



**Ruben Daniel Oliveira Galante**

Licenciado em Ciências da Engenharia Electrotécnica  
e de Computadores

## **Quadro Elétrico Tipo para o setor residencial**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Pedro Pereira, FCT/UNL  
Coorientador: Professor João Martins, FCT/UNL

Júri: Doutor João Almeida das Rosas, FCT/UNL  
Presidente: Doutor João Miguel Murta Pina, FCT/UNL  
Vogal: Luís Fernando Neves Sousa  
Vogal: Doutor Pedro Miguel Ribeiro Pereira, FCT/UNL



### **Quadro Elétrico Tipo para o setor residencial**

Copyright © Ruben Daniel Oliveira Galante, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*À minha família que sempre me apoiou*



# Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, Professor Doutor Pedro Pereira, e ao meu coorientador, Professor Doutor João Martins, pelo apoio na realização deste projeto e durante todo o curso.

À instituição que me acolheu durante todos estes anos, a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, e em especial ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica bem como a todos os professores com os quais entrei em contacto. Os seus ensinamentos permitem-me encarar o mercado de trabalho e o futuro com muito mais confiança.

Aos meus pais, Fausto e Alexandra Galante, ao meu irmão, Rafael Galante, e à minha madrinha, Olívia Galante, por toda a confiança em mim depositada, por todo o apoio prestado nos momentos difíceis e por toda a alegria nos momentos bons. Sem esquecer toda a educação que me foi dada e que me tornou na pessoa que sou hoje.

Aos meus colegas e amigos, José Vieira, Marisa Amaral, Bruno Rodrigues, Rui Lopes, Pedro Mendes, Pedro Ribeiro, Nuno Pereira, Nuno Vilhena, Liliana Sequeira, Carolina Amaro, Ana Sebastião, Diogo Sousa, Joana Correia, Nuno Mancelos e Pedro Arsénio que me acompanharam ao longo deste percurso com os quais partilhei noites longas de estudo e bons momentos fora dentro e fora da faculdade.

Às minhas colegas de trabalho, Carina Vieira, Raquel Santos, Joana Santos, Ana Leitão e Vera Fonseca que me aturaram durante sete anos. Mais do que colegas são minhas amigas. Lutaram a meu lado para que conseguisse conciliar o trabalho e os estudos em simultâneo. Palavras não chegam para agradecer o que fizeram por mim durante todo este tempo. Eternamente agradecido a vocês.

Ao Vítor Neves, André Barata, Ricardo Alves, Diogo Marchão, à Tatiana por ter esperado uma hora e meia e a todos os restantes amigos e família que de alguma forma contribuíram para o meu sucesso escolar e profissional.



## Resumo

---

O quadro elétrico é a componente mais importante do sistema elétrico, de uma habitação, onde se localizam todas as proteções dos circuitos a jusante. Sendo esta componente vital para a segurança, quer de equipamentos quer de pessoas, é necessário despende algum tempo na sua elaboração. Existem algumas regras que se devem obedecer no seu desenvolvimento porém o resultado final dependerá, na maioria, das escolhas feitas por quem projetar o quadro. Estas escolhas recaem sobre exigências dos promotores e empreiteiros da habitação, estas notam-se ainda mais em moradias, e opções do projetista. Com o intuito de reduzir os custos do quadro elétrico abdica-se, por vezes, de uma melhor seletividade.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação permitiu propor um quadro elétrico tipo para apartamentos. Esta proposta permite que estes passem a existir em distribuidores e fabricantes reduzindo assim o tempo de instalação do quadro na obra..

Para chegar ao quadro elétrico tipo foram realizadas três análises estatísticas, primeiro a habitações geradas aleatoriamente para testar os métodos e depois aos vários edifícios presentes na amostra. Numa segunda fase verificou-se quais os circuitos que apareciam em mais do que 50% da amostra para cada tipologia e gama por forma a saber quais deveriam integrar o quadro elétrico tipo. Para possibilitar a expansão da instalação foram colocadas reservas, num

total de 20% calculado sobre o total de circuitos de iluminação e tomadas de uso geral, deixando assim de fora cargas específicas.

**Palavras-chave:** Quadro Elétrico Tipo, poupança, proteções.

---

# Abstract

---

The panel board is the most important component on the electrical system of a house. There is where the protections of the circuits downstream are. Being this a vital component to safety, either for equipment or individuals, it's necessary to spend some time in its elaboration. There are some regulations that must be obeyed. However, the final result will depend on the designer choices. Those focus on the house owner's demands and the designer knowledge. Usually, to reduce the price the number of protections is lower compromising the installation's safety.

In this dissertation was developed a standard panel board. This can save money and material reducing the time of its fabrication. This provides the opportunity to have them in inventory on a warehouse decreasing the time spent on the construction of a house. On the development of the final standard panel board was consider to use more protections.

To get to the final panel board there were made three statistics analysis, first applied to some building generated randomly to test these analysis and then to a sample of real buildings. On a second phase, to know what circuits should be in this final version, those which were in more than 50% of the sample where chosen. To improve the installations future expansion was consider leaving some reserves. Those are 20% of the total of illumination and power outlet circuits.

**Keywords:** standard panel board, savings, protections.

---

# Conteúdo

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Motivação e Objetivos .....</i>	1
1.2. <i>Organização da Dissertação .....</i>	2
1.3. <i>Principais Contribuições .....</i>	2
<b>2. QUADROS ELÉTRICOS .....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Funções.....</i>	6
2.2. <i>Proteções a serem asseguradas.....</i>	6
2.2.1. Efeitos da corrente elétrica no corpo humano .....	6
2.2.1.1. Proteção contra contatos indiretos.....	8
2.2.2. Proteção contra sobreintensidades.....	8
2.2.2.1. Proteção contra curto-circuitos .....	8
2.2.2.2. Proteção contra sobrecargas.....	9
2.2.3. Seletividade.....	9
2.3. <i>Equipamentos .....</i>	9
2.3.1. Interruptor Geral.....	10
2.3.2. Sinalizador de Tensão .....	10
2.3.3. Disjuntor magneto-térmico.....	10
2.3.4. Disjuntor Diferencial.....	10
2.3.5. Interruptor Diferencial .....	11
2.4. <i>Quadro elétrico tipo .....</i>	11
2.4.1. Gama Alta.....	11
2.4.2. Gama Média.....	12
2.4.3. Gama Baixa.....	12
<b>3. ESPECIFICAÇÃO DE Q.E. ....</b>	<b>13</b>

3.1.	<i>Especificação inicial de Q.E.</i> .....	13
3.1.1.	Dimensionamento Empírico .....	13
3.1.2.	Dimensionamento Estatístico .....	14
3.1.2.1.	Centro de Massa.....	14
3.1.2.2.	Média .....	15
3.1.2.3.	Clustering.....	16
3.1.3.	Aplicação à amostra simulada.....	18
3.1.3.1.	Caracterização da amostra simulada .....	19
3.1.3.2.	Análise de centro de massa.....	19
3.1.3.3.	Análise média.....	22
3.1.3.4.	Análise <i>clustering</i> .....	23
3.1.3.5.	Análise comparativa.....	27
3.1.4.	Aplicação à amostra real.....	28
3.1.4.1.	Caracterização da amostra real.....	28
3.1.4.2.	Análise centro de massa.....	32
3.1.4.3.	Análise <i>clustering</i> .....	33
3.1.4.4.	Análise comparativa.....	36
3.2.	<i>Especificação dos circuitos do Q.E.</i> .....	38
3.2.1.	Análise aos Circuitos de Cozinha.....	39
3.2.2.	Método criado para escolher circuitos.....	44
3.2.3.	Quadro obtido .....	45
3.2.4.	Otimização do Quadro.....	45
3.2.5.	Comparação de resultados .....	48
3.2.6.	Análise Económica.....	50
3.2.7.	Composição do QE Tipo.....	52
3.2.7.1.	Classe 1.....	52
3.2.7.2.	Expansão para Classe 2 .....	53
3.2.7.3.	Expansão para Classe 3.....	54
3.2.7.4.	Expansão para Classe 4.....	54
3.3.	<i>Aplicação Geradora de Quadro Elétrico Tipo</i> .....	55
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
4.1.	<i>Síntese do Trabalho</i> .....	57
4.2.	<i>Trabalho Futuro</i> .....	58
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXO I</b> .....	<b>61</b>
	<i>Q.E. Classe 1</i> .....	62
	<i>Q.E. Classe 2</i> .....	63
	<i>Q.E. Classe 3</i> .....	64
	<i>Q.E. Classe 4</i> .....	65
<b>7.</b>	<b>ANEXO II</b> .....	<b>67</b>
	<i>Preço Unitário Equipamentos</i> .....	68

## Lista de Figuras

FIGURA 2.1 – ZONAS DE EFEITO DA CORRENTE ELÉTRICA NO CORPO HUMANO (ADAPTADO DE [8]).....	7
FIGURA 2.2 – COORDENAÇÃO DE CORRENTES PARA PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS (ADAPTADO DE [11]).....	9
FIGURA 3.1 – CENTRO OTIMIZADOS DA ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA O EXEMPLO DADO.....	18
FIGURA 3.2 – ANÁLISE CENTRO DE MASSA GAMA ALTA.....	20
FIGURA 3.3 – ANÁLISE CENTRO DE MASSA GAMA MÉDIA .....	21
FIGURA 3.4 – ANÁLISE CENTRO DE MASSA GAMA BAIXA .....	21
FIGURA 3.5 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T1, COM CENTRO APROXIMADO .....	23
FIGURA 3.6 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T1, COM CENTRO OTIMIZADO.....	23
FIGURA 3.7 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T2, COM CENTRO APROXIMADO .....	24
FIGURA 3.8 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T2, COM CENTRO OTIMIZADO.....	24
FIGURA 3.9 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T3 COM CENTRO APROXIMADO .....	25
FIGURA 3.10 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T3, COM CENTRO OTIMIZADO .....	25
FIGURA 3.11 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T4, COM CENTRO APROXIMADO.....	26
FIGURA 3.12 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> PARA T4, COM CENTRO OTIMIZADO .....	26
FIGURA 3.13 – TOTAL DE CIRCUITOS POR EDIFÍCIO COM TIPOLOGIA T1 .....	29
FIGURA 3.14 – TOTAL DE CIRCUITOS POR EDIFÍCIO COM TIPOLOGIA T2 .....	30
FIGURA 3.15 – TOTAL DE CIRCUITOS POR EDIFÍCIO COM TIPOLOGIA T3 .....	30
FIGURA 3.16 – TOTAL DE CIRCUITOS POR EDIFÍCIO COM TIPOLOGIA T4 .....	31
FIGURA 3.17 – ANÁLISE CENTRO DE MASSA GAMA ALTA .....	32
FIGURA 3.18 – ANÁLISE CENTRO DE MASSA GAMA MÉDIA/BAIXA .....	32
FIGURA 3.19 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> T1 AMOSTRA REAL.....	34
FIGURA 3.20 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> T2 AMOSTRA REAL.....	34
FIGURA 3.21 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> T3 AMOSTRA REAL.....	35
FIGURA 3.22 – ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> T4 AMOSTRA REAL.....	35
FIGURA 3.23 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO NÚMERO DE CIRCUITOS EM T1 .....	40
FIGURA 3.24 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO NÚMERO DE CIRCUITOS EM T2 .....	41
FIGURA 3.25 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO NÚMERO DE CIRCUITOS EM T3 .....	42
FIGURA 3.26 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO NÚMERO DE CIRCUITOS EM T4 .....	43

FIGURA 3.27 – FLUXOGRAMA DO MÉTODO DE ESCOLHA DE CIRCUITOS .....	44
FIGURA 3.28 – FLUXOGRAMA DO FUNCIONAMENTO DA APLICAÇÃO CRIADA.....	56



## Lista de Tabelas

TABELA 3.1 – DADOS PARA EXEMPLO DE ANÁLISE CENTRO DE MASSA (ADAPTADO DE [15]) .....	15
TABELA 3.2 – TOTAL DE INDIVÍDUOS, POR SEXO, EM 2007 .....	15
TABELA 3.3 – ANÁLISE AO VALOR MÉDIA DO EXEMPLO .....	16
TABELA 3.4 – DADOS PARA EXEMPLO DE <i>CLUSTERING</i> .....	17
TABELA 3.5 – CENTRO DE <i>CLUSTERS</i> APROXIMADOS.....	17
TABELA 3.6 – CENTRO DE <i>CLUSTERS</i> OTIMIZADOS .....	18
TABELA 3.7 – VALORES CONSIDERADOS TÍPICOS PARA ÁREA E NÚMERO DE CIRCUITOS .....	19
TABELA 3.8 – RESULTADOS DA ANÁLISE CENTRO DE MASSA COM AMOSTRA SIMULADA .....	22
TABELA 3.9 – RESULTADOS DA ANÁLISE AO VALOR MÉDIA DA AMOSTRA SIMULADA .....	22
TABELA 3.10 – RESULTADOS DA ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> COM CENTROS OTIMIZADOS COM AMOSTRA SIMULADA.....	27
TABELA 3.11 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> E CENTRO DE MASSA.....	27
TABELA 3.12 – CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS ESTUDADOS.....	28
TABELA 3.13 – CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS A APLICAR OS MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	31
TABELA 3.14 – RESULTADOS DA ANÁLISE CENTRO DE MASSA COM AMOSTRA REAL .....	33
TABELA 3.15 – RESULTADOS DA ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> COM CENTROS OTIMIZADOS COM AMOSTRA REAL.....	36
TABELA 3.16 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS ANÁLISE CENTRO DE MASSA .....	36
TABELA 3.17 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> .....	37
TABELA 3.18 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE <i>CLUSTERING</i> E CENTRO DE MASSA.....	38
TABELA 3.19 – CIRCUITOS DE COZINHA POR EDIFÍCIO EM TIPOLOGIA T1.....	39
TABELA 3.20 – CIRCUITOS DE COZINHA POR EDIFÍCIO EM TIPOLOGIA T2.....	40
TABELA 3.21 – CIRCUITOS DE COZINHA POR EDIFÍCIO EM TIPOLOGIA T3.....	41
TABELA 3.22 – CIRCUITOS DE COZINHA POR EDIFÍCIO EM TIPOLOGIA T4.....	42
TABELA 3.23 – TOTAL DE CIRCUITOS POR TIPOLOGIA APÓS UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DO CAPÍTULO 3.2.2 .....	45
TABELA 3.24 – QUADRO TIPO OTIMIZADO PARA GAMA BAIXA .....	46
TABELA 3.25 – QUADRO TIPO OTIMIZADO PARA GAMA MÉDIA .....	47
TABELA 3.26 – QUADRO TIPO OTIMIZADO PARA GAMA ALTA.....	47
TABELA 3.27 – COMPARAÇÃO DO TOTAL DE CIRCUITOS DAS ANÁLISES E QE TIPO .....	49
TABELA 3.28 – ANÁLISE DE CUSTOS DO TIPO DE RESERVAS A INSTALAR .....	50

TABELA 3.29 – ANÁLISE AOS CUSTOS DE SEPARAR OS QUADROS POR CLASSES .....	51
TABELA 3.30 – CUSTO FINAL DOS QE TIPO .....	52
TABELA 7.1 – PREÇO UNITÁRIO DOS EQUIPAMENTOS .....	68

## Acrónimos

<b>Ali. B.S.</b>	Alimentação Bomba Solar
<b>ATI</b>	Armário Telecomunicações Individual
<b>AVAC</b>	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
<b>Cald. M.</b>	Caldeira Mural
<b>EE</b>	Estores Elétricos
<b>IE</b>	Instalação Elétrica
<b>MLL</b>	Máquina Lavar Loiça
<b>MLR</b>	Máquina Lavar Roupa
<b>MO</b>	Micro-ondas
<b>MSR</b>	Máquina Secar Roupa
<b>Pavi. R.</b>	Pavimento Radiante
<b>Placa V.</b>	Placa Vitrocerâmica
<b>QE</b>	Quadro Elétrico
<b>RE</b>	Reserva Equipada
<b>RNE</b>	Reserva Não Equipada
<b>RTIEBT</b>	Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão
<b>TUG</b>	Tomadas Uso Geral
<b>TUGC</b>	Tomadas Uso Geral Cozinha
<b>TUGWC</b>	Tomadas Uso Geral Casa de banho



# 1. Introdução

## 1.1. Motivação e Objetivos

Regra geral os quadros elétricos (QE) são construídos à medida das instalações levando assim mais tempo a estarem disponíveis para instalar no local. Este projeto surge de uma ideia para não só reduzir custos, com a possibilidade da criação de um novo segmento de negócio nesta área, como também dotar os QE de maior seletividade. O custo dos aparelhos constituintes deste leva a que por vezes seja deixada para segundo plano instalando apenas os que garantam o respeito das regras.

Uma instalação elétrica (IE) apresenta uma maior durabilidade, comodidade e conforto quanto mais fiável e completa for. Estas características garantem-se atribuindo a esta a capacidade de desempenhar mais funções e melhor for a capacidade de proteção. É difícil prever com total exatidão quais são os equipamentos que serão usados. Este projeto tem como objetivo ultrapassar esta dificuldade atribuindo ao QE uma vasta gama de circuitos que são usados atualmente na maioria das habitações, bem como a possibilidade de expandir a instalação. Dotar a instalação elétrica de reservas permite a expansão da mesma reduzindo assim a necessidade de obras para a instalação de mais circuitos e reduzir o uso de extensões para ligar mais equipamentos [1, 2].

De referir também que, em regra, os quadro são produzidos com um número específico de módulos, que dependendo dos casos podem ser poucos. Nesta situação é necessário adquirir um quadro maior, que pode ter um excesso de espaço, levando a um desperdício de material por ter demasiado espaço livre, ou adquirindo um quadro

feito à medida que cresce no valor e no tempo necessário para estar disponível. No entanto isto pode ser usado como fator para redução de custos ao encontrar um quadro que consiga desempenhar o mesmo papel nas tipologias estudadas sem grande desperdício.

## **1.2. Organização da Dissertação**

Esta dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos, são eles *Introdução, Quadros Elétricos, Especificação de QE e Conclusões* por esta ordem.

Neste primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema desta dissertação estabelecendo também os objetivos e principais contribuições da mesma.

O segundo capítulo pretende fazer uma contextualização do estado atual dos quadros elétricos, bem como alguns dos elementos que os compõem e que são parte integrante deste trabalho.

No terceiro capítulo são explicados e usados três métodos estatísticos por forma a avaliar um padrão para o número de circuitos a figurar no QE tipo proposto. Estes serão aplicados a amostras reais e simuladas por forma a ter um meio de comparação. Depois de saber quantos são os circuitos a figurar no quadro é necessário saber quais e para isso foi criado um método que permite saber quais as cargas específicas mais usadas nos quadros analisados. Por último é feita uma análise económica a várias opções tomadas no sentido de atingir o QE tipo de menor custo possível mas com mais seletividade e comodidade.

No quarto capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho realizado referindo as dificuldades encontradas. Neste capítulo também é feita uma abordagem ao trabalho futuro para o desenvolvimento do quadro tipo.

## **1.3. Principais Contribuições**

A principal contribuição desta dissertação é a proposta de um QE tipo que permita uma redução de custos e tempo de produção dos mesmos através da disponibilização de quadros tipo com circuitos e proteções predefinidos.

Estes quadros elétricos têm por bases estudos estatísticos realizados ao longo do desenvolvimento desta dissertação. Estes incidem em edifícios reais construídos em Portugal, Angola e Moçambique.

A existência de quadros tipo permite a redução de custos através da produção em massa diminuindo assim os custos dos aparelhos e a redução de tempo pois estes passam a estar disponíveis em fabricantes e distribuidores.





## 2. Quadros Elétricos

Segundo o ponto 801.1.1.4.1 das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) uma instalação elétrica tem de ter um quadro elétrico de entrada. O QE é um elemento de distribuição de energia elétrica. Este encontra-se dentro da habitação e serve de ponte de ligação entre a energia proveniente da rede de distribuição e os circuitos da casa [3, 4].

O primeiro elemento de proteção a ser encontrado é o limitador de potência da companhia que distribui a energia. Este limita a potência consumida no local mediante o valor contratado entre o cliente e o distribuidor de energia. A jusante existe um interruptor que permite o corte da totalidade da instalação. Depois do interruptor de corte geral encontram-se os dispositivos de proteção. Numa primeira fase encontram-se os que fornecem proteção diferencial. Esta proteção permite detetar correntes de fuga prejudiciais à instalação e seus utilizadores. Estes dispositivos geralmente agrupam vários dos elementos seguintes, os disjuntores. Estes conferem aos circuitos e cargas específicas proteção contra curto-circuitos [5, 6].

Existe também outro ponto do RTIEBT a ser tido em conta, o 801.1.1.4.4. Este indica que caso a instalação seja composta por mais que um piso ou outro edifício como uma garagem, estes locais devem possuir um quadro elétrico que desempenhe as funções do quadro principal nesse local. Assim deverá existir um circuito, protegido por um disjuntor, que alimente este quadro secundário e que permita o corte da alimentação do mesmo [4].

## **2.1. Funções**

Tem-se registado um aumento na quantidade de equipamentos que se encontram atualmente numa habitação. Perante esta situação foi também necessário melhorar a forma como uma instalação é protegida. Muitas vezes isto não acontece e em instalações mais antigas o aumento da carga não é acompanhado ao mesmo ritmo pelas proteções existentes.

A eletricidade confere um maior conforto nas habitações habilitando o funcionamento de vários equipamentos. Contudo também é muito perigosa. Quando uma IE não está bem dimensionada ou um equipamento não está bem protegido abre caminho à ocorrência de um acidente que pode levar à destruição do equipamento, à origem de um incêndio ou mesmo a ferimentos a quem entre em contacto com a mesma [7].

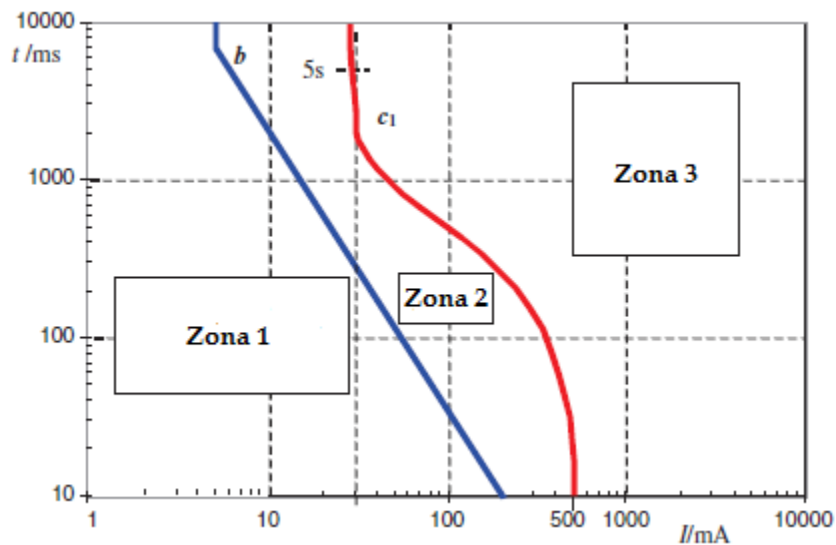
## **2.2. Proteções a serem asseguradas**

Uma instalação elétrica apresenta inúmeros riscos caso não seja bem estruturada. A segurança da mesma é bastante importante e como tal existem regulamentos internacionais e nacionais aos quais esta tem de obedecer. Antes de uma instalação elétrica ser aprovada, existe uma inspeção à mesma na qual são feitos vários testes às medidas de proteção e aos aparelhos que asseguram a mesma [8].

As medidas a serem tomadas face a estes riscos estão identificadas nas RTIEBT. Ao não serem tomadas as devidas precauções para evitar estes riscos, aumenta-se a probabilidade de acidentes, incêndios, destruição de bens e choque elétrico que pode levar à morte dos utilizadores da instalação [4].

### **2.2.1. Efeitos da corrente elétrica no corpo humano**

Quando em contacto com o corpo humano a corrente elétrica produz efeitos no mesmo que podem ir desde uma simples perceção até morte. Estes efeitos dependem da duração do contacto com a corrente e a intensidade da mesma. Na Figura 2.1 é possível ver as três principais zonas de efeitos da corrente com o tempo. Estas zonas são meramente estatísticas visto que os efeitos variam consoante o sexo a idade entre outros.



**Figura 2.1 - Zonas de efeito da corrente elétrica no corpo humano (adaptado de [8])**

Como é possível observar na Figura 2.1 até 5 mA não existe percepção da corrente. Desde este valor até ao limite azul da zona 1 já existe a percepção mas sem efeitos. A zona 2, em regra, não provoca danos mas quem entra em contacto com a fonte de corrente, seja um fio ou um aparelho, não a consegue largar. A zona três é a zona perigosa na qual quanto mais longe da curva  $c_1$ , vermelha, tanto em tempo como intensidade, maior é a probabilidade de provocar a morte da pessoa [5, 9].

O efeito da zona 2, de não poder largar o fio, deve-se ao efeito que aqueles valores de corrente têm nos músculos. Estes costumam ser usados para terapia em músculos pois provocam movimentos involuntários dos mesmos. Contudo, estes são os que levam a mão a fechar impedindo que se largue o fio. Como o músculo não responde ao movimento que se pretende, de largar, a pessoa poderá correr perigo caso esteja muito tempo sem haver interrupção da corrente [8].

Como referido, a zona 3 é a que provoca efeitos mais nefastos. Além do que já foi referido, o caminho que a corrente percorre no corpo pode aumentar ainda mais esses efeitos. Se esta passar diretamente pelo coração pode levar a entrar em fibrilação ventricular. Esta desregulação do ritmo do coração só pode ser revertida através de tratamento médico rápido, nomeadamente através da utilização de um desfibrilhador [8].

### **2.2.1.1. Proteção contra contatos indiretos**

Segundo as RTIEBT um contacto indireto ocorre quando existe um contacto com uma massa que esteja sob tensão devido a um defeito [4].

As medidas de proteção contra este tipo de contactos passam numa primeira fase pela utilização de ferramentas e equipamentos de proteção individuais isolantes durante o manuseamento ou contato com equipamentos ou partes ativas. Devem também ser usados equipamentos diferenciais que impeçam ou limitem a corrente de defeito que possa passar no corpo humano e que façam corte automático passado um determinado tempo depois do aparecimento do defeito [4].

### **2.2.2. Proteção contra sobreintensidades**

Uma sobreintensidade acontece quando um equipamento ou canalização é percorrida por uma intensidade de corrente superior à corrente admissível ou estipulada para os mesmos. Esta pode ter origem num curto-circuito ou numa sobrecarga. Esta proteção destina-se a evitar a fadiga dos equipamentos e instalações e reduzir a risco de acidentes provocados por estas situações e deverá ser assegurada por disjuntores magneto-térmicos [5, 10].

#### **2.2.2.1. Proteção contra curto-circuitos**

Um curto-circuito é uma sobreintensidade gerada pelo contacto entre dois condutores ativos, cuja impedância entre os mesmos é desprezável, a potenciais diferentes. Isto leva a um aumento muito grande da corrente que origina um grande aumento de calor provocando pequenas faíscas que originam incêndios.

As medidas de proteção passam por um corte automático do circuito quando existe uma sobreintensidade neste, que dependendo da sua duração, poderá comprometer a instalação. Deve-se também limitar o valor máximo desta intensidade para valores que, consoante a duração, se considerem seguros. [6]

### 2.2.2.2. Proteção contra sobrecargas

Este tipo de sobreintensidade ocorre quando a intensidade de corrente que passa num condutor é superior para a qual este foi projetado. Isto acontece quando são ligadas cargas excessivas. Para garantir que a canalização se encontra protegida contra sobrecargas os aparelhos de proteção têm de garantir que as seguintes condições, presentes na Figura 2.2, se verificam [6].

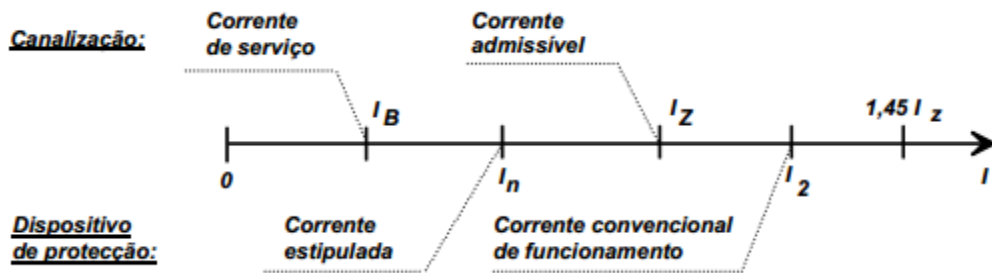


Figura 2.2 - Coordenação de correntes para proteção contra sobrecargas (adaptado de [11])

### 2.2.3. Seletividade

A seletividade numa IE é bastante importante e tem de ser tida em conta durante a escolha dos equipamentos de proteção. Esta consiste em diminuir o número de circuitos afetados quando existe um disparo de uma proteção. Este disparo dá-se quando existe um problema na instalação como por exemplo um curto-circuito [6, 12].

Para atingir uma boa seletividade, é preciso que os tempos de disparo dos aparelhos não se intercetem e que poder de corte e corrente diferencial têm de ser inferiores nos circuitos a jusante e irem aumentando até à primeira proteção do quadro. Por exemplo se a proteção diferencial para os circuitos de cozinha é de 30 mA, a proteção diferencial a montante desta terá de ser superior a este valor [6, 12].

Assim garante-se que só na zona do problema é que as proteções atuam evitando disparos dos equipamentos de proteção em zonas desnecessárias.

## 2.3. Equipamentos

Os aparelhos descritos neste subcapítulo são aqueles que asseguram a proteção da IE e de seus utilizadores. As suas características têm de ser dimensionadas por forma a garantir o bom funcionamento da instalação. Estes são colocados no interior do

QE e têm de respeitar uma ordem de ligação para evitar que atuem os elementos errados.

### **2.3.1. Interruptor Geral**

O interruptor geral é colocado no início do QE fazendo a ligação do mesmo com a rede permitindo cortar a alimentação, manualmente, a todos os circuitos a jusante.

### **2.3.2. Sinalizador de Tensão**

O sinalizador é colocado no QE e permite ao utilizador saber se o quadro está sob tensão através da indicação luminosa que este emite permitindo assim o manuseamento em segurança. Contudo, a lâmpada do mesmo deve ser verificada periodicamente, pois pode fundir dando assim uma informação errada.

### **2.3.3. Disjuntor magneto-térmico**

Os disjuntores são elementos presentes no QE que têm a capacidade de interromper correntes anormais automaticamente ou interromper o circuito manualmente. O corte automático depende de várias características como o tempo da ocorrência anormal ou do valor da corrente. Fornecem proteção contra sobrecargas e curto circuitos [10, 13].

### **2.3.4. Disjuntor Diferencial**

O disjuntor diferencial está preparado para detetar diferenças de corrente. Estas podem ter origem num equipamento com defeito. Uma pessoa ao tocar numa parte metálica deste equipamento estaria em contacto com a corrente elétrica fazendo esta percorrer o seu corpo, dependendo do valor desta e do tempo de exposição poderá levar a uma paragem cardíaca.

Para evitar a situação acima descrita, é usado um disjuntor diferencial que deteta essa corrente, chamada corrente de fuga, e se esta for superior à sensibilidade deste, o circuito é cortado automaticamente. Tal com o disjuntor magneto-térmico protege também contra curto circuitos e sobrecargas.

### **2.3.5. Interruptor Diferencial**

O interruptor diferencial tem a mesma capacidade que o disjuntor diferencial mas sem as características de um disjuntor. Estes são usados a montante dos disjuntores, logo a necessidade de terem a capacidade de fazer de disjuntor não é necessária pois esta já está assegurada pelos equipamentos de proteção a jusante.

A proteção diferencial divide-se em três tipos de sensibilidade, tanto para os interruptores como disjuntores diferenciais. Estes são o de alta sensibilidade com valores até 30mA para proteção de circuitos em locais húmidos ou de fácil acesso a crianças. Os de média sensibilidade de 30 mA a 500 mA que conferem mais proteção contra incêndios e por fim os de baixa sensibilidade com valores superiores a 500 mA conferem também proteção contra incêndios e regra geral não são usados em habitações [2].

## **2.4. Quadro elétrico tipo**

Os elementos descritos no subcapítulo anterior representam o interior de um QE. Apesar de ser difícil prever quais os circuitos que vão existir na habitação é possível ter uma ideia de como é, tipicamente, composto o quadro consoante a gama a que corresponde. Sabe-se que os de maior gama terão mais proteções em termos de interruptores diferenciais e também mais circuitos. Por outro lado, a gama baixa tipicamente tem menos proteção mas como se pretende que o resultado deste projeto contrarie este aspeto por ser de extrema importância, a proteção de bens e utilizadores, esta gama terá mais e melhor proteção.

As características dos quadros tipos de cada gama serão identificadas nos próximos pontos.

### **2.4.1. Gama Alta**

Um edifício de gama alta é caracterizado por ter mais luxo expressado em mais equipamentos, como aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) ou estores elétricos (EE), e com maior área que se traduz em mais pontos de tomadas e iluminação. Isto é refletido também em mais equipamentos de proteção.

Posto isto, um QE Tipo de uma habitação de gama alta é tipicamente composto por um interruptor geral seguindo da proteção diferencial assegurada por um inter-

ruptor diferencial para AVAC, um para circuitos de iluminação, EE e Armário Telecomunicações Individual (ATI), um para circuitos de casa de banho e os restantes circuitos podem estar separados em vários diferenciais. Por fim estes circuitos são protegidos por disjuntores individuais.

### **2.4.2. Gama Média**

A gama média apresenta mais equipamentos e circuitos específicos que a gama baixa mas menos luxo mas com pouca diferença em termos de área para a gama alta.

Assim, o QE tipo desta gama é tipicamente composto pelo interruptor geral com dois ou mais interruptores diferenciais, a jusante deste. Nesta gama geralmente existe mais seletividade que na gama baixa sendo que os circuitos de iluminação costumam estar num diferencial e os restantes circuitos divididos por um ou mais interruptores. Pode ainda existir um interruptor diferencial específico para os circuitos que se encontram em casas de banho.

### **2.4.3. Gama Baixa**

Considera-se um edifício de gama baixa um edifício que tem uma área de habitação reduzida e com reduzido número de equipamentos de proteção e poucos circuitos para cargas específicas.

O QE tipo desta gama geralmente é composto por um interruptor geral seguido de um ou dois interruptores diferenciais. Nesta gama a seletividade costuma ser pouca chegando mesmo a estarem todos os circuitos protegidos apenas por um diferencial.



## **3. Especificação de Q.E.**

A especificação do quadro elétrico divide-se em dois pontos. No primeiro sabe-se quantos são os circuitos que vão figurar em cada tipologia e gama. O segundo ponto serve para definir quais são esses circuitos.

### **3.1. Especificação inicial de Q.E.**

Esta especificação tem como objetivo encontrar o número de circuitos que são usados em cada tipologia. Existem dois tipos de dimensionamento que se irão complementar para produzir melhores conclusões. O primeiro, o empírico, é o que se usa tipicamente e menos preciso pois baseia-se em informações numa fase preliminar da construção da habitação. O segundo, o estatístico, pretende fazer uso de amostras reais tentando encontrar um padrão para o número de circuitos a figurar nos quadros.

#### **3.1.1. Dimensionamento Empírico**

No momento da conceção do QE quem o projeta tem acesso à planta da habitação onde poderão estar referidas algumas das cargas, como por exemplo uma máquina de lavar roupa (MLR) ou um forno, e alguma informação dada pelo empreiteiro da obra sobre a localização de alguma outra carga que queira. Porém, estas informações podem ser alteradas com o decorrer do projeto. Por outro lado, também não existe uma regra que indique quais ou quantos circuitos tem de ter uma habitação. Estes são sem-

pre definidos pelo projetista de acordo com algumas regras, tipo de habitação e requisitos do empreiteiro da mesma.

Segundo o RTIEBT, 801.5.3, um circuito final deverá no máximo ter oito pontos de utilização, isto é, um circuito de iluminação ou tomadas de uso geral (TUG) poderá ter até oito pontos de luz a seu encargo. Esta regra pretende evitar o excesso de equipamentos ligados a um circuito. Contudo, o uso abundante das extensões triplas contorna esta situação pondo em risco a instalação. É aconselhado um circuito distinto, para equipamentos especializados, de 16 A. Existem ainda algumas regras gerais que servem de ponto de partida para saber quantos pontos de iluminação ou de tomadas de se deve ter em cada compartimento.

### **3.1.2. Dimensionamento Estatístico**

O objetivo deste projeto é desenvolver um quadro tipo que seja possível aplicar a todos ou quase todos os apartamentos. Para tal pode-se recorrer a vários anos do uso do método empírico e através de três métodos de análise estatística encontrar um padrão para a quantidade de circuitos consoante a tipologia.

Os métodos usados serão a análise *clustering*, análise de centro de massa e análise de valor médio.

#### **3.1.2.1. Centro de Massa**

O cálculo do centro de massa permite encontrar o centro de um ou mais corpos mediante as suas características e massa. Para tal recorre-se à equação 3.1 [14].

$$C = \frac{\sum m_i X_i}{\sum m_i} \quad (3.1)$$

Neste caso o centro de massa é obtido através da divisão de dois somatórios, sendo o primeiro composto pelo produto da soma de todas as massas pela sua posição e o segundo o somatório de todas as massas. Como exemplo da aplicação deste método pretende-se calcular o centro de massa entre a Terra e a Lua. Assumindo que ambos estão sobre o mesmo eixo, estando a Terra na posição 0 desse referencial e a Lua a uma certa distância. A distância entre estes dois corpos e respetivas massas encontra-se na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 - Dados para exemplo de análise centro de massa (adaptado de [15])**

	Terra	Lua
Massa (kg)	$5.9726 * 10^{24}$	$0.07342 * 10^{24}$
Distância entre ambos (Km)	$3.8 * 10^5$	

Desenvolvendo a equação 3.1 com os dados acima referidos obtém-se a equação 3.2

$$C = \frac{0 + 0.07342 * 10^{24} * 3.8 * 10^5}{5.9726 * 10^{24} + 0.07342 * 10^{24}} \quad (3.2)$$

Assim o centro de massa deste destes dois corpos, presentes no mesmo referencial, encontra-se a 4617 km aproximadamente da posição 0 do referencial, ou seja do centro da Terra.

### 3.1.2.2. Média

A média consiste em somar todas as amostras e dividir pelo total de amostras. Usando a equação 3.3 obtém-se o valor médio de um conjunto de amostras.

$$M = \frac{\sum Xi}{n} \quad (3.3)$$

Para apresentar um exemplo da aplicação da média utiliza-se as amostras presentes na Tabela 3.2. Assim pretende-se saber o número médio de mulheres e homens nos países referenciados. Usando a equação 3.3 obtém-se os resultados presentes na Tabela 3.3 referentes ao valor médio de indivíduos de cada sexo.

**Tabela 3.2 - Total de indivíduos, por sexo, em 2007**

	Mulheres	Homens
Alemanha	41978643	40287729
Áustria	4261441	4039348
Bélgica	5422842	5202859
Bulgária	3871865	3673473
Chipre	391139	375986
Croácia	2236164	2076585

Dinamarca	2756774	2704664
Eslováquia	2762451	2612172
Eslovénia	1023566	986758

Tabela 3.3 - Análise ao valor média do exemplo

	Mulheres	Homens
Valor Médio	7189432	6884397

### 3.1.2.3. Clustering

Este tipo de análise permite, através de um grupo de amostras, colocar as mesmas em diferentes classes, através das semelhanças das suas características. Existem várias formas de fazer este tipo de análise [16].

Estas formas estão organizadas em dois grandes grupos, o hierárquico e o não-hierárquico. O primeiro parte de várias amostras e vai-as unindo em grupos até encontrar um só grupo enquanto o segundo inicia com a informação de quantos grupos se tem e divide as amostras por estes [16, 17].

O método escolhido foi o não-hierárquico com k-médias. A forma de funcionamento deste método é descrita de seguida. Inicialmente são atribuídos, pelo utilizador, os centros para os *clusters*. Estes indicam quantos serão os *clusters* e são escolhidos por visualização dos dados. Depois é calculada, recorrendo à equação 3.4, a distância de cada amostra para cada um dos centros e é selecionada a mais curta. Este procedimento é efetuado para todas as amostras e a distância mínima de cada é somada. No fim os centros são otimizados por forma a conseguir que a soma das distâncias seja o mínimo possível. Esta otimização passa pela utilização de uma ferramenta do Excel, o *solver*. Este vai alterar os valores dos centros de cada *cluster*, atribuídos inicialmente pelo utilizador, até que se encontre a distância mínima [17, 18].

$$d = \sqrt{(x - c1x)^2 + (y - c1y)^2} \quad (3.4)$$

Será apresentado um exemplo de seguida para demonstrar a aplicação do método de *clustering* recorrendo ao método exemplificado em [19].

A Tabela 3.4 contém os dados a serem aplicados neste exemplo. Estes referem-se a 14 amostras, geradas aleatoriamente, referentes a idades entre os 20 e 30 anos e número de viagens de avião entre 2 e 10.

**Tabela 3.4 - Dados para exemplo de *Clustering***

Nº de viagens de avião	2	10	10	10	7	3	6	3	10	9	9	3	5	7
Idade	20	22	30	20	23	20	27	23	28	24	26	25	20	20

Os valores presentes na Tabela 3.5 os centros de cada *cluster*, utilizados apenas como referência para o método. Estes serão otimizados mais à frente. Usado a equação 3.4 obtém-se a distância da primeira amostra ao centro do primeiro *cluster* nas coordenadas x e y. Usando como exemplo a primeira amostra da Tabela 3.4 para calcular a distância ao centro do primeiro *cluster* obtém-se a equação 3.5.

**Tabela 3.5 - Centro de *Clusters* aproximados**

Centro Cluster 1		Centro Cluster 2		Centro Cluster 3	
Idade	Nº de viagens de avião	Idade	Nº de viagens de avião	Idade	Nº de viagens de avião
20	4	25	7	30	10

$$d = \sqrt{(20 - 20)^2 + (2 - 4)^2} \quad (3.5)$$

Assim, a distância da primeira amostra ao *cluster* 1 é de 2. Este procedimento é feito, para cada amostra, três vezes, uma para cada *cluster*. Com as três distâncias calculadas escolhe-se a menor e soma-se à menor de todas as amostras.

Tabela 3.6 - Centro de *Clusters* otimizados

Centro <i>Cluster</i> 1		Centro <i>Cluster</i> 2		Centro <i>Cluster</i> 3	
Idade	Nº de viagens de avião	Idade	Nº de viagens de avião	Idade	Nº de viagens de avião
20,823	3,067	21,914	8,874	27,867	9,467

A Tabela 3.6 dispõe dos valores otimizados para a localização dos centros dos *clusters*. Comparando os centros aproximados e otimizados verifica-se que alguns pontos têm uma variação maior, significando que os que menos se alteram já se encontravam próximos do centro otimizado. Os dados deste exemplo podem ser consultados na Figura 3.1 para melhor visualização do processo de otimização dos centros de cada *cluster*.

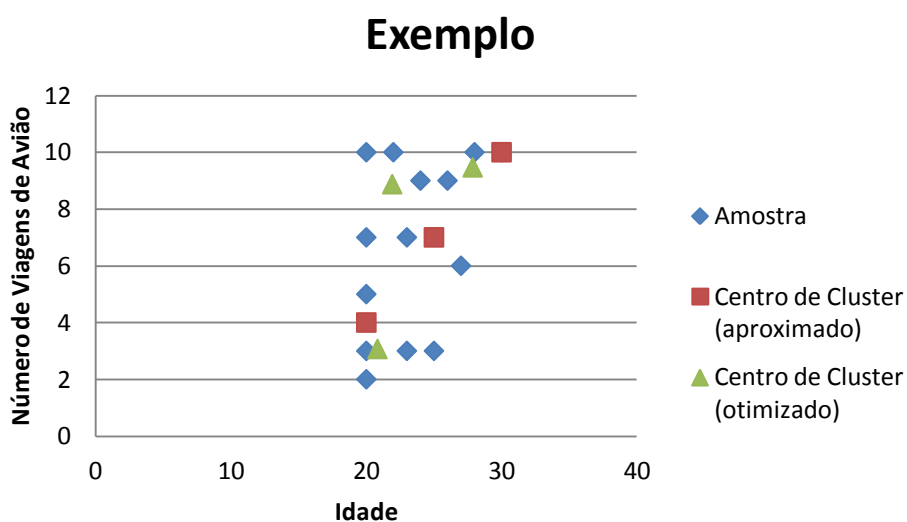


Figura 3.1 - Centro otimizados da análise *clustering* para o exemplo dado

### 3.1.3. Aplicação à amostra simulada

Neste subcapítulo são aplicados os métodos anteriormente referidos a amostras simuladas para posteriormente utilizar os seus resultados tanto como comparação com os valores reais bem como serem usados para a construção o quadro elétrico tipo proposto.

### 3.1.3.1. Caracterização da amostra simulada

Para testar os três métodos estatísticos foram criados edifícios com área e número de circuitos aleatórios. Estes foram gerados usando valores considerados típicos para os mesmos e com uma variação de 10%. Foram criados 30 edifícios para cada tipologia e gama, perfazendo um total de 240 amostras. Os valores aos quais foi aplicada a variação de 10% encontram-se na Tabela 3.7.

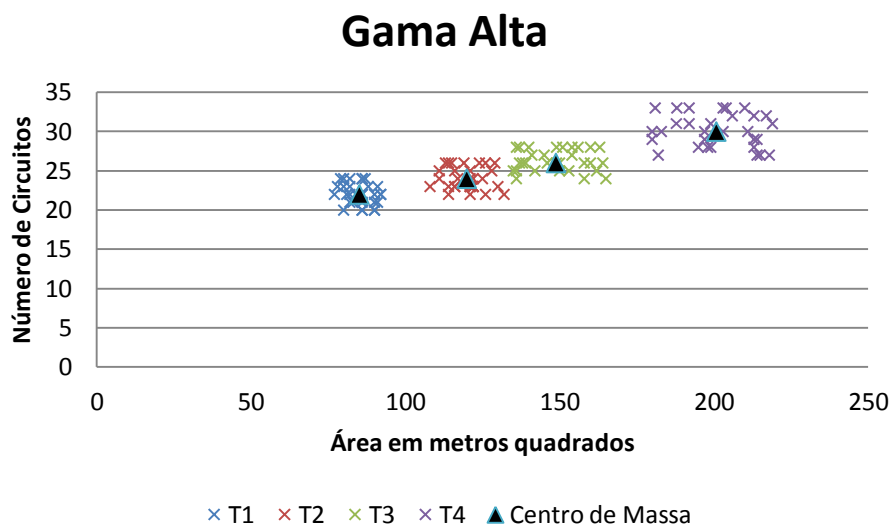
**Tabela 3.7 – Valores considerados típicos para área e número de circuitos**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	85	22	120	24	150	26	200	30
Gama Média	70	15	110	17	140	18	180	20
Gama Baixa	50	10	70	12	90	14	120	15

### 3.1.3.2. Análise de centro de massa

Como referido no subcapítulo 3.1.2.1 este método permite encontrar um valor para área e para número de circuitos que será considerado para a construção QE tipo. Porém, neste caso, visto que as amostras têm massa constante a equação do centro de massa é reduzida à equação 3.6.

$$C = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (3.6)$$



**Figura 3.2 - Análise centro de massa gama alta**

A Figura 3.2 apresenta a primeira análise feita às tipologias da gama alta. Facilmente são identificáveis logo dois *clusters*, referentes a T1 e T4. No primeiro caso nota-se que a nuvem de pontos está muito próxima, algo esperado visto que a área deste tipo de habitação não é muito grande. O contrário acontece no T4 em que os pontos se encontram mais dispersos pois existe uma maior variação nos valores da áreas e por consequência um maior número de circuitos. Os outros dois *clusters* estão mais próximos. Nestes dois casos, existem edifícios que, pelos dois parâmetros aqui analisados, são de uma tipologia mas poderiam pertencer à outra. Porém as diferentes tipologias estão relacionadas com o número de divisões em vez destes dois parâmetros.



Tal como na gama alta a gama média, representada na Figura 3.3, apresenta as mesmas características mas com uma redução visível no total de circuitos. Isto porque nesta gama, alguns equipamentos como AVAC não são tão comuns e o número de circuitos de TUG não é tão grande.

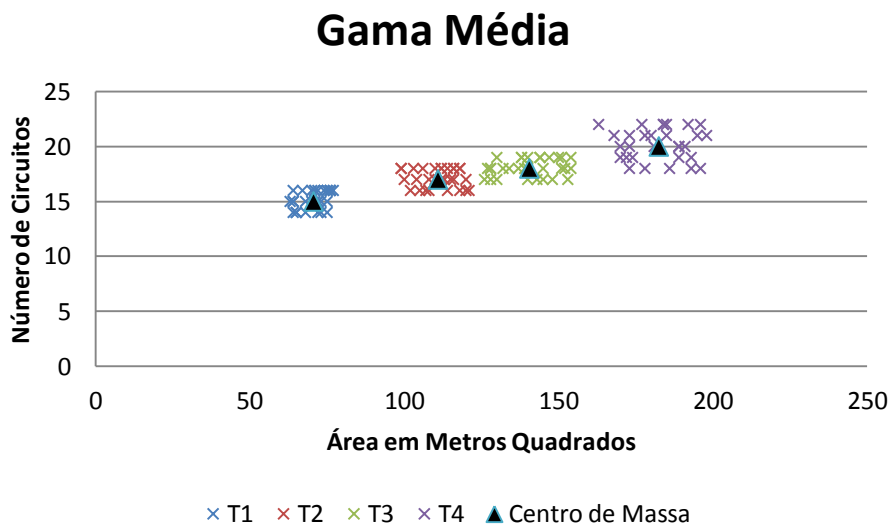


Figura 3.3 - Análise centro de massa gama média

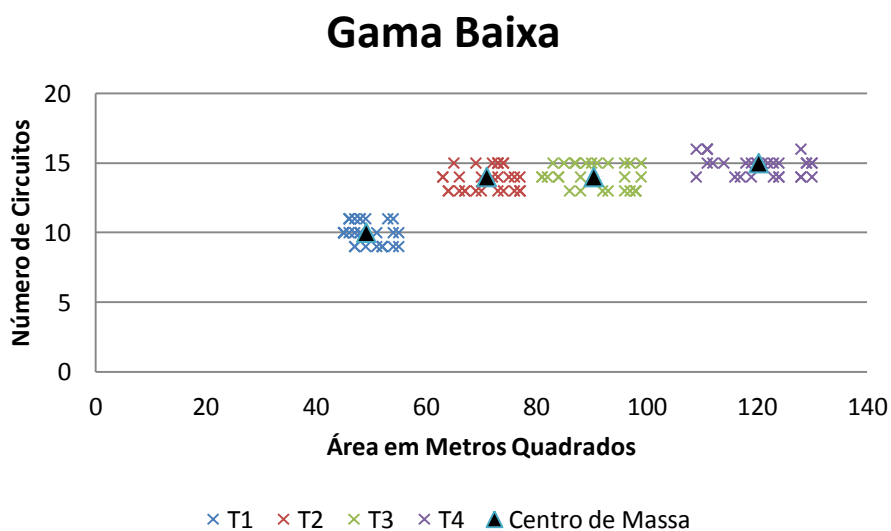


Figura 3.4 - Análise centro de massa gama baixa

A gama baixa (Figura 3.4) é a que apresenta valores mais semelhantes para T2 e T3. Nesta gama a quantidade de circuitos para cargas específicas é reduzido ou porque não existem ou a existir estão ligados a uma tomada normal. Daí que não exista uma grande variação no total de circuitos. Estes vão aumentando de uma tipologia para a outra através dos circuitos de iluminação e TUG.

A Tabela 3.8 permite comparar os resultados obtidos nesta análise. Tal como foi referido anteriormente em qualquer uma das gamas existe uma grande proximidade. Em termos de circuitos, entre T2 e T3 algo que será explorado mais tarde com vista a criar um quadro apenas para estas duas tipologias. Quanto à área, a diferença não é muito grande entre a gama alta e média mas em termos de circuitos a diferença já é assinalável. Algo que era esperado pois a gama alta dispõe não só de mais equipamentos como circuitos individuais para os mesmo para um melhor conforto.

**Tabela 3.8 – Resultados da análise centro de massa com amostra simulada**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	85	22	120	24	149	26	201	30
Gama Média	71	15	111	17	141	18	183	20
Gama Baixa	49	10	71	14	90	14	120	15

### 3.1.3.3. Análise média

Aplicando a equação 3.3 à amostra simulada os valores obtidos são idênticos aos da análise ao centro de massa como seria de esperar visto que a equação 3.6 é idêntica à usada no cálculo da média. Estes encontram-se na Tabela 3.9.

**Tabela 3.9 – Resultados da análise ao valor média da amostra simulada**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	85	22	120	24	149	26	201	30
Gama Média	71	15	111	17	141	18	183	20
Gama Baixa	49	10	71	14	90	14	120	15

### 3.1.3.4. Análise *clustering*

Inicialmente para cada tipologia foi indicado o centro de cada *cluster*, esta escolha foi feita sem recorrer a nenhuma ferramenta pois o objetivo aqui é dar ao método um ponto de partida.

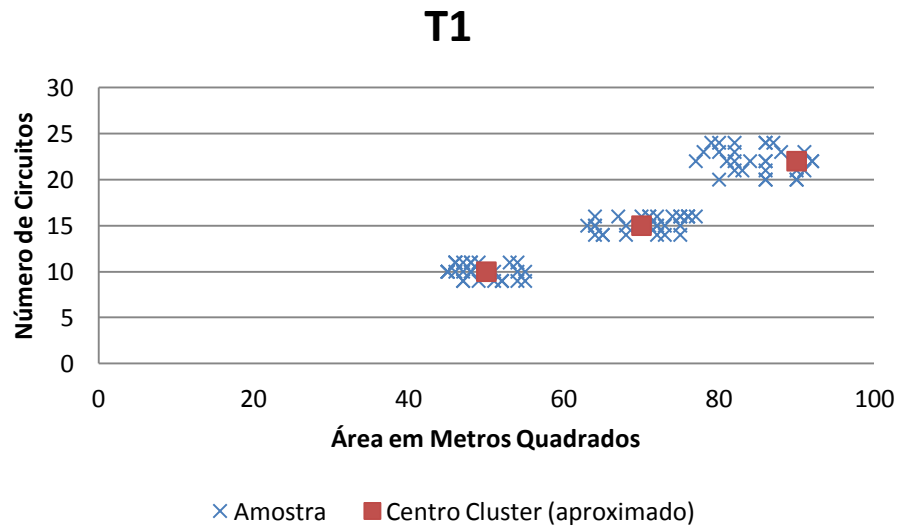


Figura 3.5 - Análise *Clustering* para T1, com centro aproximado

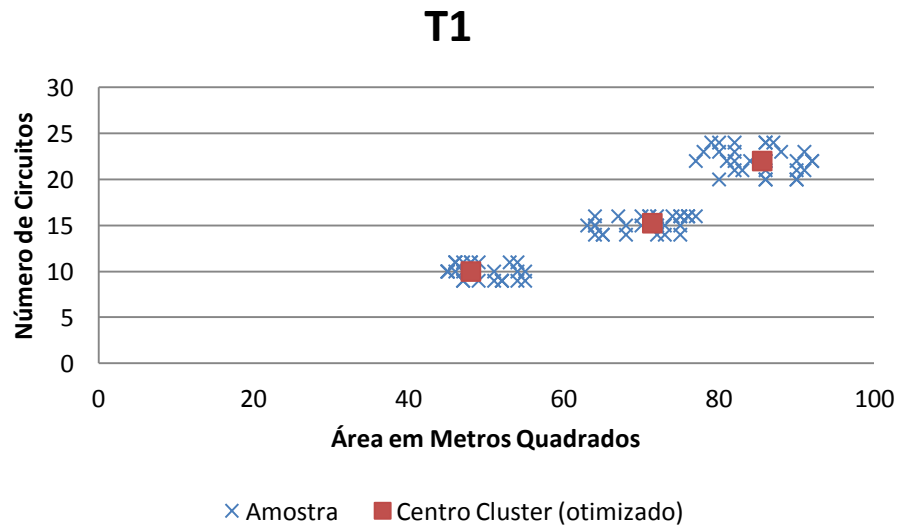


Figura 3.6 - Análise *Clustering* para T1, com centro otimizado

A Figura 3.5 e Figura 3.6 apresentam a aplicação do método à tipologia T1. Em ambos é possível identificar facilmente os três *clusters*. Os centros escolhidos inicialmente, na Figura 3.5, podem ou não coincidir com os otimizados. Após a otimização dos centros do *clusters* verifica-se que são um pouco diferentes do que foi indicado inicialmente.

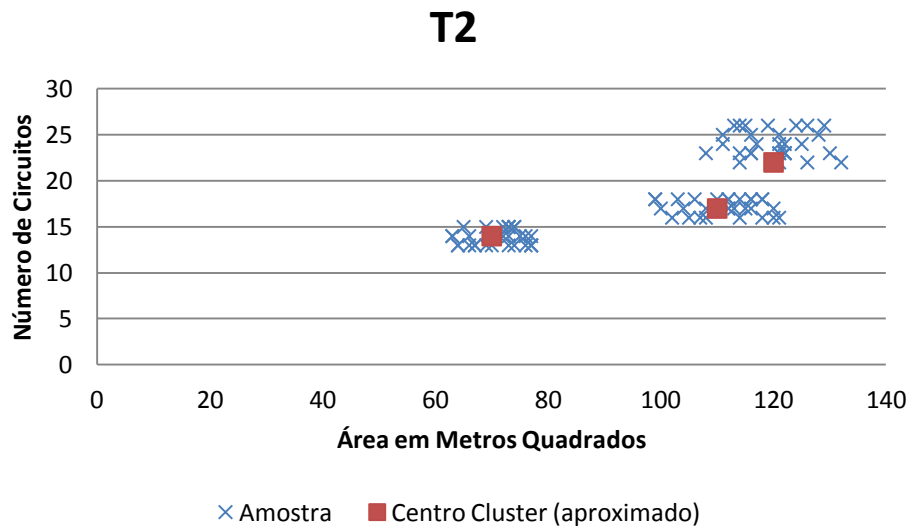


Figura 3.7 - Análise *Clustering* para T2, com centro aproximado

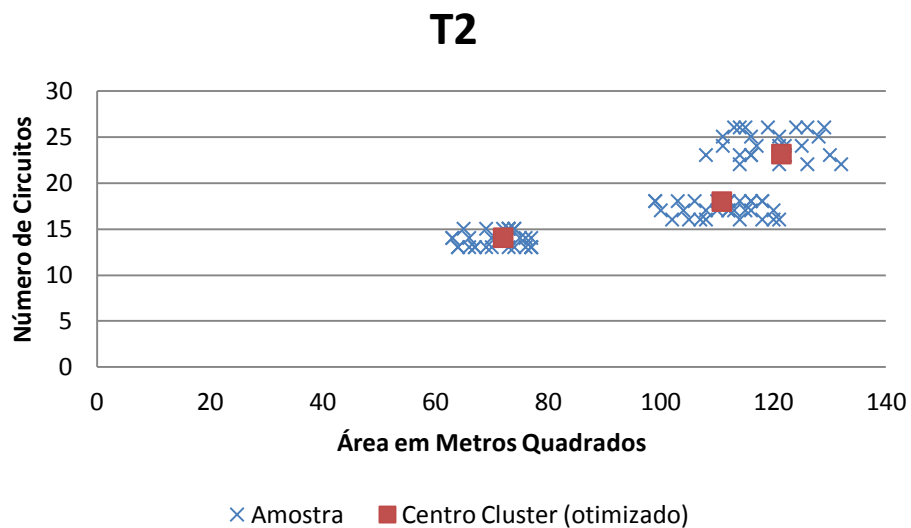


Figura 3.8 - Análise *Clustering* para T2, com centro otimizado

Na tipologia T2, representada pelas Figura 3.7 e Figura 3.8, verifica-se uma maior aproximação do centro da gama média e alta. Neste caso a variação das áreas não é tao grande como no caso anterior daí a maior proximidade das duas gamas.

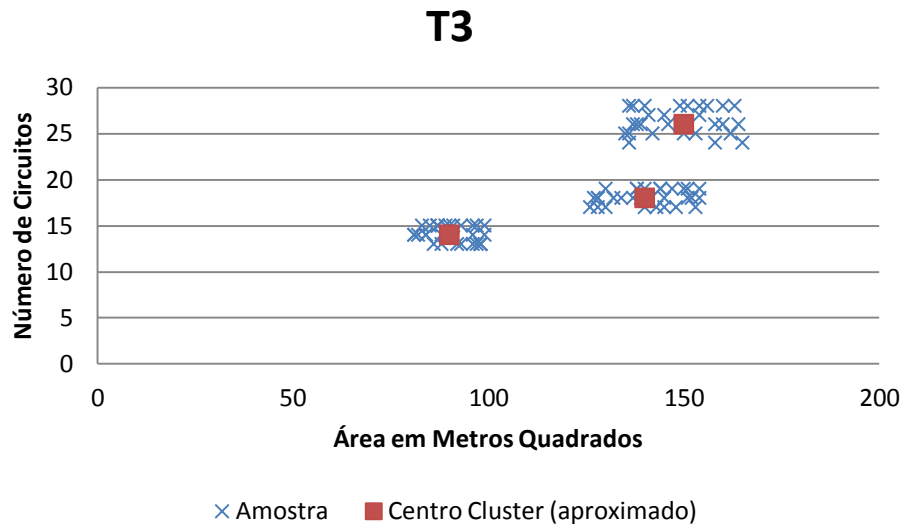


Figura 3.9 - Análise *Clustering* para T3 com centro aproximado

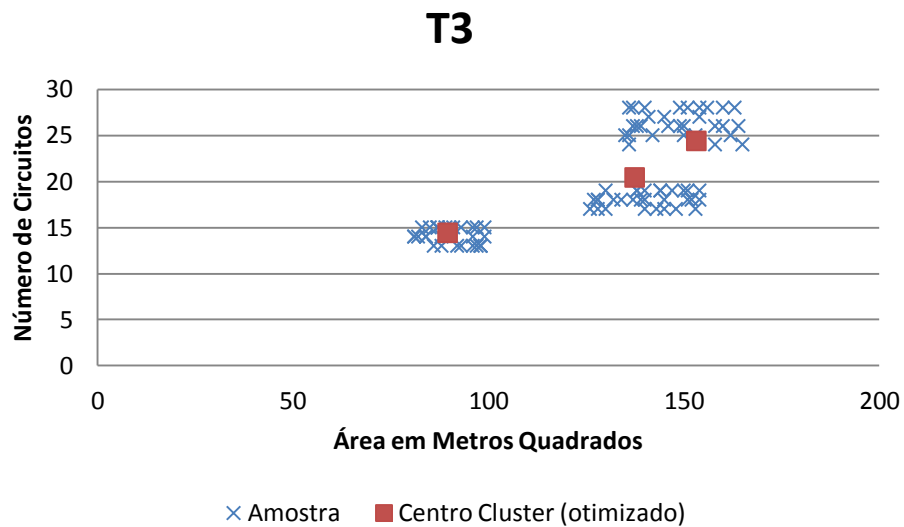


Figura 3.10 - Análise *Clustering* para T3, com centro otimizado

A Figura 3.9 e Figura 3.10 voltam a evidenciar a proximidade de áreas entre as duas gamas mais altas mas já é possível ver o número de circuitos da gama alta se está a distanciar da gama média, levando os seus centros a afastarem-se mais.

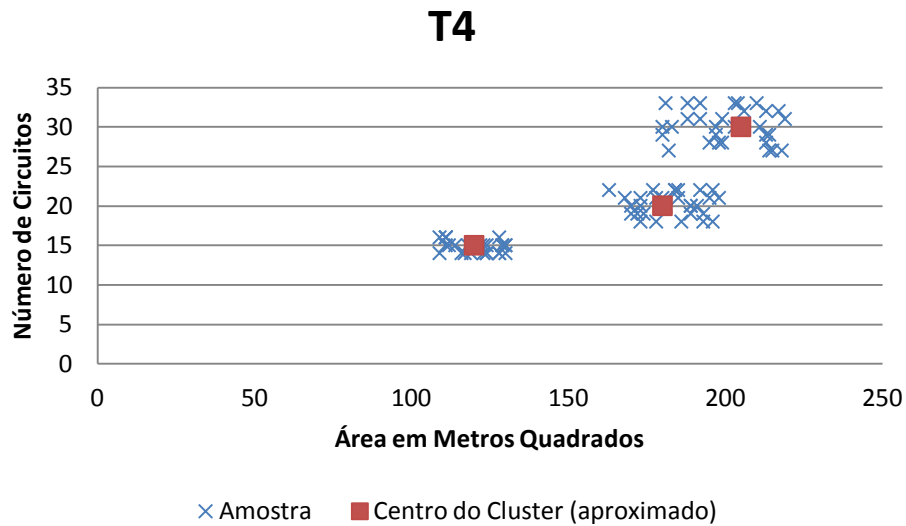


Figura 3.11 - Análise *Clustering* para T4, com centro aproximado

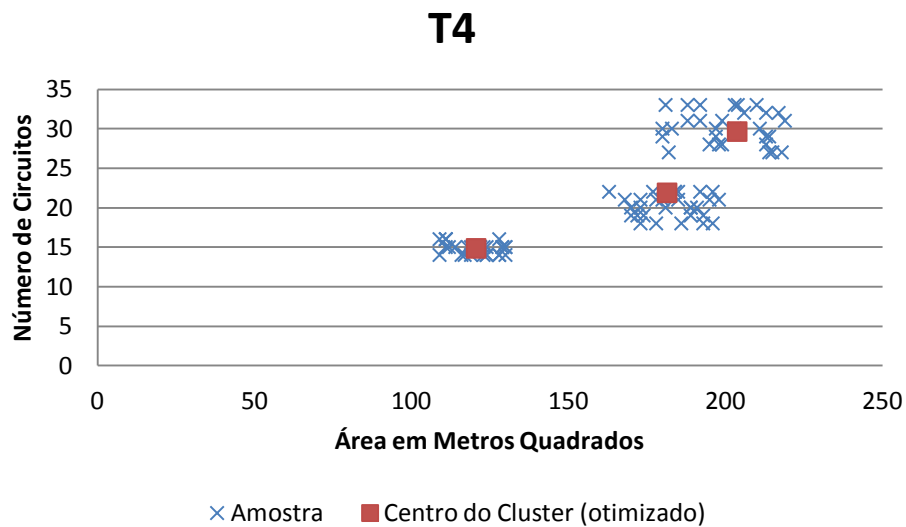


Figura 3.12 - Análise *Clustering* para T4, com centro otimizado

Nos T4, Figura 3.11 e Figura 3.12, o centro do cluster da gama alta, em termos de circuitos, encontra-se bastante mais alto evidenciando bem as diferenças, neste campo,

entres estas gamas. Por outro lado, verifica-se que entre T2 e T4 o número de circuitos da gama baixa estabiliza em torno do 15.

A Tabela 3.10 apresenta os resultados dos centros otimizados dos *clusters* e denota-se a existência uma grande proximidade entre algumas tipologias, especialmente entre T2 e T4 da gama baixa. Neste caso a diferença nas tipologias da gama alta é maior de T3 para T4 mas inferior nos restantes casos.

**Tabela 3.10 – Resultados da análise *clustering* com centros otimizados com amostra simulada**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	86	22	121	23	153	24	204	30
Gama Média	71	15	111	18	137	20	181	22
Gama Baixa	48	10	72	14	90	14	121	15

### 3.1.3.5. Análise comparativa

Neste subcapítulo pretende-se fazer uma comparação entre os resultados obtidos nas análises anteriores. A média não figura nesta comparação, pois apresenta resultados iguais ao centro de massa sendo assim desnecessária a sua inclusão. Na Tabela 3.11 os resultados da análise *clustering* estão identificados por 1 enquanto a análise centro de massa por 2.

**Tabela 3.11 – Comparação de resultados da análise *clustering* e centro de massa**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta (1)	86	22	121	23	153	24	204	30
Gama Alta (2)	85	22	120	24	149	26	201	30
Gama Média (1)	71	15	111	18	137	20	181	22
Gama Média (2)	71	15	111	17	141	18	183	20
Gama Baixa (1)	48	10	72	14	90	14	121	15
Gama Baixa (2)	49	10	71	14	90	14	120	15

Analisando a Tabela 3.11 verifica-se que, tanto em termos de área como de número de circuitos, os resultados obtidos são muito próximos em ambas as análises

sendo que no caso dos circuitos a diferença máxima é de 2. O facto de existirem tipologias com o mesmo número de circuitos permite que estas se agrupam diminuindo assim a quantidade de quadros finais.

### 3.1.4. Aplicação à amostra real

#### 3.1.4.1. Caracterização da amostra real

A amostra usada para este projeto consiste em 16 edifícios em Portugal, Angola e Moçambique. Na Tabela 3.12 encontra-se a informação sobre estes. A data de realização do projeto e a variedade de projetistas permite uma visão mais abrangente do que tem vindo a ser realizado neste campo.

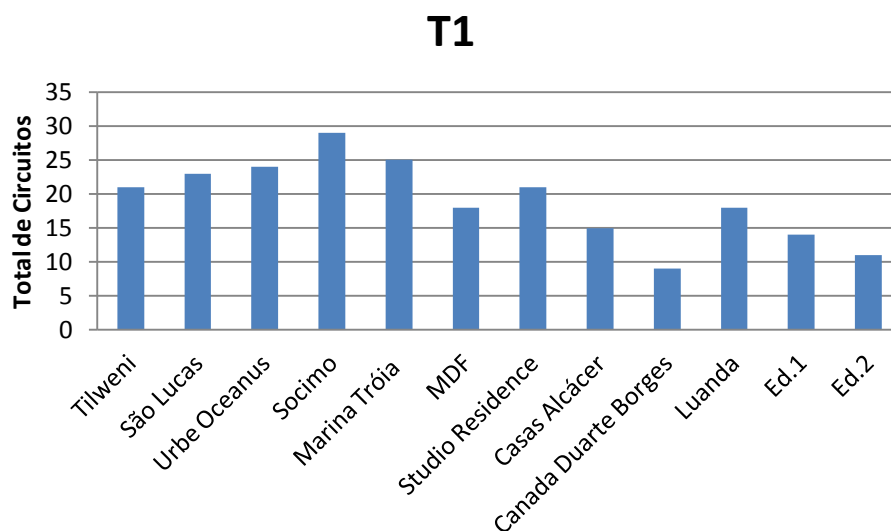
**Tabela 3.12 - Características dos edifícios estudados**

ID	Edifício	Localização	Tipologia	Gama	Projetista	Ano
1	Tilweni	Maputo	T1,T2,T3	Alta	GTO	2012
2	São Lucas	Madeira	T1,T2,T3	Alta	PEN	2006
3	Urbe Oceanus	Ponta Delgada	T1,T2	Alta	TRIEDE	2005
4	Socimo	Maputo	T1,T2,T3,T4	Alta	GTO	2013
5	Marina Troia	Troia	T1,T2	Alta	RISCO	2006
6	Efanor	Matosinhos	T3,T4,T5,T6	Alta		2007
7	Ed.3	Bragança	T2	Alta		2007
8	MDF	Porto	T2,T3,T4	Média/Baixa	F. Gomes	2006
9	Studio Residence	Lisboa	T0,T1	Média/Baixa	EPPE	2009
10	Casas Alcácer	Alcácer do Sal	T1,T2,T3	Média/Baixa	N.Maia	2009
11	Canada Duarte Borges	Ponta Delgada	T1,T2,T3	Média/Baixa	Fraústó & Comp.	2005
12	Luanda	Luanda	T1,T2	Média/Baixa	ProM&e	2014
13	Ed.1	Lisboa	T1,T2	Média/Baixa		2014
14	Ed.2	Lisboa	T1,T2	Média/Baixa		2014
15	Ed. Rua Viela	Sintra	T2,T3,T4	Média/Baixa	José Andrade	2000
16	Cabo da Vila	Lagoa	T2,T3	Média/Baixa	DMFP	2004



Para resolver alguma ambiguidade em circuitos que apresentavam duas cargas específicas e outras situações pontuais, foram realizadas as seguintes considerações:

- Nos edifícios onde apenas estavam identificados nos quadros circuitos de TUG, um desses foi substituído por um circuito de TUGC;
- O circuito de toalheiro foi substituído por um circuito extra de TUG;
- Circuitos que apresentem duas cargas específicas foram substituídos, para efeitos estatísticos, por um circuito referente à primeira carga referida. Por exemplo, um caso que apresente frigorífico e micro-ondas (MO) será considerando um circuito para frigorífico nessa tipologia. De seguida são apresentados os casos em que foi realizada esta substituição:
  - Ed. Rua Vilela – 1 circuito para Frigorífico/MO, 1 para placa vitrocerâmica (Placa V.) /forno, um inversor para máquina de secar roupa (MSR) /MLR;
  - Ed. Casas Alcácer – 1 circuito para Exaustor/Caldeira;
  - Ed. Luanda – 1 circuito para Frigorífico/Arca;
  - Ed. Canada Borges – 1 circuito para Fogão/Exaustor;
  - Ed. MDF – 1 circuito Forno/Placa V..



**Figura 3.13 – Total de circuitos por edifício com tipologia T1**

## T2

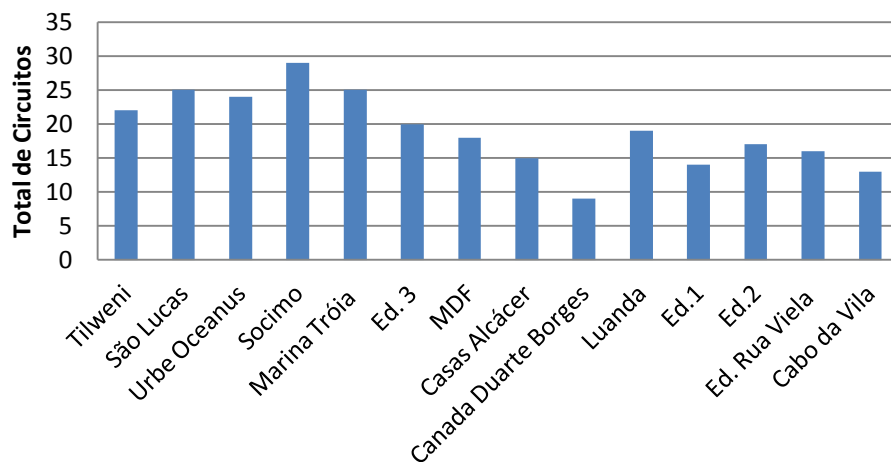


Figura 3.14 - Total de circuitos por edifício com tipologia T2

## T3

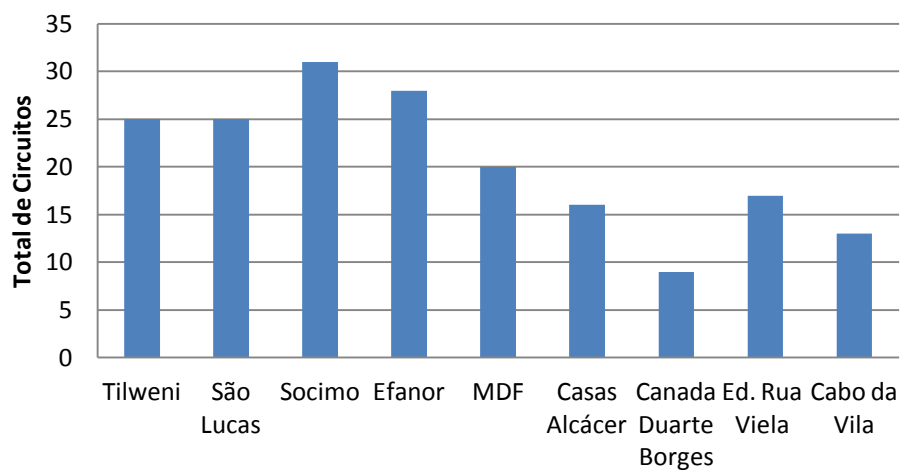
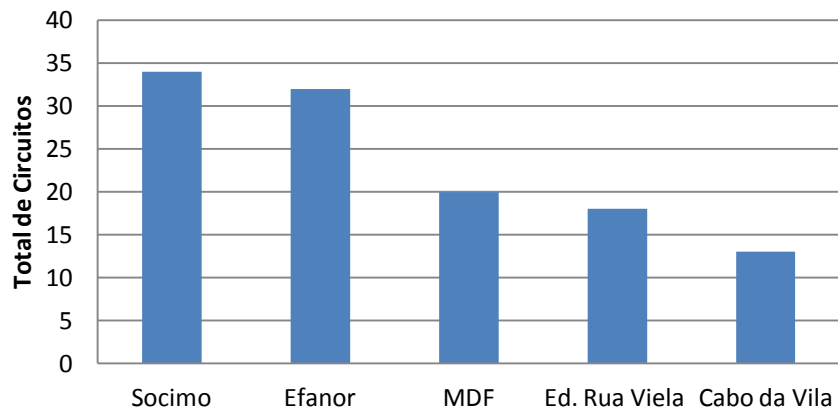


Figura 3.15 - Total de circuitos por edifício com tipologia T3

## T4



**Figura 3.16 - Total de circuitos por edifício com tipologia T4**

Pelas Figuras 3.13 a 3.16 verifica-se não só a diferença no total de circuitos entre a amostra bem como a diferença de circuitos da gama alta para as restantes. Contudo, não foi possível obter uma caracterização muito precisa neste campo. Como tal só foi possível dividir em duas gamas, a gama alta e média/baixa. Este facto tem de ser tido em conta quando forem aplicados os métodos estatísticos à amostra real.

Contudo, dos edifícios presentes na amostra real, apenas em alguns foi possível recolher dados referentes à área das habitações. Na Tabela 3.13 identificadas as amostras a serem usadas nos métodos estatísticos bem como as suas características.

**Tabela 3.13 - Características dos edifícios a aplicar os métodos estatísticos**

	T1		T2		T3		T4		Gama
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	
Socimo	87	29	114	29	145	31	221	34	Alta
Marina Tróia	76	25	109	25					Alta
Efanor					198	28			Alta
MDF	85	18	133	18	165	20	195	20	Média/Baixa
Casas Alcácer	112	15	149	15	176	16			Média/Baixa
Canada D. B.	42	9	61	9	67	9			Média/Baixa
Ed.2	58	11	121	17					Média/Baixa
Cabo da Vila					69	13	109	13	Média/Baixa

### 3.1.4.2. Análise centro de massa

Os resultados da aplicação da análise ao centro de massa com as amostras reais estão na Tabela 3.14. Na Figura 3.17 observa-se que para a gama alta facilmente se encontra o centro de massa visto que as amostras são poucas e estão relativamente próximas entre si em cada tipologia. Por outro lado a gama média/baixa, Figura 3.18, a dispersão das amostras para a mesma tipologia e o facto de estarem duas gamas juntas leva a que os centros de T2 e T3 estejam muito próximos e o número de circuitos para todas as tipologias seja praticamente idêntico.

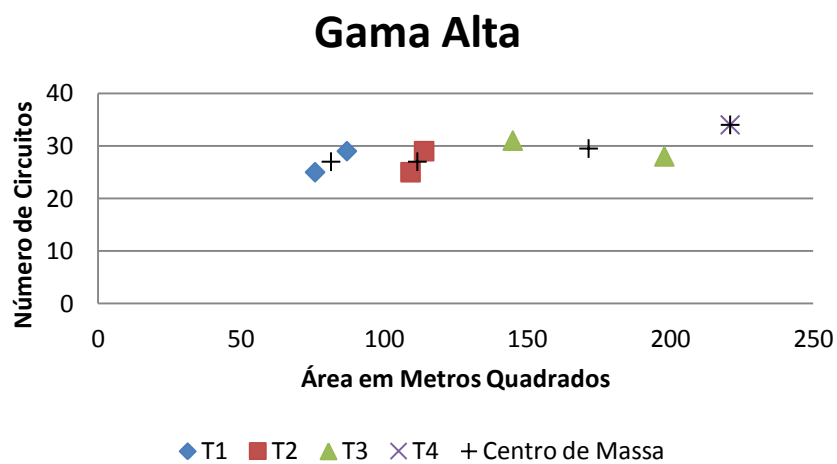


Figura 3.17 - Análise centro de massa gama alta

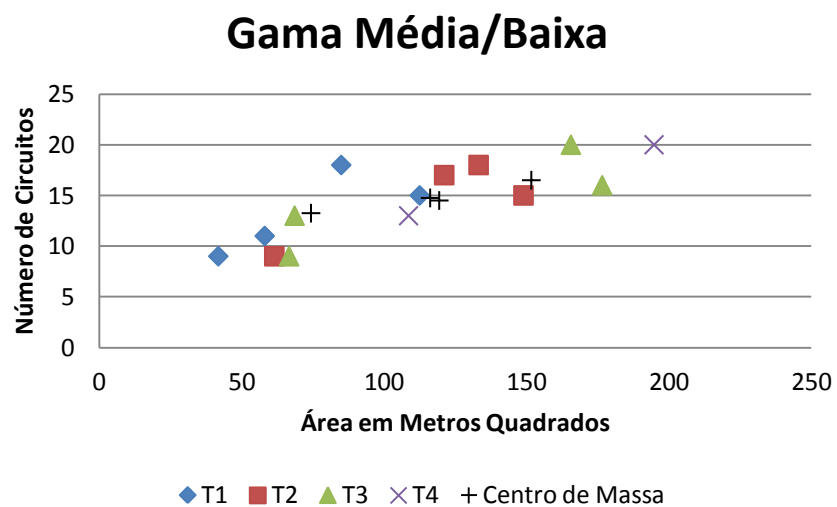


Figura 3.18 - Análise centro de massa gama média/baixa

**Tabela 3.14 – Resultados da análise centro de massa com amostra real**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	81	27	112	27	172	30	221	34
Gama Média/Baixa	74	13	116	15	119	15	152	17

Como foi mencionado no 3.1.4.1 não foi possível fazer uma caracterização muito detalhada da gama de alguns edifícios. Assim sendo, apenas existem duas gamas neste capítulo. A gama média/baixa tem números muito próximos em termos de total de circuitos nas quatro tipologias estudadas. Na gama alta o número de circuitos é muito mais elevado face à outra gama.

Comparando os resultados do cálculo do centro de massa entre as amostras reais e aleatórias, constata-se que o centro de massa da amostra real da gama média/baixa se encontra entre os valores das duas gamas separadas. Este é um bom indicador para conferir alguma veracidade aos centros de massa de ambas as gamas, apesar de ser uma amostra pequena.

O centro de massa da gama alta real apresenta valores um pouco superiores em todas as tipologias. Aqui não se podem tirar grandes conclusões pois o método falha. No caso do T4 só é analisada uma amostra o que impede ter resultados fidedignos neste campo.

### **3.1.4.3. Análise *clustering***

Tal como na análise *clustering* com amostras simuladas, também com a amostra real foram atribuídos centros, iniciais, aproximados. Para uma melhor comparação optou-se por usar esses mesmos valores com as amostras reais. Os resultados encontram-se na Tabela 3.15.

O facto de a amostra ser pequena e pouco consistente leva a que os centros aproximados, usados igualmente nas amostras simuladas, sejam um pouco diferentes dos otimizados. A Figura 3.19 apresenta os centros otimizados para a tipologia T1 e é possível observar que um dos centros está completamente afastado do centro aproximado. No caso do T2, Figura 3.20, as diferenças são ainda mais acentuadas.

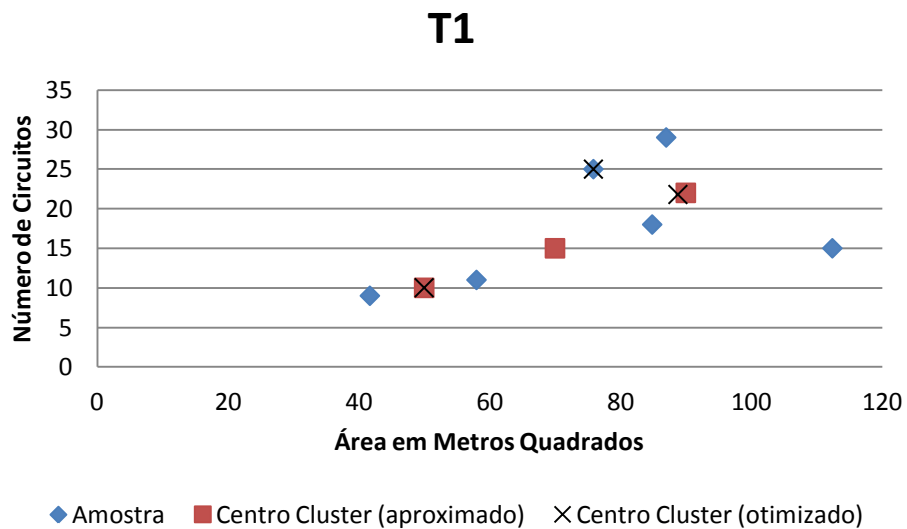


Figura 3.19 - Análise *Clustering* T1 amostra real

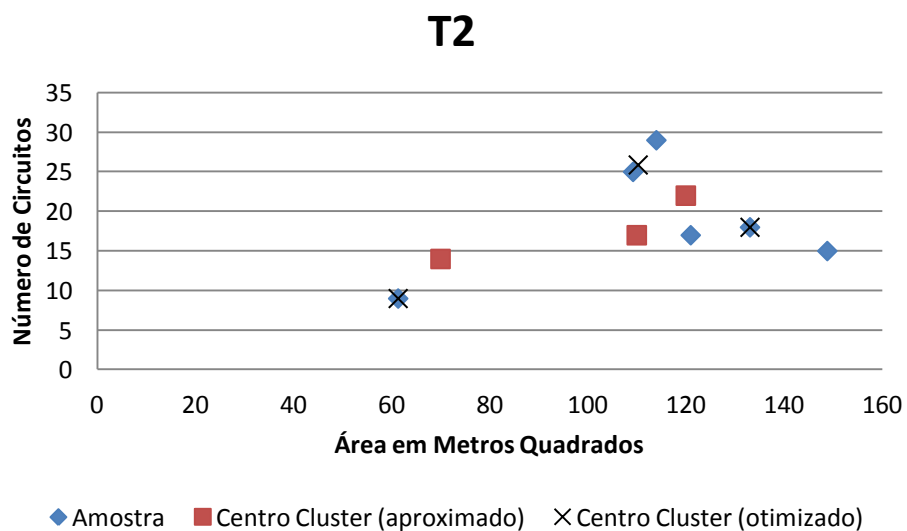


Figura 3.20 - Análise *Clustering* T2 amostra real

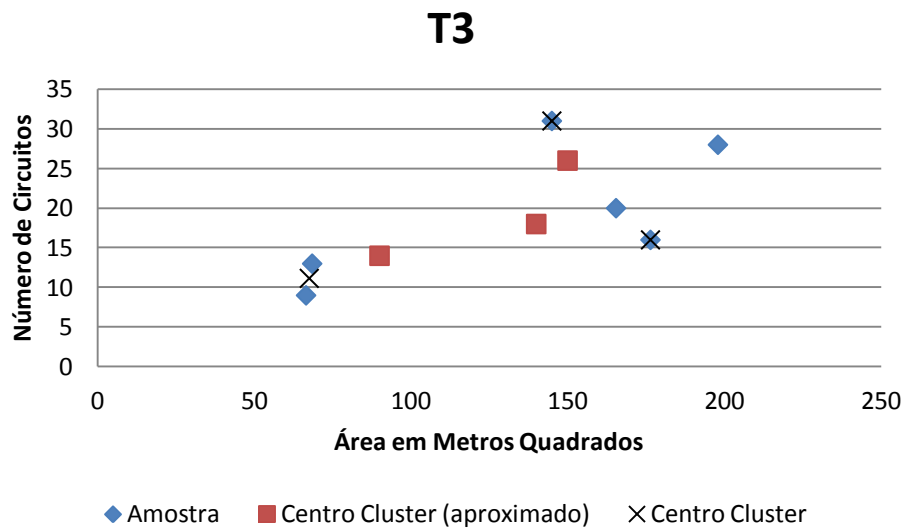


Figura 3.21 - Análise *Clustering* T3 amostra real

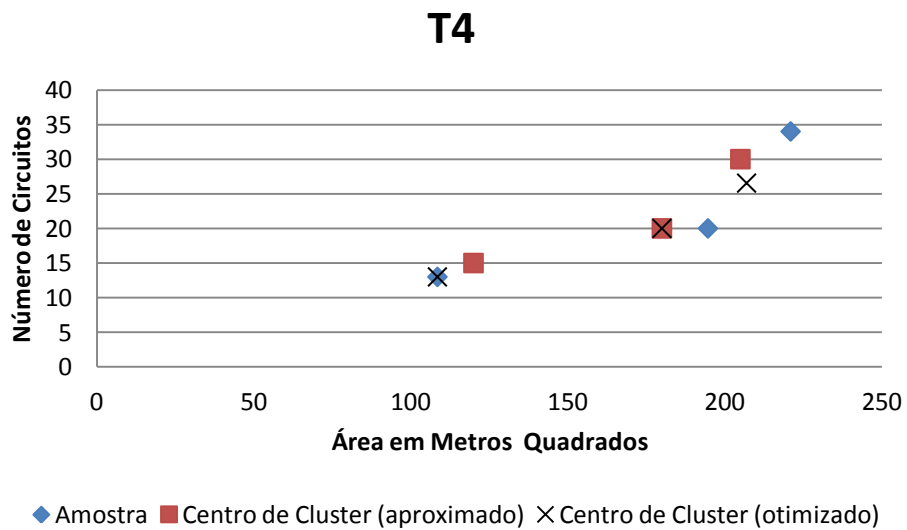


Figura 3.22 - Análise *Clustering* T4 amostra real

Observando a Figura 3.21 verifica-se que o *cluster* com mais circuitos, que deveria corresponder à gama alta, tem menor área que aquele que deveria corresponder à gama média. Na Figura 3.22 a amostra é tão reduzida que não é possível tirar nenhuma conclusão viável para este projeto.

**Tabela 3.15 – Resultados da análise *clustering* com centros otimizados com amostra real**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta	89	22	133	18	176	16	207	27
Gama Média	76	25	110	26	145	31	180	20
Gama Baixa	50	10	61	9	68	11	108	13

Tal como referido anteriormente denotam-se vários problemas na utilização desta amostra real. Pela Tabela 3.15, verifica-se que na gama média a tipologia T4 é a que tem menos circuitos e que a gama alta tem menos circuitos que a gama média. Conclui-se assim que para este método eram necessárias mais amostras para ter resultados mais fidedignos.

#### 3.1.4.4. Análise comparativa

Neste capítulo procede-se à comparação de resultados, dos vários métodos usados, com amostras reais e simuladas. Isto permite verificar se a amostra simulada produz resultados semelhantes aos da amostra real podendo assim tirar partido dessas conclusões.

**Tabela 3.16 – Comparação de resultados análise centro de massa**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta (simulada)	85	22	120	24	149	26	201	30
Gama Alta (real)	81	27	112	27	172	30	221	34
Gama Média (simulada)	71	15	111	17	141	18	183	20
Gama Média/Baixa (real)	74	13	116	15	119	15	152	17
Gama Baixa (simulada)	49	10	71	14	90	14	120	15

Na amostra real não foi possível diferenciar a gama média da baixa e na análise ao centro de massa os resultados são obtidos através das amostras de cada gama. Assim optou-se por colocar esta gama entre a gama média e baixa da amostra simulada para poder fazer uma comparação. Assim verifica-se, pela Tabela 3.16 que a amos-



tra real se encontra entre as duas referidas da amostra simulada. A única conclusão que se pode retirar é que estes edifícios se encaixariam numa destas gamas se fossem bem caracterizados ou seja, nenhum deles aparenta pertencer à gama alta.

A gama alta real tem um número de circuitos superior à simulada mas a reduzida amostra implica que estes resultados não sejam muito fidedignos. No caso de T4 apenas existe uma amostra nesta gama, logo o centro de massa será o valor da amostra. Estas conclusões são transversais aos resultados obtidos na análise do valor médio.

**Tabela 3.17 - Comparação de resultados análise *clustering***

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta (simulada)	86	22	121	23	153	24	204	30
Gama Alta (real)	89	22	133	18	176	16	207	27
Gama Média (simulada)	71	15	111	18	137	20	181	22
Gama Média (real)	76	25	110	26	145	31	180	20
Gama Baixa (simulada)	48	10	72	14	90	14	121	15
Gama Baixa (real)	50	10	61	9	68	11	108	13

Analisando a Tabela 3.17 encontra-se valores bastante diferentes entre a amostra simulada e real. O facto de os edifícios na amostra real serem poucos e terem valores pouco consistentes provoca esta inconsistência fazendo a análise falhar. Casos em que áreas de edifícios de gama alta são inferiores a edifícios de gamas inferiores e com número de circuitos bastante próximos entre algumas gamas provocam este tipo de situações como por exemplo, o T3 de gama média real ter mais circuitos que a mesma tipologia de gama média com amostra simulada e em ambos os casos de T4 na gama alta, algo pouco real. Esta análise, pelas suas características, permitiu que se diferenciase a gama média da baixa.

A Tabela 3.18 apresenta os valores obtidos com as análises estatísticas usando as amostras reais, sendo que 1 representa a análise *clustering* e 2 a análise centro de massa. Neste caso, ao contrário do que se concluiu com as amostras simuladas, os resultados são bastante diferentes. Usando o centro de massa, para a gama alta, o número de circuitos está acima da outra análise e em alguns casos acima daquilo que se considerou valores típicos. Os valores da gama média/baixa deveriam estar entre a gama média e baixa da análise *clustering* o que se verifica. Contudo como os valores da gama média para a primeira análise são mais elevados que o esperado, a distância entre estes e a gama média/baixa é demasiado elevada.

**Tabela 3.18 - Comparação de resultados da análise *clustering* e centro de massa**

	T1		T2		T3		T4	
	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos	Área	Circuitos
Gama Alta (1)	89	22	133	18	176	16	207	27
Gama Alta (2)	81	27	112	27	172	30	221	34
Gama Média (1)	76	25	110	26	145	31	180	20
Gama Média/Baixa (2)	74	13	116	15	119	15	152	17
Gama Baixa (1)	50	10	61	9	68	11	108	13

### **3.2. Especificação dos circuitos do Q.E.**

Neste ponto pretende-se definir os circuitos a serem usados. Para tal serão feitas algumas análises aos edifícios da amostra real, especialmente na cozinha onde normalmente se encontram mais cargas específicas. Os resultados obtidos podem carecer de um ajuste caso se encontrem situações não conformes com o que tem sido indicado até aqui, como por exemplo existirem cargas consideradas de luxo em edifícios de gama baixa.

### 3.2.1. Análise aos Circuitos de Cozinha

Sendo na cozinha, ou numa despensa adjacente, a divisão de uma habitação com um número mais elevado de cargas específicas (como por exemplo o frigorífico ou máquina de lavar roupa), optou-se por analisar esta secção em separado. Isto porque independentemente da tipologia da habitação estas cargas são mais consistentes, pelo menos as mais habituais. Para tal efetuou-se um levantamento das mesmas e comparou-se consoante a tipologia.

**Tabela 3.19 - Circuitos de cozinha por edifício em tipologia T1**

ID	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13	14
Cald. M.		1			1	1						
Esquentador									1			
Exaustor	1	1	1	1	1		1	1				
Fogão	1	1	1	1	1				1	1		
Forno	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Frigorífico	1	1	1	1	1		1			1		
MLL		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
MO				1			1			1		
MSR		1	1			1		1				
Placa V.						1	1	1		1	1	1
TUGC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Termoacumulador	1			1			1					
Total	7	9	8	9	7	7	9	7	5	8	5	5

A placa vitrocerâmica era um dos circuitos que se espera encontrar facilmente na gama mais alta. Contudo pela Tabela 3.19 verifica-se o oposto nesta amostra. Na gama alta não existe esse circuito mas está presente nas outras gamas. A Figura 3.23 demonstra que não existe grande diferença no total de circuitos, em média, entre as duas gamas. Isto torna-se bastante importante para a criação do quadro tipo.

## T1

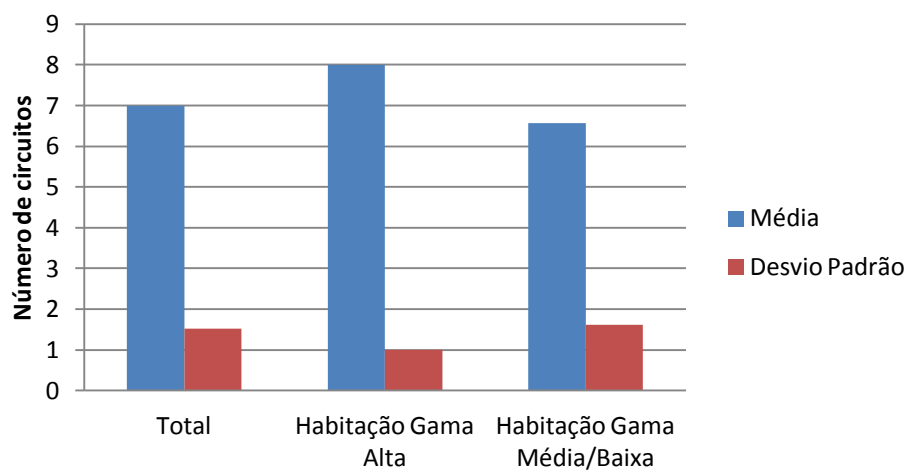


Figura 3.23 - Média e desvio padrão do número de circuitos em T1

Tabela 3.20 - Circuitos de cozinha por edifício em tipologia T2

ID	1	2	3	4	5	6	8	10	11	12	13	14	15	16
Cald. M.		1			1	1	1						1	
Esquentador									1					
Exaustor	1	1	1	1	1			1						1
Fogão	1	1	1	1	1				1	1			1	
Forno	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		
Frigorífico	1	1	1	1	1					1			1	
MLL		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
MO				1						1				
MSR		1	1				1	1						
Placa V.						1	1	1		1	1	1		
TUGC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Termoacumulador	1			1						1				
Total	7	9	8	9	7	6	7	7	5	9	5	5	6	4

Novamente, através da Figura 3.24, nota-se que não existe grande diferença entre as gamas. Em termos de cargas específicas, ao comparar a Tabela 3.19 com Tabela 3.20, não se denotam grandes diferenças.

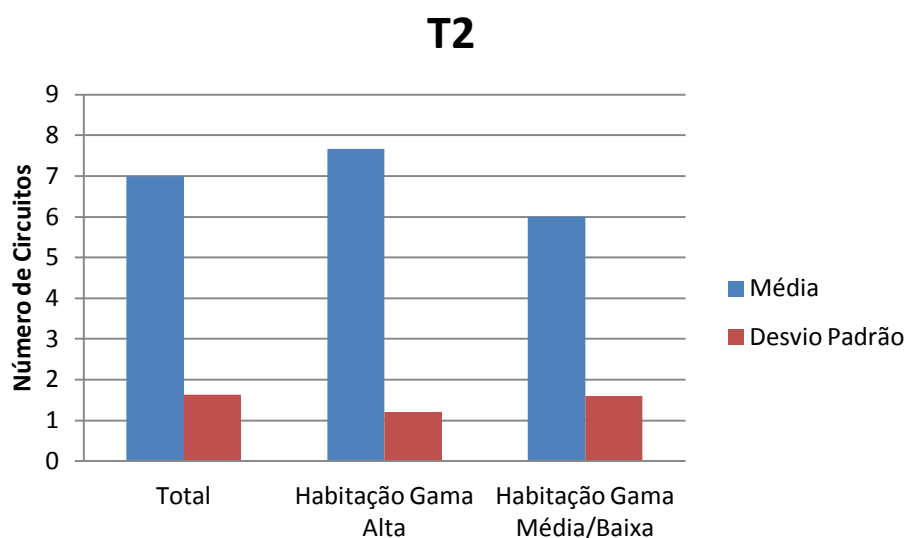
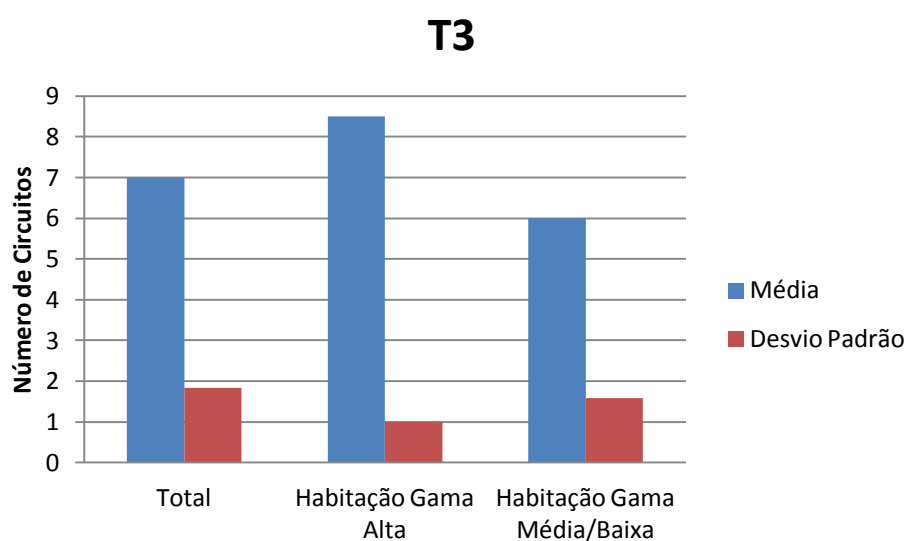


Figura 3.24 – Média e desvio padrão do número de circuitos em T2

Tabela 3.21 – Circuitos de cozinha por edifício em tipologia T3

ID	1	2	4	7	8	10	11	15	16
Cald. M.		1			1			1	
Esquentador							1		
Exaustor	1	1	1			1			1
Fogão	1	1	1				1	1	
Forno	1	1	1	1	1	1			
Frigorífico	1	1	1	1				1	
MLL		1	1	1	1	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MO			1	1					
MSR		1		1	1	1			
Placa V.				1	1	1			
TUGC	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Termoacumulador	1		1		1				
Total	7	9	9	9	8	7	5	6	4

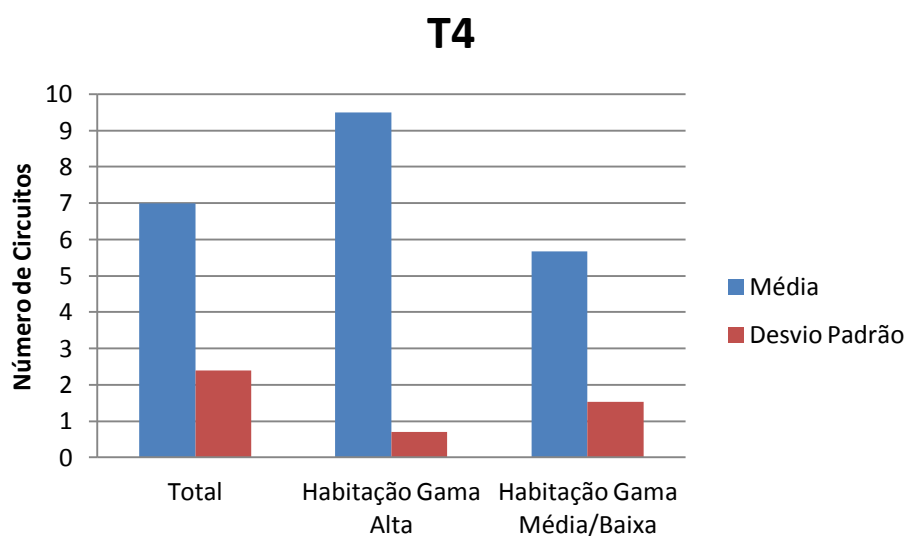


**Figura 3.25 - Média e desvio padrão do número de circuitos em T3**

Na tipologia T3, apesar de maior, a diferença entre as duas gamas é ainda baixa como é possível observar na Figura 3.25.

**Tabela 3.22 - Circuitos de cozinha por edifício em tipologia T4**

ID	4	7	8	15	16
Cald. M.			1	1	
Exaustor	1				1
Fogão	1			1	
Forno	1	1	1		
Frigorífico	2	1		1	
MLL	1	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1	1
MO	1	1			
MSR		1	1		
Placa Vi.		1			
TUGC	1	2	1	1	1
Termoacumulador	1		1		
Total	10	9	7	6	4



**Figura 3.26 – Média e desvio padrão do número de circuitos em T4**

Como seria de esperar a gama alta apresenta um valor maior de circuitos. Isto acontece porque estas habitações permitem um maior luxo que se traduz em mais equipamentos e circuitos individuais. O inverso é observado em edifícios de gama baixa em que o número de equipamentos com circuito específico é reduzido para o essencial. O facto de não haver um circuito específico não invalida a existência do equipamento. Este pode estar simplesmente ligado a uma TUG, de cozinha ou não, ou existir um inversor que permita trocar o equipamento ligado. Os edifícios em que estas situações ocorrem podem ser consultados no capítulo 3.1.4.1.

A tipologia T4 é a que apresenta menos amostras o que se traduz em resultados mais inconsistentes. Na Tabela 3.22 nota-se que várias cargas específicas não estão disponíveis em alguns dos edifícios o que tem maior influência pois a amostra é menor.

Neste caso existe já uma diferença maior entre gamas como se nota Figura 3.26. Porém em termos médios existe em padrão em todas as gamas. Os sete circuitos que em média se encontram nesta divisão justificam esta análise independente, à mesma, proporcionado desde já um possível núcleo duro do que será o quadro tipo. Outro pormenor a ter em conta é o facto de alguns projetistas incluírem um circuito para o MO. A necessidade de haver um circuito para esta carga é muito baixa podendo este estar ligado a uma TUGC.

### 3.2.2. Método criado para escolher circuitos

Para saber quais os circuitos que devem fazer parte do quadro tipo foi criado um método simples. Este consiste em contar quantos edifícios de cada tipologia têm um certo circuito e dividir pelo total de edifícios, dentro da gama e tipologia respetivas. As cargas específicas que estejam em mais de 50% dos edifícios serão consideradas para o quadro final. A quantidade de vezes que este circuito se repete no quadro depende da média calculada para o mesmo nos edifícios estudados. Optou-se por escolher apenas circuitos que estivessem presentes em mais de metade da amostra pois alguns circuitos aparecem em um ou outro edifício e quando a amostra é pequena, como é o caso, poderiam surgir conclusões erradas. As reservas não foram incluídas neste ponto sendo adicionados posteriormente como será explicado no ponto seguinte.

A Figura 3.27 apresenta o funcionamento deste método através de um fluxograma.

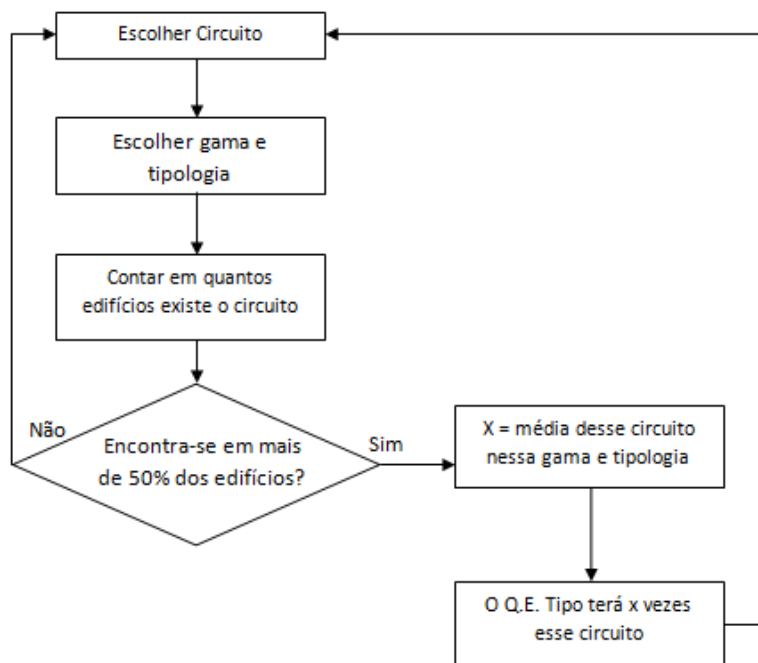


Figura 3.27 – Fluxograma do método de escolha de circuitos



### 3.2.3. Quadro obtido

A quantidade de circuitos obtida para cada uma das gamas nas várias tipologias encontra-se na Tabela 3.23.

**Tabela 3.23 – Total de circuitos por tipologia após utilização do método do capítulo 3.2.2**

	T1	T2	T3	T4
Gama Alta	18	19	21	26
Gama M/Baixa	14	14	14	16

Estes valores encontram-se um pouco abaixo dos resultados obtidos nas análises à amostra real e simulada. Ao verificar quais os circuitos que tinham sido escolhidos era possível encontrar várias inconsistências como haver AVAC na gama média/baixa ou não haver ATI na gama alta. Estes factos demonstram que o método criado é falível perante uma amostra pequena. A caracterização, dos edifícios, pouco detalhada, em termos de gama, pois a gama média deveria estar separada da gama baixa provocou esta discrepância entre os circuitos que se deveriam encontrar e os que foram seleccionados. Perante tal optou-se por fazer uma otimização do QE.

### 3.2.4. Otimização do Quadro

Dos circuitos seleccionados foi necessário retirar aqueles que eram inconsistentes com a gama em que estavam, como por exemplo quando aparecia um circuito AVAC na gama Média/Baixa. Tal como foi referido anteriormente, as reservas não foram incluídas no método. Estas serão 20% do total de TUG, TUGC e Iluminação arredondando este valor sempre á unidade superior.

Na análise aos circuitos de cozinha verificou-se que em média eram sete. Esta condição voltou a verificar-se neste capítulo mas para a gama alta apenas. A gama média/baixa apresentava um número de circuitos mais reduzido nesta secção da habitação. Neste ponto, e em linha com as conclusões retiradas nos capítulos anteriores, foi tomada a decisão de separar os quadros em três segmentos: gama alta, gama média e gama baixa. Esta decisão permite que os resultados daqui retirados tenham uma maior proximidade com a realidade como diminui o fosso criado entre os quadros gerados se

fossem apenas duas gamas. Alguns circuitos foram adicionados posteriormente para estabelecer mais segurança às pessoas no caso do circuito TUGWC ou no caso do ATI que em alguns projetos não foi usado por ainda não ser necessário na data em que esses foram criados.

O circuito TUGC foi colocado sob o diferencial das TUG, separando-o assim dos restantes circuitos sob o diferencial de cozinha. Esta decisão foi tomada com o intuito de dotar a habitação de uma alternativa em caso de falha no diferencial de cozinha, visto que as TUGC permaneceram a funcionar permitindo assim ligar equipamentos importantes, como o frigorífico, caso a falha no outro diferencial se prolongue por algum tempo, diminuindo assim o prejuízo de ter estes equipamentos desligados. No fundo dá alguma redundância à instalação elétrica numa zona importante da habitação.

Assim surgem as Tabelas 3.24, 3.25 e 3.26, que indicam quais os circuitos e quantas vezes se repetem em cada gama e tipologia.

**Tabela 3.24 - Quadro tipo otimizado para gama baixa**

Gama Baixa	T1	T2	T3	T4
ATI	1	1	1	1
Forno	1	1	1	1
Frigorífico	1	1	1	1
Iluminação	2	3	3	3
MLR	1	1	1	1
Reserva	1	2	2	2
T.U.G.	2	3	3	4
T.U.G.C.	1	1	1	1
T.U.G.W.C.	1	1	1	1
Total	11	14	14	15

**Tabela 3.25 - Quadro tipo otimizado para gama média**

Gama Média	T1	T2	T3	T4
ATI	1	1	1	1
Exaustor	1	1	1	1
Fogão	1	1	1	1
Forno	1	1	1	1
Frigorífico	1	1	1	1
Iluminação	2	3	3	4
MLL	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1
Reserva	1	2	2	2
T.U.G.	2	3	3	4
T.U.G.C.	1	1	1	1
T.U.G.W.C.	1	1	1	1
Total	14	17	17	19

**Tabela 3.26 - Quadro tipo otimizado para gama alta**

Gama Alta	T1	T2	T3	T4
ATI	1	1	1	1
AVAC	1	1	2	2
B.H.	1	1	1	1
E.E.	1	1	1	2
Exaustor	1	1	1	1
Fogão	1	1	1	1
Forno	1	1	1	1
Frigorífico	1	1	1	1
Iluminação	3	3	3	4
MLL	1	1	1	1
MLR	1	1	1	1
Reserva	2	2	2	3
T.U.G.	3	4	5	7
T.U.G.C.	1	1	1	1
T.U.G.W.C.	1	1	1	1
Total	20	21	23	28

Tanto na gama baixa como gama média, Tabela 3.24 e Tabela 3.25 respetivamente, o T2 e T3 apresentam o mesmo valor de circuitos o que significa que não existe necessidade de criar um quadro para cada uma dessas tipologias. A gama alta, Tabela 3.26, é a que apresenta valores mais distantes entre dois quadros, neste caso entre T3 e T4.

Visto que existem mais algumas tipologias com diferença de um circuito para a tipologia seguinte a solução mais lógica passará por criar quadros que englobem mais que uma tipologia visto que o custo dos disjuntores é bastante baixo e quanto menos quadros diferentes houver mais económico fica o produto pela produção em serie do mesmo. Assim sendo os doze quadros gerados anteriormente passam a ser divididos em 4 classes. Serão adotados os circuitos da maior tipologia, por exemplo se um classe incorporar T1 a T4, os circuitos dessa classe serão os presentes no quadro de T4.

Pela proximidade do número de circuitos e semelhança de cargas a divisão de classes é a seguinte:

- Classe 1 - composta pelos circuitos de T4 da gama baixa e compatível com T1 a T4 da gama baixa e T1 da gama média;
- Classe 2 - composta pelos circuitos de T4 da gama média e compatível com T2 a T4 da gama média;
- Classe 3 - composta pelos circuitos de T2 da gama alta e compatível com T1 e T2 da gama alta.
- Classe 4 - composta pelos circuitos de T4 da gama alta e compatível com T3 e T4 da gama alta

### **3.2.5. Comparação de resultados**

Neste capítulo será feita uma análise aos resultados obtidos, para o total de circuitos por tipologia e gama, através dos dois métodos estatísticos comparando-os como o QE Tipo obtido. A Tabela 3.27 apresenta esses valores sendo que na mesma os valores 1, 2 e 3, abaixo de cada tipologia, referem-se aos valores da análise centro de massa, análise *clustering* e QE Tipo respetivamente. Foram usados os valores, das análises, simulados como guia para o QE tipo pois as conclusões da amostra real não foram concretas devido à sua pequena dimensão.

**Tabela 3.27 – Comparação do total de circuitos das análises e QE Tipo**

	T1			T2			T3			T4		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Gama Alta	22	22	20	24	23	21	26	24	23	30	30	28
Gama Média	15	15	14	17	18	17	18	20	17	20	22	19
Gama Baixa	10	10	11	14	14	14	14	14	14	15	15	15

A gama baixa é aquela que contém os resultados mais semelhantes. A consistência destes ao longo das 4 tipologias demonstra que a otimização feita com os resultados obtidos no subcapítulo 3.2.3 se aproxima daqueles que se consideraram valores típicos. Como já foi referido anteriormente, existe uma grande proximidade entre alguns quadros, sendo mesmo iguais em alguns casos, este facto terá de ser usado para reduzir ainda mais os custos.

Na gama média os valores obtidos não são tão bons quantos os obtidos na gama baixa pois existe uma pequena variação. Contudo esta variação é, em quase todos os casos, de um circuito.

O QE tipo de gama alta é o que está mais longe dos métodos usados. A diferença de dois ou três circuitos pode ser justificada com a otimização que se fez ao quadro final. O número de reservas não é tão grande como o registado em algumas das amostras estudadas. Nesta gama, encontrou-se algumas inconsistências na amostra, em alguns casos havia mais circuitos de EE e AVAC em T3 do que em T4, para o mesmo edifício, algo que não acontece no QE Tipo.

Considera-se assim que o QE Tipo, pela sua proximidade de total de circuitos para com os métodos estatísticos, viável para aplicação nestas gamas e tipologias. De referir ainda que não se optou por fazer coincidir os valores do QE tipo com os resultados das análises pois tipicamente não existe um cálculo transversal para o número de reservas. Para igualar os valores seria necessário acrescentar mais reservas que iria contrariar a o cálculo de 20% para o número de reservas.

### 3.2.6. Análise Económica

O primeiro ponto a verificar nesta análise é perceber se ter reserva equipada (RE) tem um custo muito mais elevado do que usar reserva não equipada (RNE). A vantagem de usar as RE é que o quadro fica já preparado para futuras expansões sem necessidade de acrescentar mais equipamento. Para tal, foram analisados os custos dos elementos que constituem o quadro, nas tipologias T1 e T4. Recorreu-se a um catálogo para consultar os valores, dos aparelhos de proteção, de uma marca à venda em Portugal. Esses valores podem ser consultados na Tabela 3.28. Os disjuntores usados foram de 10A, 16A e 20A de curva C e poder de corte de 6kA, tendo por base catálogos de marcas do mercado nacional. De referir que estes valores se referem apenas aos equipamentos não incluindo assim o quadro.

**Tabela 3.28 - Análise de custos do tipo de reservas a instalar**

	T1		T2		T3		T4	
	c\ RNE	c\ RE	c\ RNE	c\ RE	c\ RNE	c\ RE	c\ RNE	c\ RE
Gama Alta	214,89€	224,27€	219,58€	228,96€	281,82€	291,2€	300,58€	314,65€
Gama Média	168,02€	172,71€	177,4€	186,78€	177,4€	186,78€	186,78€	196,16€
Gama Baixa	153,95€	158,64€	163,33€	172,71€	163,33€	172,71€	168,02€	177,4€

Pelos cálculos feitos verifica-se que ter reservas equipadas tem um custo superior que no máximo atinge os 14 euros. Analisando esta questão de outra perspetiva a instalação de RE representa entre 3% e 6% a mais no total dos equipamentos a colocar no QE mas confere mais comodidade pois não é necessário instalar mais tarde os aparelhos extra e a compra de mais aparelhos pode sempre reduzir o custo dos mesmos por ser uma maior quantidade, reduzindo assim esta percentagem. Como tal, vai optar-se por dotar do quadro de RE.

No capítulo 3.2.4 foi evidenciado que seria possível criar quadros que abrangessem mais que uma gama ou tipologia mas faltava fazer um estudo financeiro que o provasse. Na Tabela 3.29 encontra-se a primeira proposta da divisão de quadros e os custos associados. A primeira classe contempla toda a gama baixa e T1 de gama média. A classe 2 suporta as restantes tipologias da gama média. As duas restantes classes dividem a gama alta em duas, T1 e T2 para a classe 3 e T3 e T4 para a classe 4. Para

saber os custos desta divisão calculou-se o custo para todos os quadros e depois verificou-se quão superior seria o custo do mais caro face ao mais barato de cada classe. Os valores unitários dos equipamentos usados encontram-se na Tabela 7.1 no anexo II.

**Tabela 3.29 - Análise aos custos de separar os quadros por classes**

	Com RNE		Com RE	
	Classe 1	9%	14,07€	12%
Classe 2	5%	9,38€	5%	9,38€
Classe 3	2%	4,69€	2%	4,69€
Classe 4	7%	18,76€	8%	23,45€

Primeiro há que salientar que novamente a diferença entre RE e RNE é muito baixa. Quanto à viabilidade da separação por classes, nota-se que o valor mais elevado é de 12% referente a uma classe que engloba 5 tipologias. A redução de custos inerente à produção em série destes quadros deverá reduzir este valor a ponto de se tornar ainda mais atraente financeiramente. Os valores são mais baixos para as classes 2 e 3 pois são as que têm menos diferença de equipamentos entre as várias tipologias a que estas correspondem.

Analisando um catálogo de quadros elétricos percebe-se que os mesmos têm valores padrão para a quantidade de módulos que suportam. Estes módulos referem-se ao espaço que os aparelhos de proteção ocupam, por exemplo um sinalizador ocupa um módulo enquanto um interruptor diferencial de dois pólos ocupa dois módulos.

Após a divisão em quatro classes dos quadros, estas passaram a ser compostas por 26, 30, 34 e 47 módulos respetivamente. O catálogo usado apresenta quadros de 24, 36 e 48 módulos. Ora o primeiro não é compatível com nenhuma das classes. O segundo modelo é compatível com 3 enquanto o último modelo é compatível com todas as classes. O terceiro modelo representa um custo superior de 8,5 euros, cerca de 17%. Isto abre a possibilidade de criar um modelo diferente de quadros, isto é, utiliza-se apenas o modelo de 48 módulos, que suporta todas as classes, reduzido assim o seu valor pela compra de um grande número de unidades. Depois utiliza-se a classe 1 como base. De seguida criam-se pacotes de expansão, compostos por disjuntores, interruptores dife-

rencias, etc. Este modo é o que permite mais poupanças pela produção em serie. As versões finais do QE Tipo encontram-se no capítulo seguinte.

A Tabela 3.30 contém o custo final para a classe 1 e as expansões para classes seguintes.

**Tabela 3.30 - Custo final dos QE Tipo**

	Preço	Preço Total
Classe 1	234,49€	234,49€
Expansão Classe 2	18,76€	253,25€
Expansão Classe 3	51,56€	286,05€
Expansão Classe 3	137,25€	371,74€

### **3.2.7. Composição do QE Tipo**

Como referido no capítulo 2.4 foram criadas quatro classes de quadros elétrico tipo com o intuito de reduzir custos. Com essa mesma ideia optou-se por ter um quadro base, classe 1, e criar pacotes de expansão compostos pelos circuitos necessários para conferir a esse quadro outra classe. Ou seja, para adquirir um quadro de classe 2, é necessário adquirir o quadro de classe 1 e a expansão para classe 2. Assim é possível haver uma maior produção em série pois só necessitaria de haver uma linha de montagem e depois os restantes componentes seriam adicionados posteriormente. De seguida serão apresentados os circuitos correspondentes a cada classe. O esquema elétrico de cada quadro encontra-se no anexo I.

#### **3.2.7.1. Classe 1**

O quadro de classe 1 serve de bases para as quatro classes e na sua forma original é compatível com todas as 4 tipologias estudadas de gama baixa e T1 de gama média. Usando os quadros tipo definidos no capítulo 2.4 este QE será composto por 4 interruptores diferenciais. Destes um fica com a função de proteção dos circuitos de iluminação e ATI, outro para proteger os circuitos de tomadas de uso geral, a proteção dos circuitos de casa de banho fica a cargo de outro diferencial e o ultimo como prote-



ção dos circuitos de cargas específicas como forno. Como se optou por usar um quadro com o mesmo número de módulos para todas as classes, este é o que apresenta mais módulos vazios. Assim sendo a composição do mesmo encontra-se de seguida.

QE com 48 módulos (26 ocupados)

Sinalizador de Tensão

Interruptor 63A

- ❖ Interruptor Diferencial 25A 300mA - Iluminação
  - Disjuntor 10A - Iluminação
  - Disjuntor 10A - Iluminação
  - Disjuntor 10A - Iluminação
  - Disjuntor 10A - ATI
  
- ❖ Interruptor Diferencial 40A 30mA - Tomadas
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral.
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral Cozinha
  
- ❖ Interruptor Diferencial 40A 30mA - Casa de Banho
  - Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral de casa de banho
  
- ❖ Interruptor Diferencial 40A 30mA - Equipamentos
  - Disjuntor 20A - Forno
  - Disjuntor 16A - Frigorífico
  - Disjuntor 16A - Máquina Lavar Roupa
  - Disjuntor 16A - Reserva Equipada
  - Disjuntor 16A - Reserva Equipada

### **3.2.7.2. Expansão para Classe 2**

A expansão para a classe 2 permite que o quadro base seja usado na gama média em tipologias T2, T3 e T4. Foi adotado o quadro tipo definido no capítulo 2.4.2 para esta gama. Como este é bastante semelhante ao de gama baixa basta a implementação da expansão é bastante rápida bastando assim adicionar os disjuntores ao quadro de classe 1. Assim a composição do quadro referente a esta classe pode ser encontrado em baixo.

QE com 48 módulos (30 ocupados)

- QE Tipo classe 1
- Disjuntor 10A - Iluminação
- Disjuntor 10A - Fogão
- Disjuntor 16A - Exaustor
- Disjuntor 16A - Máquina Lavar Louça

### **3.2.7.3. Expansão para Classe 3**

A expansão para a classe 3 permite que o quadro seja usado na gama alta em tipologias T1 e T2. Esta expansão já implica a adição de um interruptor diferencial para o sistema AVAC bastante comum nesta gama. Os circuitos a serem adicionados encontram-se de seguida.

QE com 48 módulos (34 ocupados)

- QE Tipo classe 1
- Interruptor Diferencial 40A 30mA - AVAC
- Disjuntor 10A - Estores Elétricos
- Disjuntor 10A - Fogão
- Disjuntor 16A - AVAC
- Disjuntor 16A - Banheira de Hidromassagem
- Disjuntor 16A - Exaustor
- Disjuntor 16A - Máquina Lavar Louça

### **3.2.7.4. Expansão para Classe 4**

A expansão para a classe 4 permite que o quadro seja usado na gama alta em tipologias T3 e T4. Esta expansão é a que implica maior adição de circuitos. Dada a quantidade de circuitos de Tomadas de Uso Geral optou-se por ter dois diferenciais

para estes tal como tinha sido referido no capítulo 2.4.1. Tal como na classe 3, a gama alta contempla o sistema AVAC e como tal será adicionada a proteção diferencial para o mesmo bem como os disjuntores para a proteção individual destes circuitos. A composição desta classe pode ser encontra de seguida.

QE com 48 módulos (47 ocupados)

- QE Tipo classe 1
- Substituição de Interruptor 63A por Interruptor Tetrapolar 80A
- Interruptor Diferencial 40A 30mA - AVAC
- Interruptor Diferencial 40A 30mA - Tomadas
- Disjuntor 10A - Iluminação
- Disjuntor 10A - Estores Elétricos
- Disjuntor 10A - Estores Elétricos
- Disjuntor 16A - AVAC
- Disjuntor 16A - AVAC
- Disjuntor 16A - Banheira de Hidromassagem
- Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
- Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
- Disjuntor 16A - Tomadas de Uso Geral
- Disjuntor 16A - Fogão
- Disjuntor 16A - Exaustor
- Disjuntor 16A - Reserva Equipada
- Disjuntor 16A - Máquina Lavar Louça

### **3.3. Aplicação Geradora de Quadro Elétrico Tipo**

A aplicação criada para este efeito tem como objetivo representar uma ferramenta de apoio a quem projeta quadros elétricos. Como não foi possível obter conclusões pelas áreas das habitações, os elementos que são necessários para inserir no programa são a gama e tipologia. A partir daqui são apresentadas, no ecrã, todas as característi-

cas do quadro resultante dos dados inseridos. Nesta apresentação é indicado os disjuntores, diferenciais e interruptores usados, quais os circuitos a que se destinam. O fluxograma deste método encontra-se na Figura 3.28.

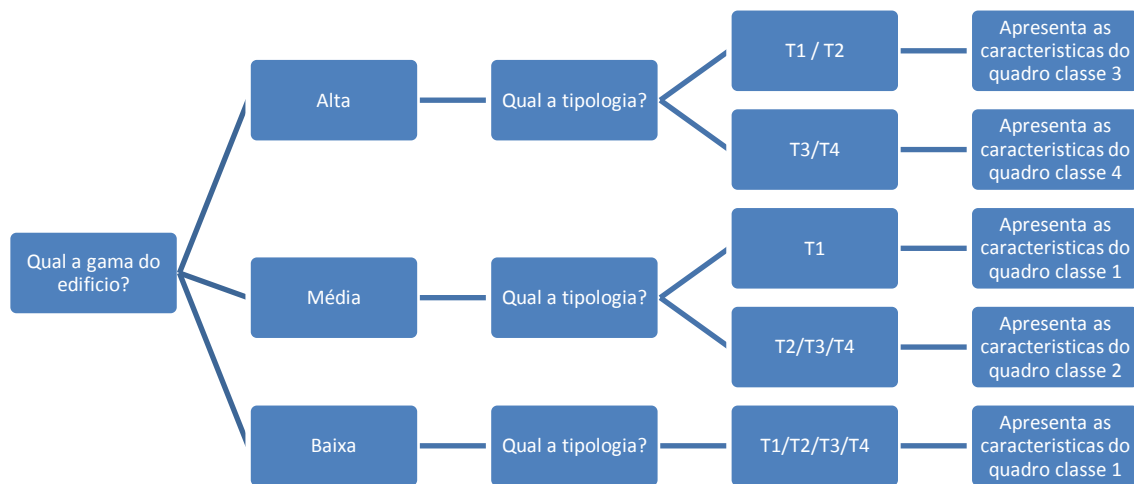


Figura 3.28 - Fluxograma do funcionamento da aplicação criada

## 4. Conclusões

### 4.1. Síntese do Trabalho

A primeira fase deste projeto passou pela recolha de informação de quadros elétricos de vários edifícios. De seguida estes foram analisados por forma a encontrar padrões consoante tipologia ou gama para conseguir projetar um quadro tipo. Na última fase foram feitos os ajustes finais na otimização do quadro elétrico tipo.

A dificuldade em conseguir obter projetos recentes para poder utilizar foi grande levando a que a totalidade de amostras não fosse suficiente para realizar um estudo sobre as áreas. Por outro, lado a caracterização das gamas leva a tantas dúvidas que foi necessário agrupar duas para conseguir realizar o trabalho.

Os métodos estatísticos usados utilizando amostras aleatórias e de seguida aplicando a amostras reais demonstrou que, apesar de ter algumas falhas devido à dimensão e caracterização da amostra real, existe um padrão entre o número de circuitos, tipologia e área.

Depois de serem escolhidos os circuitos a figurar no QE tipo final o total destes foi comparado com os resultados dos métodos estatísticos e o resultado foi bastante promissor pois em vários casos os valores eram coincidentes e noutros muito próximos. Com os circuitos estabelecidos, efetuaram-se algumas análises económicas tendo em vista o menor custo para os quadros. Estas passaram pela utilização de RE ou REN

ou por ter quatro quadros por gama ou tentar agrupar várias tipologias num só quadro.

Os quadros finais apresentam melhorias significativas em termos de segurança e fiabilidade do sistema pois a proteção diferencial e separação de cargas específicas por circuitos foram dois pontos bastante em foco neste trabalho. Juntado a isto a possibilidade de os quadros serem produzidos e montados em série poderá reduzir os custos compensando assim a introdução de uma melhor proteção diferencial.

## **4.2. Trabalho Futuro**

O próximo passo deste trabalho será criar uma base de dados maior em termos de edifícios com todas as suas especificações adjacentes. Com esta validar completamente os métodos estatísticos usados e verificar se os QE tipo se encaixam nesses resultados.

A verificação deste estudo por parte da entidade reguladora deste tipo de instalações seria bastante importante. As correções a serem efetuadas, caso sejam necessárias correções, após essa verificação e posterior validação do estudo seriam o último passo para a implementação deste projeto.

## 5. Referências

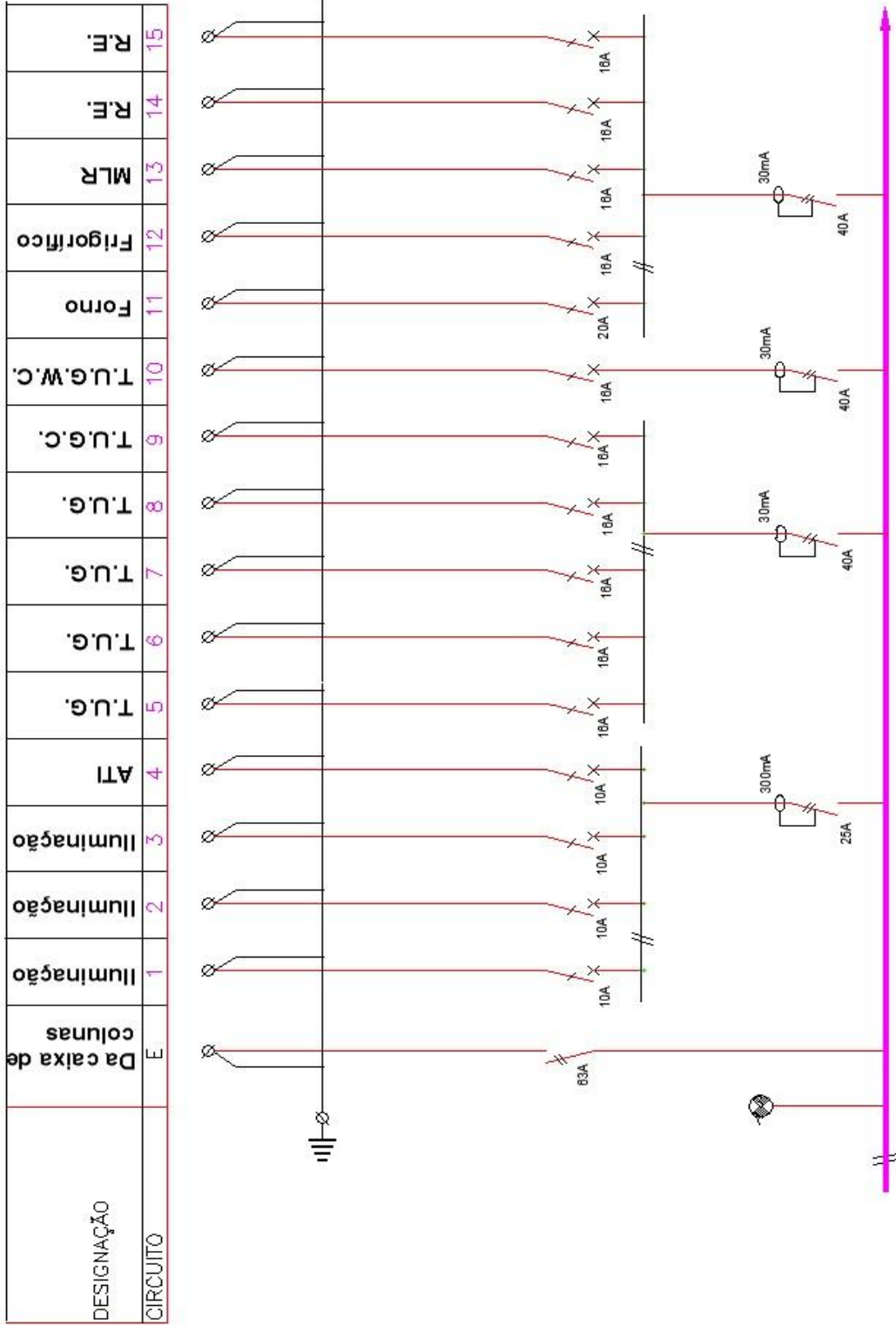
- [1] – Matias, J. V. C. – **Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica**. 2004. ISBN – 972 – 650 – 649 – 2.
- [2] – Pinto, L. M. V. **HabitatPro**. Porto: Grafiasa SA, 2006. ISBN – 978 – 989 – 95174 – 0 – 0.
- [3] – Grassani, E. – **Verificação das instalações e dos equipamentos elétricos**. Milão: Editoriale Delfino, 2004. ISBN – 88-89518-00-6
- [4] – Decreto Lei nº 175 de 11 de Setembro de 2006. Diário da Republica nº175 – I Série A. Ministério da Economia e Inovação. Lisboa.
- [5] – Pinto, L. M. V. – **InstalExpress Instalações Eléctricas em Locais de Habitação**. Porto: Grafiasa SA, 2004. ISBN – 972 – 95180 – 2 – 5.
- [6] – Nogueira, H. ; Nogueira, J. – **Manual Técnico do Instalador**. Organigráfica. ISBN – 978 – 972 – 8197 – 17 – 9.
- [7] – Mullin, R. C. ; Simmons, P. – **Electrical Wiring Residential, 17<sup>th</sup> Edition**. Nova Iorque: Delmar, Cengage Learning. 2012. ISBN 978 – 1 – 4354 – 9826 – 6
- [8] – Ceraolo, M. ; Poli, D. – **Fundamental of Electric Power Engineering: From Electromagnetics to Power Systems, 1<sup>st</sup> Edition**. 2014. Wiley-IEEE Press.
- [9] – Dalziel, C.F., **Electric shock hazard**, IEEE Spectrum, February, 1972, pp.41-50.
- [10] – Pinto, L. M. V. – **Instalações eléctricas em locais de habitação – Cadernos Técnicos CertielTec 02**. 2002.

- [11] - <http://www.josematias.pt/TemasElectrotElectron/RTIEBT.pdf>. Acedido em Agosto 2014.
- [12] - G. G. Seip, **Electrical Installations Handbook: Power Supply and Distribution, Protective Measures**, 3<sup>rd</sup> Edition. Wiley, 2000. ISBN - 9783895780615.
- [13] - Kasikci, I. **Analysis and Design of Low-Voltage Power Systems**. Weinheim, Alemanha: Wiley-VCH, 2004. ISBN - 978-3527304837.
- [14] - Henriques, A. (2002) - **Mecânica II - Texto de apoio à disciplina**. Texto não publicado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto
- [15] - <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>. Acedido em Setembro 2014.
- [16] - Cadima, Jorge (2010) - **Apontamentos de Estatística Multivariada**. Texto não publicado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- [17] - Hartigan, J. A.; Wong, M. A. (1979). **Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm**. *Journal of the Royal Statistical Society, Series C* 28 (1): 100-108.
- [18] - J. B. MacQueen. **Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations**. Proc. of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1, page 281-297. *University of California Press, (1967)*.
- [19] - Aravind H, C Rajgopal and K P Soman. **A Simple Approach to Clustering in Excel**. *International Journal of Computer Applications* 11(7):19-25, December 2010. Foundation of Computer Science.

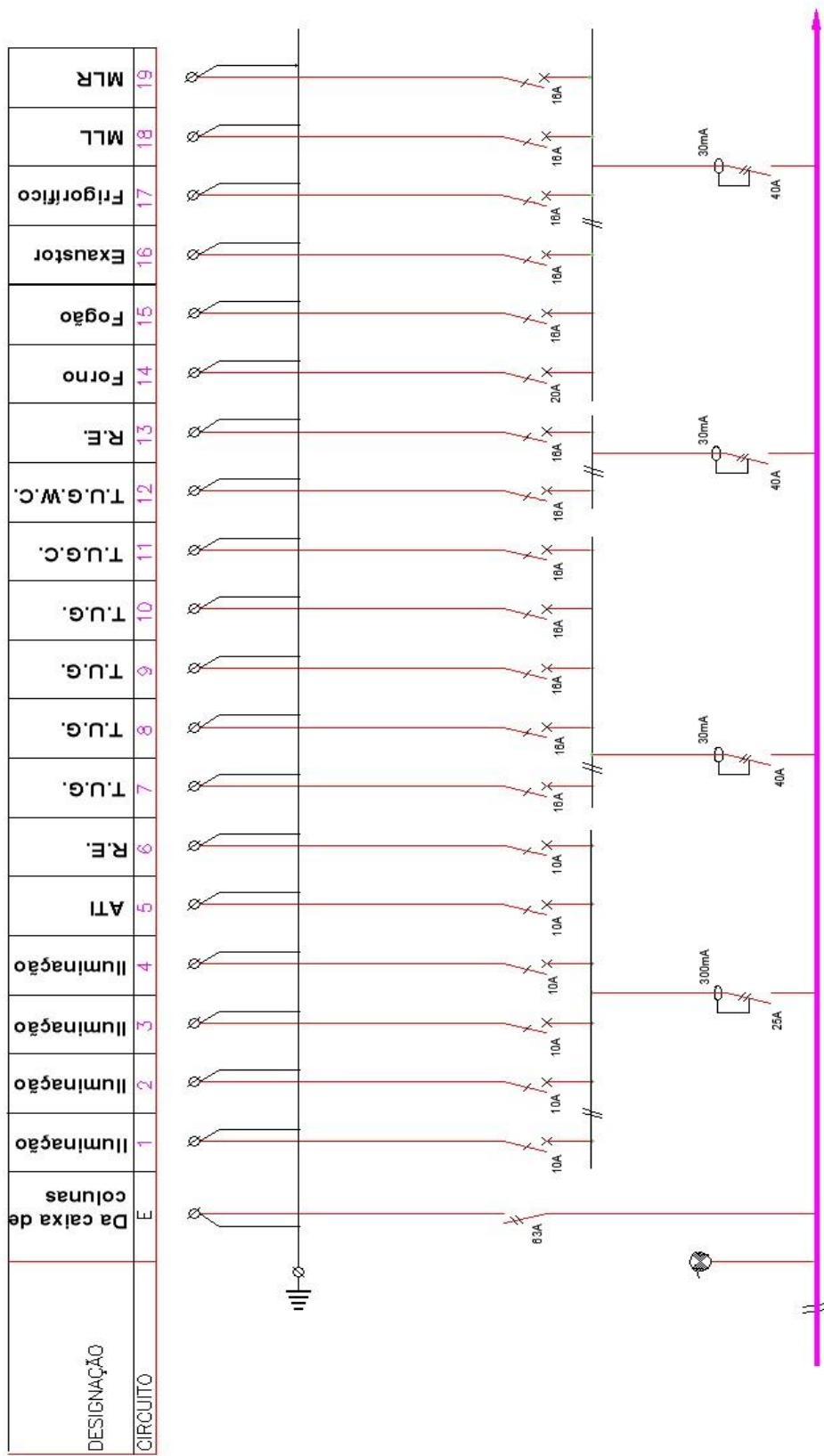


## **6. Anexo I**

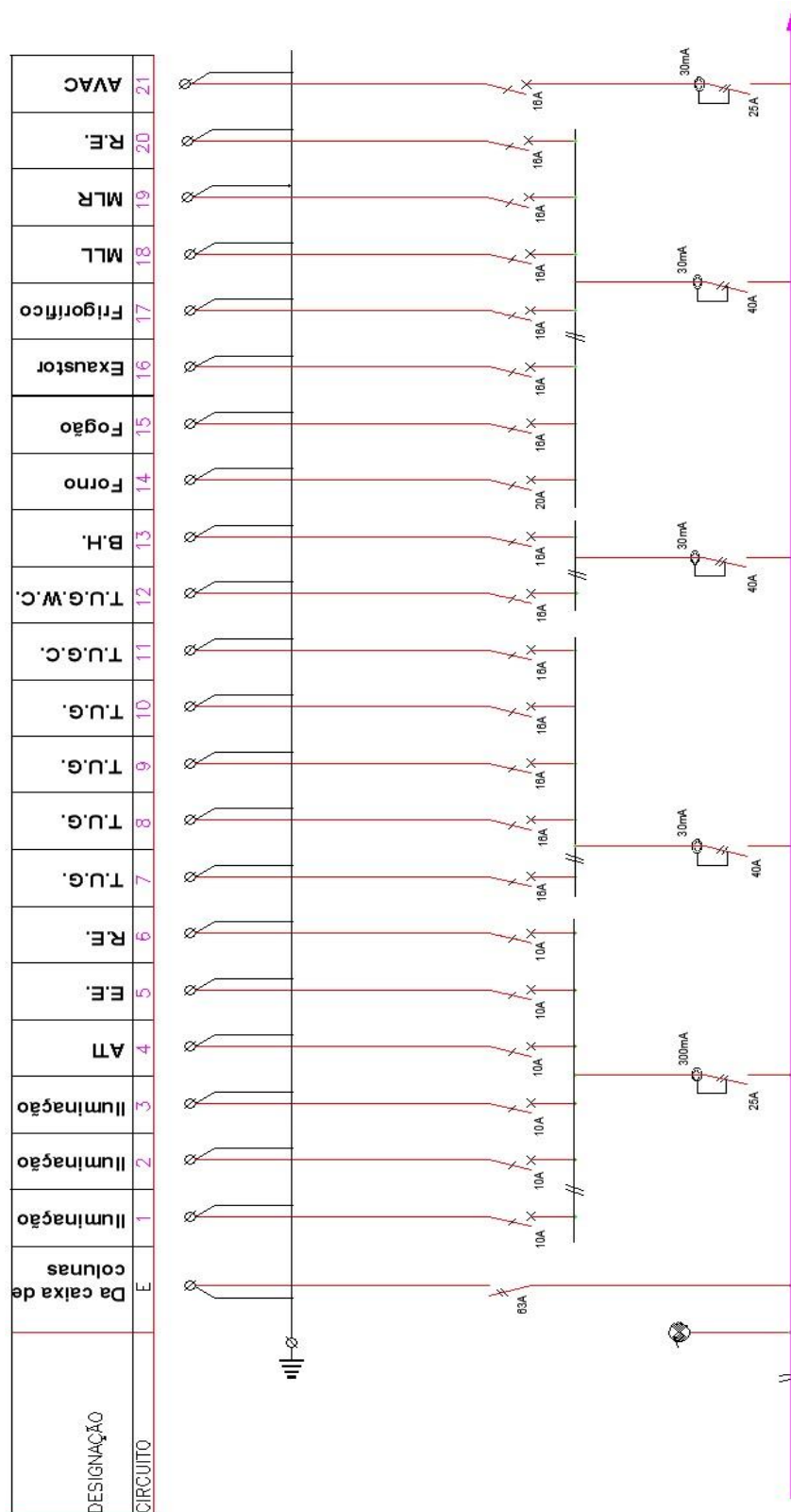
# Q.E. Classe 1



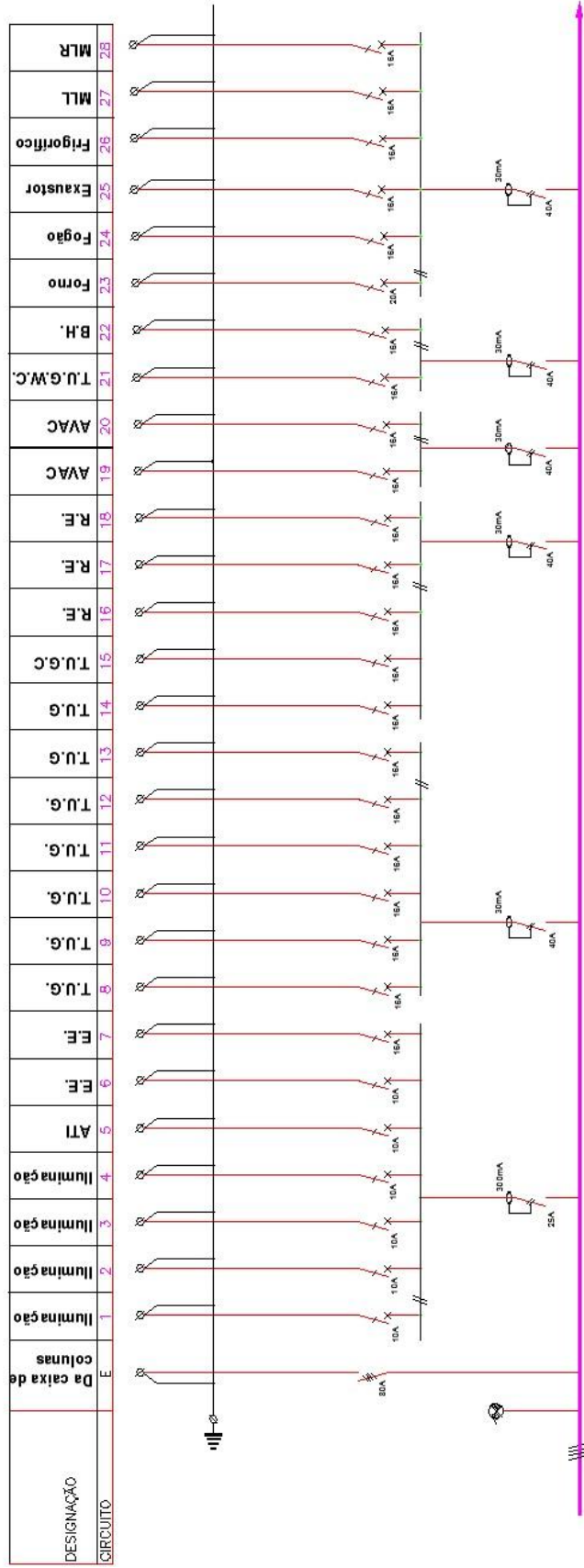
# Q.E. Classe 2



# Q.E.Classe 3



# Q.E.Classe 4





## **7. Anexo II**

## Preço Unitário Equipamentos

Tabela 7.1 - Preço Unitário dos Equipamentos

Equipamento	Preço unitário
Quadro completo 36 módulos	48,70 €
Quadro completo 48 módulos	57,20 €
Disjuntor 10 A	4,69 €
Disjuntor 16 A	4,69 €
Disjuntor 20A	4,69 €
Interruptor Diferencial 25A 300mA	23,09 €
Interruptor Diferencial 40A 30mA	23,42 €
Interruptor 63A	9,05 €
Interruptor Tetrapolar 80A	29,52 €
Sinalizador	4,54 €