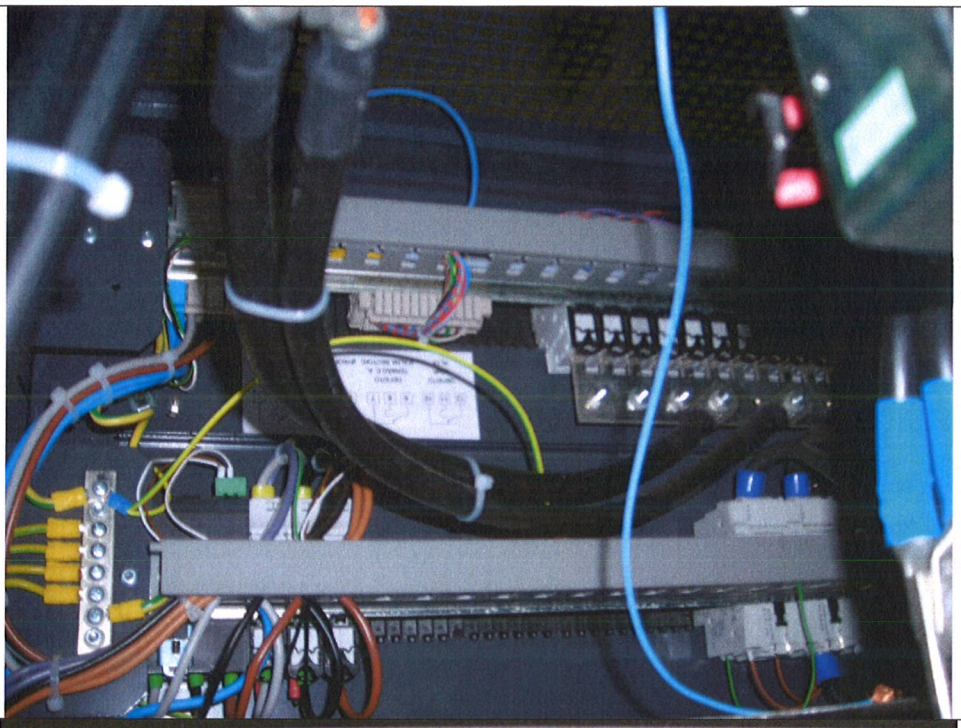
- entrada bateria DC (não testada, comp.<3m);
- saída 48V DC;
- 8 saídas de relés (contacto seco)







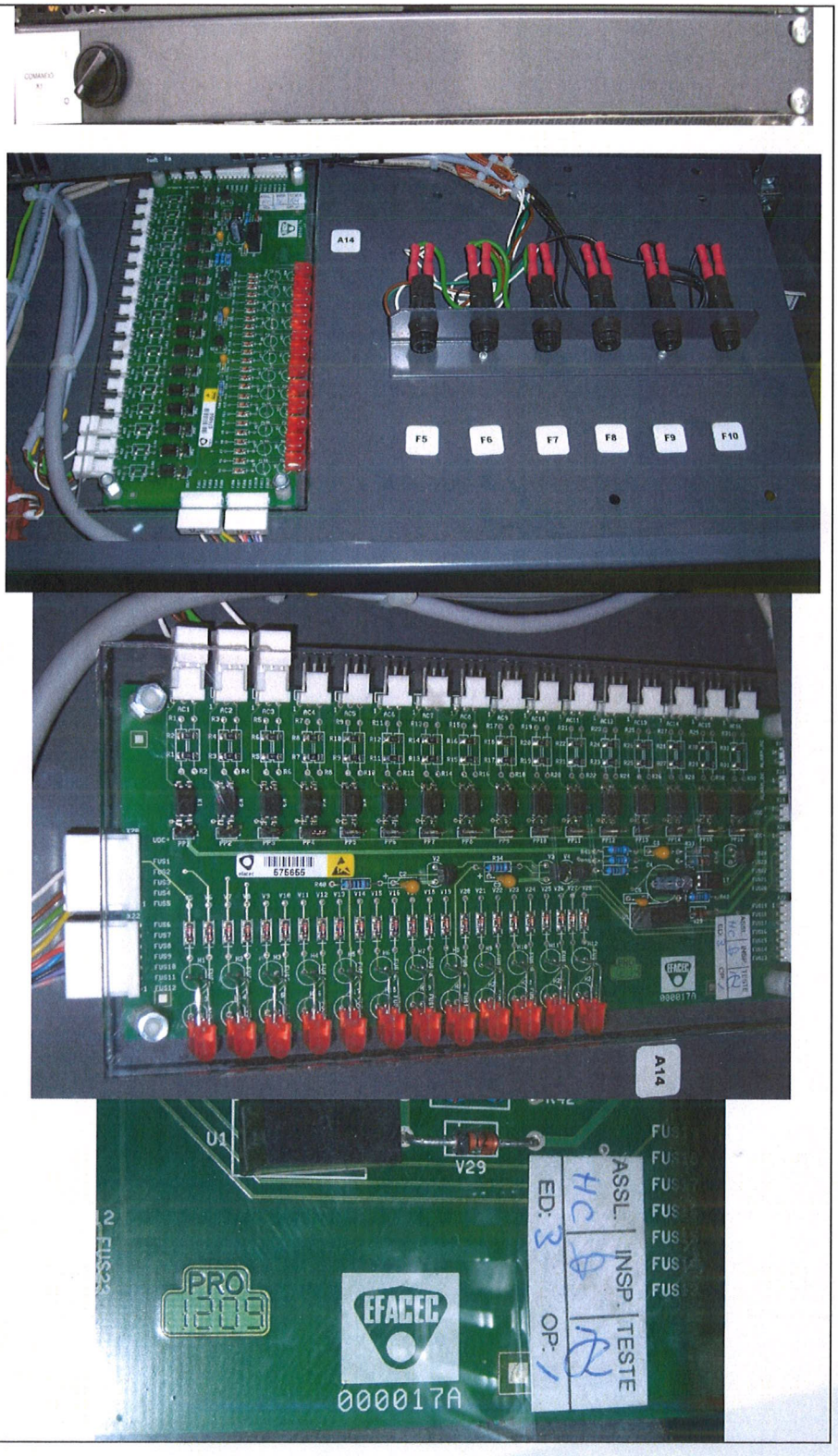


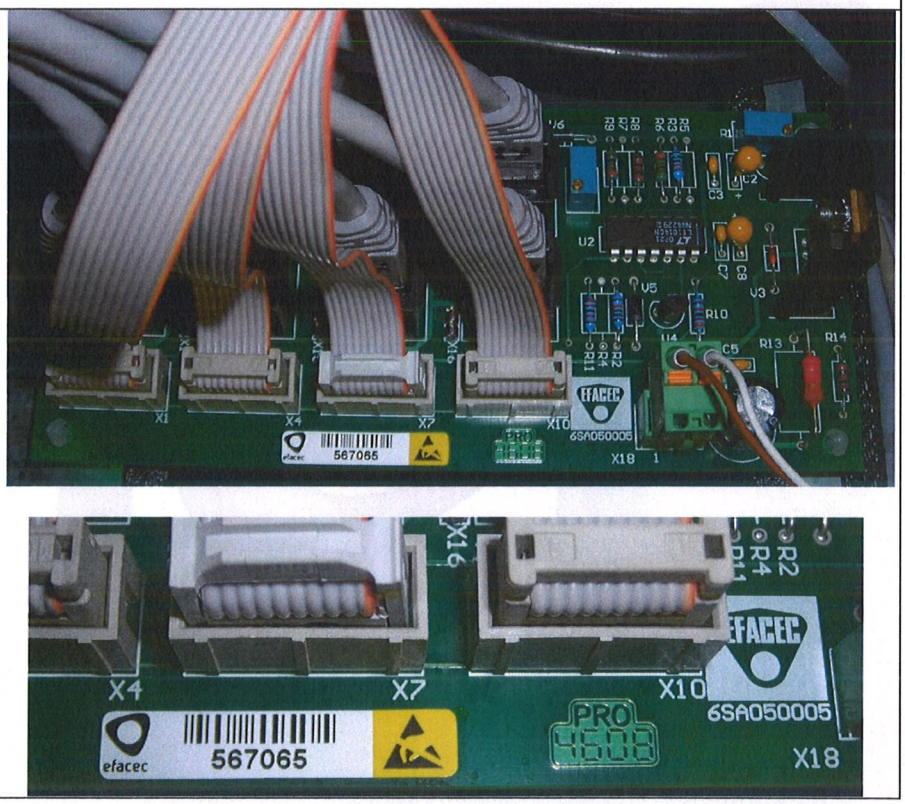



EFAPOWER
CE
TIPO DE EQUIPAMENTO EFAPOWER CIB S 48V / 8X41A
CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA
TENSÃO NOMINAL / FREQUÊNCIA 3X230 V + N / 50 Hz
CORRENTE NOMINAL 9,5 A / Módulo
CARACTERÍSTICAS DE SAÍDA
TENSÃO NOMINAL 48V
CORRENTE NOMINAL 41A / Módulo
CLASSE DE POTÊNCIA SONORA C
PROJECTO E20000070 DATA DE FABRICO
VERIFICAÇÃO Daniel Silva DATA 22-3-2010
COLOCAÇÃO EM SERVIÇO DATA
Mod. SE/SA 047-03/03
EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.
Serviços Técnicos: Telef. 22 9402000 - Fax: 22 9485428

A amostra dispõe dos seguintes componentes críticos:

Mini PSM	

Comando	 A14 F5 F6 F7 F8 F9 F10 A14 U1 V29 PRO 1209 EFACEC 000017A ASSL. INSP. TESTE ED: OP:

5 Módulos de distribuição	
Carta de conversão 6SAO50005 ref. 567065	

1.2 MODIFICAÇÕES ESPECIAIS EFECTUADAS NA AMOSTRA ENSAIADA

Não foram efectuadas modificações especiais na amostra ensaiada.

1.3 CONDIÇÕES PARTICULARES DA AMOSTRA DURANTE OS ENSAIOS

Instalada como em utilização normal.

1.4 ALIMENTAÇÃO DA AMOSTRA DURANTE OS ENSAIOS

A amostra foi alimentada pela tensão nominal (230V~) à frequência de 50Hz±1Hz, excepto nos casos em que a especificação de ensaio refere outras condições.

1.5 EQUIPAMENTOS ASSOCIADOS À AMOSTRA DURANTE OS ENSAIOS

A amostra foi associada ao seguinte equipamento auxiliar:

- saída DC: carga resistiva (lâmpadas)
- saída de relés (ensaiada apenas 1 saída, terminais 1/3): 1 lâmpada 230V alimentada através da entrada de alimentação AC

1.6 MODO DE OPERAÇÃO

Para cada ensaio / verificação foram efectuadas as seguintes operações:

- standby: visualização da lâmpada
- alteração do estado do interruptor da bateria, verificando a presença de condição de alarme.

1.7 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DURANTE OS ENSAIOS DE IMUNIDADE

Definidos de acordo com a Norma ETSI EN 300 386:

Critério A: Durante o ensaio o aparelho deve continuar a funcionar como pretendido, não sendo permitida qualquer degradação perceptível do seu desempenho ou perda de funções para além de um limite que o utilizador possa esperar.

Critério B: Após o ensaio o aparelho deve continuar a funcionar como pretendido, não sendo permitida qualquer degradação perceptível do seu desempenho ou perda de funções para além de um limite que o utilizador possa esperar.
Durante o ensaio é permitida degradação do seu desempenho, desde que o estado, a configuração e os dados registados não sejam alterados.

Critério C: É permitida perda de funções temporariamente, desde que auto-recuperáveis ou desde que possam ser restabelecidas pelo operação de controlos ou outra operação especificada nas instruções de uso.

1.8 MONITORIZAÇÃO DA AMOSTRA DURANTE OS ENSAIOS DE IMUNIDADE

Foi avaliado e seguido o comportamento da amostra e do seu estado de funcionamento, nomeadamente:

- valores de corrente e tensão no display do Mini PSM e registos de alarme;
- estado da lâmpada da saída de relés;
- estado dos led´s de sinalização de alarme

II. ESPECIFICAÇÕES DE ENSAIO UTILIZADAS

As especificações de ensaio utilizadas estão organizadas de acordo com o seguinte:

EMISSÃO
ETSI EN 300386 – Requisitos de Compatibilidade Electromagnética em equipamentos de rede de telecomunicações :
(*) EN 61000-3-2 (06) + A1 (09) + A2 (09)
(*) EN 61000-3-3 (08)
EN 55022 (06) (classe A)
IMUNIDADE
ETSI EN 300386 (outros que centrais de telecomunicações)
(*) EN 61000-4-2 (09)
(*) EN 61000-4-3 (06) + A1 (08)
EN 61000-4-4 (04)
EN 61000-4-5 (06)
(*) EN 61000-4-6 (09)
EN 61000-4-11 (04)

2.1 ACRÉSCIMOS E DESVIOS ÀS ESPECIFICAÇÕES DE ENSAIO

(*) Para as normas assinaladas, foram utilizadas versões ou aditamentos diferentes dos mencionados no ponto 2.1 da Norma ETSI EN 300 386 V1.4.1. No entanto, as versões utilizadas não alteram a metodologia de ensaio face ás referências normativas apresentadas.

III. SUMÁRIO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

MEIO	FENÓMENO	FREQUÊNCIA	RESULTADO
< EMISSÃO >			
Invólucro	Emissão Radiada	30 - 1000MHz	OK
Alimentação AC	Flutuações de Tensão	0 - 30Hz	OK
	Harmónicas de Corrente	100 - 2000Hz	OK
	Perturbações Contínuas	0,15 - 30MHz	OK(WMU)

Resultado

A amostra ensaiada **cumpriu** a totalidade dos requisitos de emissão que se pretendiam verificar.

MEIO	FENÓMENO	CRITÉRIO	NÍVEL / FREQ.	RESULT.
< IMUNIDADE >				
Invólucro	Descargas Electrostáticas	B	6kV / 8kV (cont. / ar)	OK
	Campo Eléctrico Radiado (*)	A	3 V/m (80-800MHz) 10 V/m (800-960MHz) 3 V/m (960-1000MHz) 10 V/m (1,4-2 GHz) 3V/m (2GHz-2,7GHz)	OK
Alimentação AC	Transitórios rápidos	B	1kV (5/50ns; 5KHz)	OK
	Onda choque	B	1kV / 2kV (dif. / com.)	OK
	Correntes RF injectadas	A	3V / 150kHz - 80MHz	OK
	Cortes breves de tensão	C	0% - 0,5 ciclos 0% - 1 ciclo 70% - 25 ciclos 0% - 250 ciclos	OK
Saída DC e saída de relés	Transitórios rápidos	B	0,5kV (5/50ns; 5KHz)	OK
	Onda choque	B	0,5kV (dif.)	OK
	Correntes RF injectadas	A	3V / 150kHz - 80MHz	OK

Nota: *(*) Ensaio efectuado apenas até 2,4GHz*

Legenda

OK	Cumpre requisitos
F	Não cumpre requisitos
WMU	Dentro das incertezas de medida
N/A	Não aplicável
NE	Não efectuado

Resultado:

A amostra ensaiada **cumpriu** a totalidade dos requisitos de imunidade que se pretendiam verificar.

IV. RESULTADO DOS ENSAIOS

4.1 ENSAIOS DE EMISSÃO

4.1.1 ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA - FLUTUAÇÕES DE TENSÃO

Meio:Ligação à rede de alimentação 230V~
Norma: EN 61000-3-3
Limites:

Flutuações de Tensão			
Parâmetro	**Limite máximo**	**Valores obtidos e comentários**	**Resultados**
P_{st}	1,00	----	NA
P_{lt}	0,65	----	NA
d_{max} - ΔV / $V_{máx}$ Condições normais automáticas	4%	3,6%	OK
d_t - ΔV / V não deve exceder 3,3% por um período superior a 500ms	3,3% 500ms	1,78%	OK
d_{max} - ΔV / V_{max} Comutação manual ou mais que duas comutações automáticas por dia e com rearranque retardado ou manual após falha de energia eléctrica	6%	---	N/A
d_{max} - ΔV / $V_{máx}$ Utilização sob vigilância ou menos que duas comutações automáticas por dia e com rearranque retardado ou manual após falha de energia eléctrica	7%	----	NA
d_c - ΔV / $V_{contínuo}$	3,3%	0,21%	OK

Notas:

1) A amostra foi ajustada de modo a encontrar-se o máximo nível de perturbações;

Incerteza da medição:

A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 5%.

Resultado:

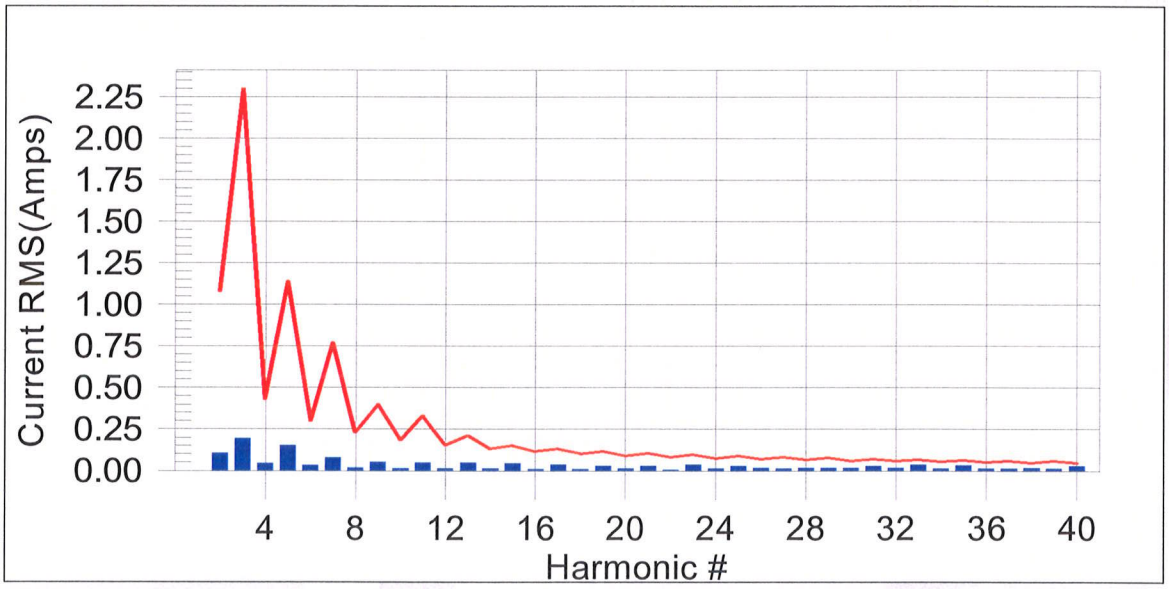
A amostra **cumpriu** o limite da especificação por uma margem de 10%.

4.1.2 ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA - HARMÓNICAS DE CORRENTE

Meio:Ligação à rede de alimentação 230V~
Norma: EN 61000-3-2
Limites: Classe A

Nota: A amostra foi ajustada de modo a encontrar-se o máximo nível de perturbações

Incerteza da medição:
A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 5%.



Legenda:
Linha – Valores limites de especificação
Barra – Valores medidos da amostra

Resultado:
A amostra cumpriu o limite das especificações. A pior harmónica foi a # 40 com um valor de 67% do limite respectivo.

4.1.3 ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA: PERTURBAÇÕES DE RADIOFREQUÊNCIA

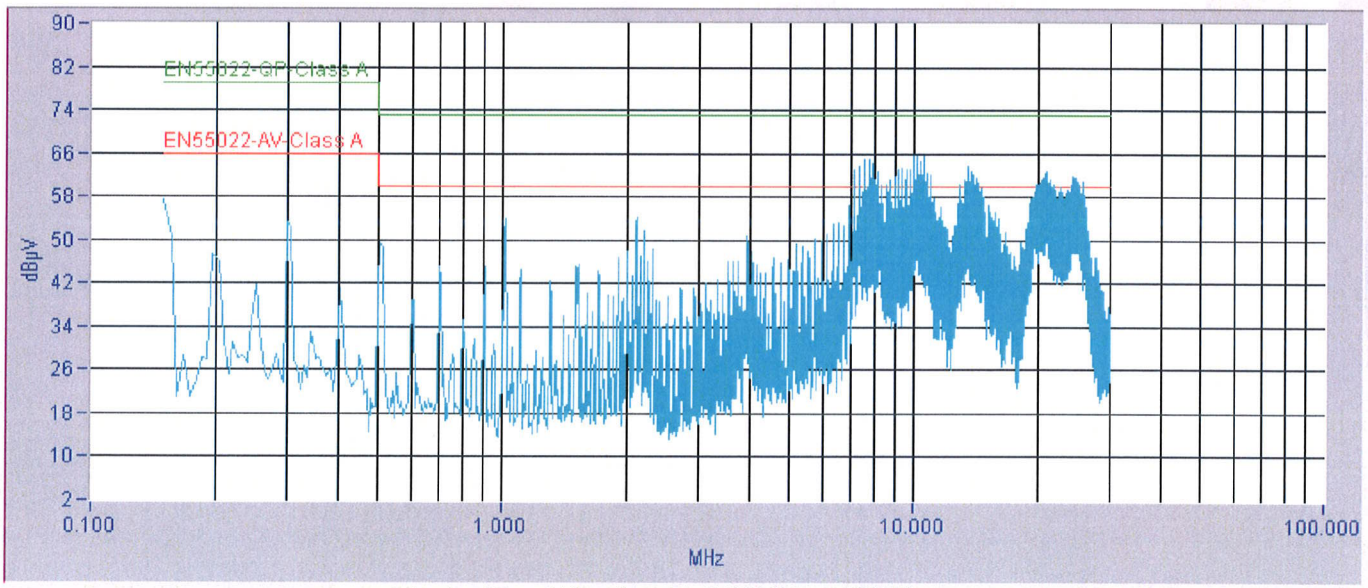
Meio:Ligação à rede de alimentação 230V~
Norma: EN 55022 (classe A)
Limites:

Frequência	Limites (dBµV)	Valores obtidos	Resultados
0,15 - 0,5MHz	79 Quasi-pico / 66 Média	Ver gráfico	OK
0,5 - 30MHz	73 Quasi-pico / 60 Média	Ver gráfico	OK(WMU)

Nota: A amostra foi ajustada de modo a se encontrar o máximo nível de emissão.

Incerteza da medição:
A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 3,6dB.

Resultados obtidos:



detector Pico (10ms) entre 0,15MHz e 30MHz

Frequência (MHz)	Quasi pico	Média
0.150	54.5	45.2
0.300	53.9	48.5
1.020	54.0	53.9
2.118	52.7	47.5
3.936	48.6	41.1
7.776	63.0	47.3
9.174	62.2	49.1
9.984	63.6	58.2
13.578	61.5	48.3
14.184	60.3	50.6
21.030	55.7	50.8
22.638	55.5	49.3
22.836	55.5	44.5
23.640	57.0	45.0
24.252	55.6	50.8
25.728	46.9	48.1

Resultado:

A amostra **cumpriu**, mas dentro das incertezas, o limite da especificação por uma margem de 2 dB.

4.1.4 ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA

Meio:Invólucro
Norma: ETSI EN 300 386
EN 55022 (classe A)
Limites:

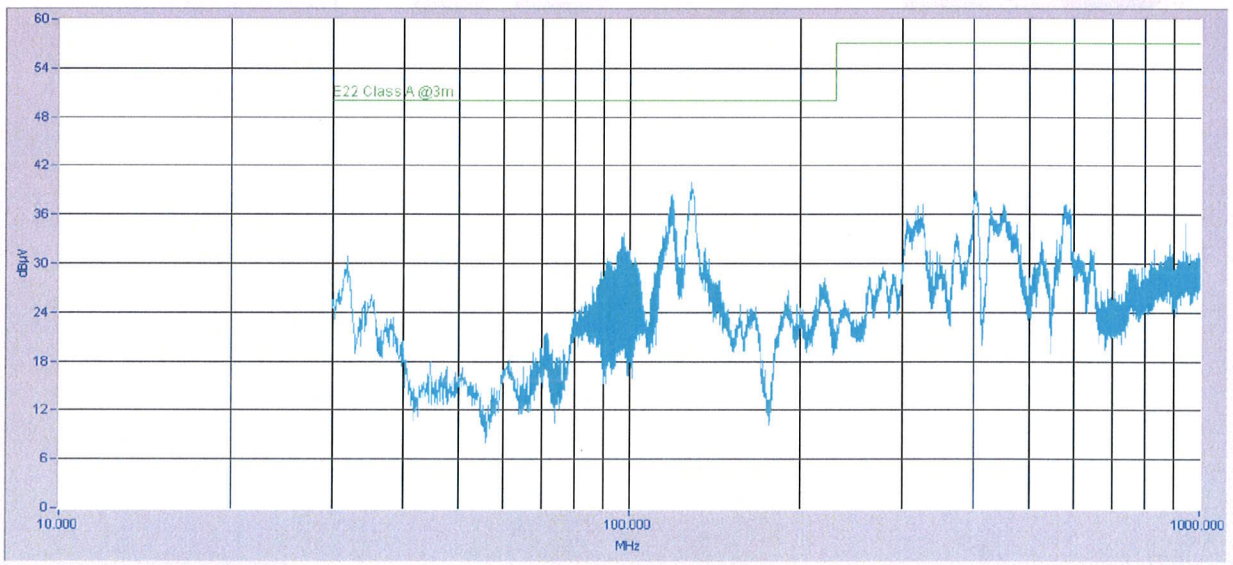
(*)Ensaio de pré-compliance (altura máx. 2m)

Frequência	Limites	Valores obtidos	Resultados
30 – 230MHz	50 dBµV/m @ 3m	Ver gráfico	OK
230 - 1000MHz	57 dBµV/m@ 3m	Ver gráfico	OK

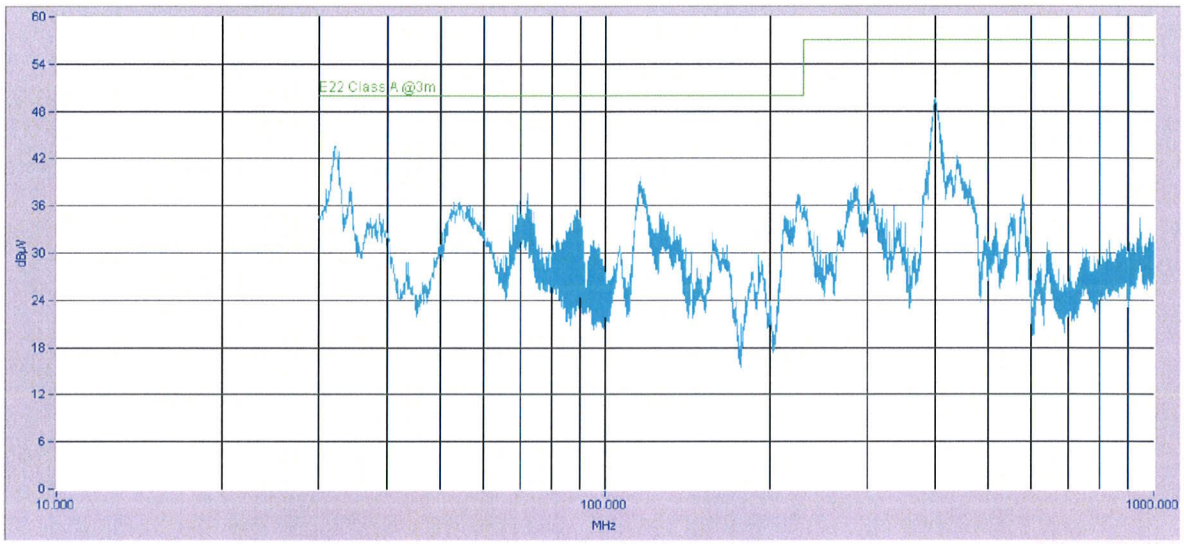
Nota: A amostra foi ajustada de modo a encontrar-se o máximo nível de emissão.

Incerteza da medição:
A incerteza da medição (com um intervalo de confiança de 95%) deste ensaio foi de 5dB.

Valores obtidos:



Polarização Horizontal



Polarização Vertical

Polaridade	Frequência (MHz)	Quasi pico dBµV
Horizontal	96.779	31.6
	97.769	33.2
	118.559	35.9
	128.190	39.0
	404.399	42.2
Vertical	32.070	43.57
	115.590	39.75
	399.810	49.73
	69.780	36.58
	54.120	36.54
	225.048	37.27

Nota: Estão apresentados apenas os valores registados mais significativos.

Resultado:

A amostra **cumpriu** o limite da especificação por uma margem de 7 dB, para a classe A.

4.2 ENSAIOS DE IMUNIDADE

4.2.1 IMUNIDADE ÀS DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS

Meio:	Invólucro
Normas:	ETSI EN 300386 (tabela 6) EN 61000-4-2
Critério aceitação:	B
Temperatura / Humidade:	23ºC; 53%
Nível:	contacto: nível 2 - 6kV ar: nível 3 - 8kV
Configuração:	"floor equipment"
Limites:	

Descargas directas:

Parte ensaiada	Tensão ensaio	Observações	Resultado
Todas as faces do aparelho, e partes metálicas acessíveis	6kV – contacto	------	OK
Painel frontal do MniPSM, disjuntores	8kV - ar	------	OK

Descargas indirectas:

Parte ensaiada	Tensão ensaio	Observações	Resultado
Frente MiniPSM (Acoplamento vertical)	4kV – contacto	------	OK
Trás (Acoplamento vertical)	4kV – contacto	------	OK

Resultado:

A amostra **cumpriu** com os níveis especificados.

4.2.2 IMUNIDADE A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS RADIADOS

Meio:	Invólucro
Norma:	ETSI EN 300386 (tabela 6) EN 61000-4-3
Critério de aceitação:	A
Temperatura:	22ºC
Humidade relativa:	56%
Gama de frequências:	80MHz - 2400MHz
Passo de frequência:	1% (sweep logarítmico)
Modulação:	80% AM @ 1kHz
Configuração:	Amostra ensaiada como "floor equipment"

Frequência (MHz)	Polarização	Nível (V/m)	Face da Amostra	Comentário	Resultado
80-800	Vertical Horizontal	3	Frontal	----	OK
800-960	Vertical Horizontal	10	Frontal	-----	OK
960-1000	Vertical Horizontal	3	Frontal	-----	OK
1400-2000	Vertical Horizontal	10	Frontal	-----	OK
1400-2400	Vertical	3	Frontal	-----	OK

Resultado:
A amostra **cumpriu** com os níveis especificados.

4.2.3 IMUNIDADE AOS TRANSITÓRIOS RÁPIDOS

Meio:	Alimentação, saída DC, saída relés
Normas:	ETSI EN 300386 (tabela 7 e 9)
	EN 61000-4-4
Critério de aceitação:	B
Temperatura / Humidade:	22ºC e 56%
Nível:	1kV / 0,5kV (acoplamento directo / capacitivo)
Configuração:	"floor equipment"
Limites:	

Meio	Polaridade / duração	Nível	Observações	Resultado
Alimentação (L, N, PE)	+/1 min -/1 min	1 kV – acoplamento directo	------	OK
Saída DC,	+/1 min -/1 min	0,5 kV – acoplamento capacitivo	------	OK
Saída relés	+/1 min -/1 min	0,5 kV – acoplamento capacitivo	------	OK

Resultado:

A amostra **não cumpriu** com os níveis especificados.

4.2.4 IMUNIDADE À ONDA CHOQUE

Meio:	Alimentação, saída DC, saída relés
Normas:	ETSI EN 300386 (tabela 7 e 9)
	EN 61000-4-5
Critério de aceitação:	B
Temperatura / Humidade:	23ºC e 71%
Limites:	

Meio	Nível	Modo	Ângulo	Observações	Resultado
Alimentação	1 kV	L-N	0º, 90º, 180º e 270º	-----	OK
	2 kV	L-PE; N-PE	0º, 90º, 180º e 270º	-----	OK
Saída DC	0,5 kV	+ / PE	0º	-----	OK
		- / PE	0º	-----	OK
Saída relés	0,5 kV	+ / PE	0º	-----	OK
		- / PE	0º	-----	OK

Resultado:

A amostra **cumpriu** com os níveis especificados.

4.2.5 IMUNIDADE ÁS CORRENTES DE RF INJECTADAS

Meio :	Alimentação, saída DC, saída relés
Normas:	ETSI EN 300386
	EN 61000-4-6 (tabela 9)
Critério de aceitação:	A
Temperatura / Humidade:	23ºC e 70%
Frequência:	150kHz - 80MHz
Modulação:	80% AM 1kHz
Nível:	Classe 2 - 3V
Limites:	

Meio	Nível	Acoplador	Desacoplador	Observações	Resultado
Alimentação	3V	CDN M3	EMCLAMP (saída relés)	----	OK
Saída DC	3V	EMCLAMP	CDN M3	-----	OK
Saída relés	3V	EMCLAMP	CDN M3	-----	OK

Resultado:
A amostra **cumpriu** com os níveis especificados.

4.2.6 IMUNIDADE AOS CORTES BREVES DE TENSÃO

Meio:	Alimentação
Normas:	ETSI EN 300386 (tabela 9)
	EN 61000-4-11
Critério de aceitação:	B, C
Temperatura / Humidade:	21ºC; 49%
Nível:	3 Interrupções, intervalo 10s, ângulos 0º, 180º

Limites:

Meio	Nível	Observações	Resultado
Alimentação	0%Un – 0,5 ciclos	Sem alterações	OK
	0%Un – 1 ciclo	Sem alterações	OK
	70%Un – 25 ciclos	Sem alterações	OK
	0%Un – 250 ciclos	Comutação interna de AC – Bat, sem alteração da saída	OK

Resultado:

A amostra **cumpriu** com os níveis especificados.

V. CONCLUSÃO

A amostra ensaiada **cumpriu** os requisitos de Compatibilidade Electromagnética, previsto nas normas acima mencionadas.

Anexo 1 – Lista de equipamento utilizado

Ponto	Ensaio	Equipamento utilizado	Calibrado até
4.1.1	Flutuação de tensão	Sistema Profline SHAFFNER 2100 LEL 1216 Fonte monofásica SHAFFNER NSG1007 LEL 1214 Impedância de referencia "SCHAFFNER" CCN1000 LEL 1215	2010-12
4.1.2	Harmonicos de corrente	Sistema Profline SHAFFNER 2100 LEL 1216 Fonte monofásica SHAFFNER NSG1007 LEL 1214 Impedância de referencia "SCHAFFNER" CCN1000 LEL 1215	2010-12
4.1.3	Perturbações de Radiofrequência	Atenuador 20dB LEL 1213 Receptor AFJ ER55C2.8 IEP0600201 LISN trifásica 50Ω / 50μH + 5Ω MEB LEL 1097	2010-10 2011-05 2010-12
4.1.4	Emissão radiada	Cabo 2m+10m IEP0600179 Câmara semi-anecoica LEL 1207 + antenna LEL1209 Receptor AFJ ER55CE LEL 1259	2011-01 2011-03 2012-05
4.2.1	Descargas Electrostáticas	Gerador ESD Schloder SESD 200 LEL 949	2010-12
4.2.2	Imunidade Radiada	Cabo 2m+10m IEP0600179.01 Câmara semi-anecoica LEL 1207.01 + antena LEL 1209 Câmara semi-anecoica LEL 1207.02 + antenna Horn IEP 0600179 Gerador de RF Marconi 2024 LEL 952	2011-01 2011-03 2011-03 2011-03
4.2.3	Transitórios rápidos	Cronómetro Timex LEL 481 Gerador EFT HILO TEST EFTG LEL 950 Sonda capacitiva EFTC-105 LEL 951	2011-04 2010-12 2012-09
4.2.4	Onda choque	Gerador Schloder CWG 500 LEL 1257 + Desacoplador CWG 526 IEP0600176	2011-12
4.2.5	Corrente de RF injectada	Gerador RF Marconi 2024 LEL 952 Amplificador RF AR 25A250A IEP0600177 Atenuador 6dB/50Ω LEL 1134 EM-Clamp MEB KEMZ 810 LEL1022 CDN M3 LEL 1202	2011-01
4.2.6	Cortes breves de tensão	Profline Sistem SHAFFNER 2100 LEL 1216 Switch BOX SCHAFFNER IEP0600006	2011-12

= Fim do Relatório =
= *End of Report* =

Relatório de Ensaio
Test Report

Data de ensaio (início / fim) *Date of testing (start / end)*	**2010-05-31 a 2010-06-01**	Relatório n.º *Report number*	**E-2010-0462.01**	Pág. *Page*	**1**	de *of*	**4**

Cliente *Customer*

EFACEC – Sistemas de Electrónica S.A.
Unidade de Sistemas de Alimentação
Rua Eng.º Frederico Ulrich
4471-901 MOREIRA - MAIA

Item ensaiado *Tested item*

SISTEMA CIB PARA TELECOMUNICAÇÕES COM Mini PSM

Fabricante / Marca *Manufacturer*: EFACEC

Modelo / Tipo *Model / Type*: **EFAPOWER CIBS 48V / 8x41A**

N.º série *Serial number*: 1504-9734

Operação efectuada *Method*

Ensaios prévios de acordo com a norma:
EN 60950-1 (06) + A11 (09) §4.2 Resistência mecânica

Observações *Remarks*

Data de emissão deste Relatório *Date of issue*: **2010-06-11**

Ensaiado por *Tested by*	Responsável Técnico *Technical Supervisor*	Responsável pelo Laboratório *Laboratory Manager*
Delfina Sousa	Esaú Cardoso	Paulo Cabral

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuaram os ensaios, sendo válidos somente para a amostra ensaiada. Este Relatório não pode ser reproduzido parcialmente, salvo autorização escrita do Laboratório.
The reported results are valid only at the moment and in the conditions of testing, and refer only to the tested sample. This Report cannot be reproduced, except in full, without the prior written permission of the Laboratory.

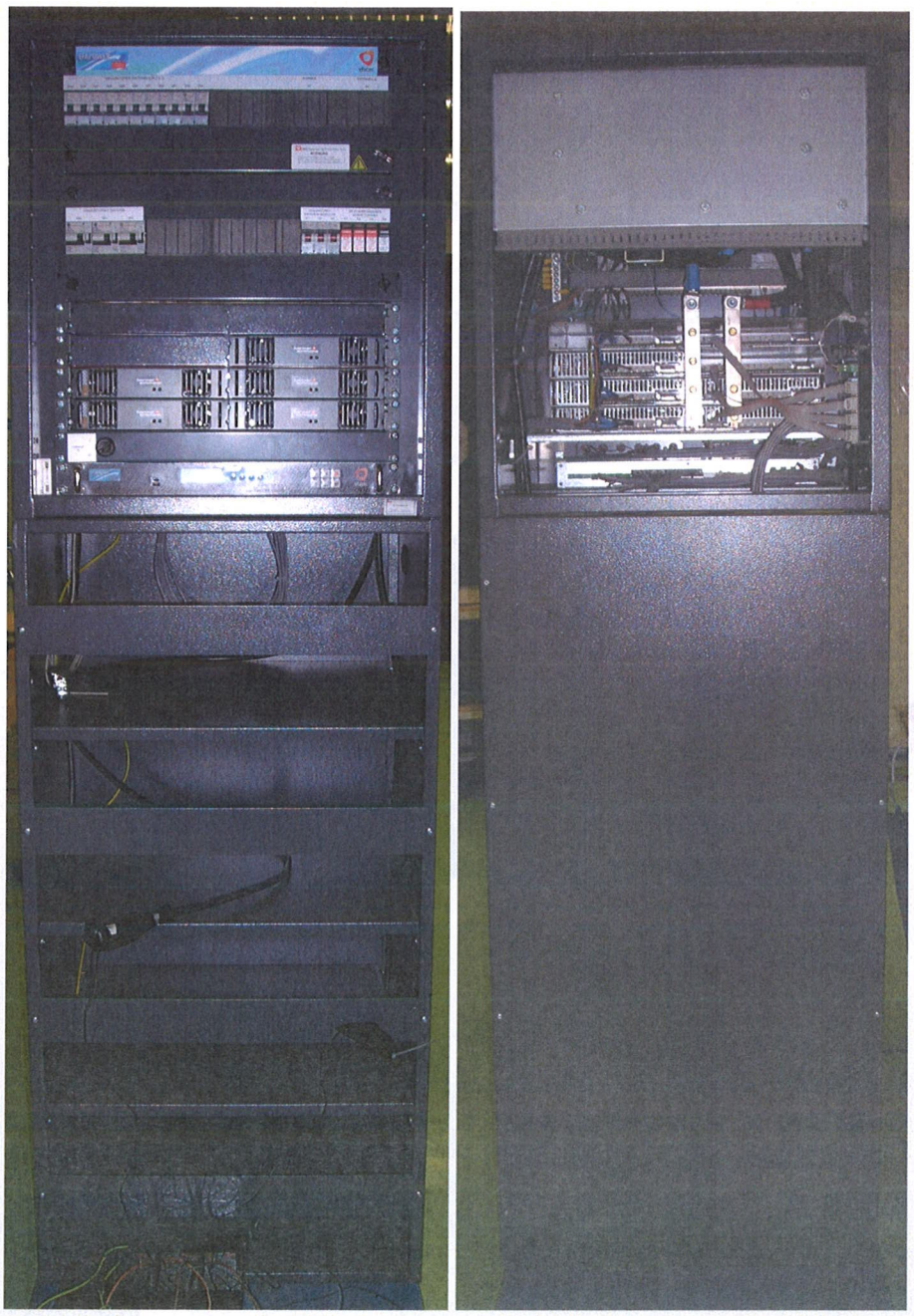
Instituto Electrotécnico Português
Laboratório de Metrologia e Ensaios

Rua de S. Gens, 3717 | 4460-409 Senhora da Hora | Portugal
Tel. +351 22 957 00 22 / 23 | Fax +351 22 953 05 94

met@iep.pt | http://www.iep.pt

I IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

I ITEM IDENTIFICATION






EFAPOWER
CE
TIPO DE EQUIPAMENTO EFAPOWER CIB S 48V / 8X41A
CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA
TENSÃO NOMINAL / FREQUÊNCIA 3X230 V + N / 50 Hz
CORRENTE NOMINAL 9.5 A / Módulo
CARACTERÍSTICAS DE SAÍDA
TENSÃO NOMINAL 48V
CORRENTE NOMINAL 41A / Módulo
CLASSE DE POTÊNCIA SONORA C
PROJECTO DATA DE FABRICO
VERIFICAÇÃO Daniel Silva DATA 22-3-2010
COLOCAÇÃO EM SERVIÇO DATA
Mod SE/SA 047-03/03
EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.
Serviços Técnicos: Telef. 22 9402000 - Fax: 22 9485428

II RESULTADOS OBTIDOS
II RESULTS

Secção 4.2 Resistência mecânica
Clause 4.2 Mechanical strength

Sub-secção *Sub-clause*	Aplicável *Apply*	Não aplicável *Not apply*	Resultado *Result*
4.2.2	☒	☐	Conforme Força 10N
4.2.3	☒	☐	Conforme 30N, durante 5s todas as faces
4.2.4	☐	☒	
4.2.5	☒	☐	Conforme esfera ∅ 50mm em todas as faces
4.2.6	☐	☒	
4.2.7	☐	☒	
4.2.8	☐	☒	
4.2.9	☐	☒	
4.2.10	☐	☒	

III CONCLUSÃO
III CONCLUSION

A amostra **cumpriu** os requisitos da secção §4.2.

= Fim do Relatório =
= *End of Report* =