

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP

Dimensionamento de Instalações Elétricas

Luís Carneiro da Silva Bessa

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: José Rui da Rocha Pinto Ferreira

Co-orientador: Nuno Rodrigues

Co-orientador: Rui Henriques

3 de setembro de 2012

“Minis já não tenho, pode ser das grandes?”

Sr. Jorge

Resumo

O processo de dimensionamento de instalações elétricas exige um grande conhecimento das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão por parte do projetista. Mesmo com esse conhecimento, o elevado número de tabelas a consultar e a grande quantidade de cálculos necessários leva à dedicação de bastante tempo, tornando-se indispensável uma ferramenta especializada para apoiar a tarefa.

Esta dissertação tem como objetivo construir uma aplicação capaz de ajudar não só no dimensionamento de instalações elétricas como também no planeamento da arquitetura de uma unidade industrial específica: o quadro elétrico.

O tema foi proposto pela empresa JPM - Automação e Equipamentos Industriais, que presta não só o serviço de dimensionamento de projeto como também a instalação e manutenção dos equipamentos industriais. Pretendem com esta aplicação facilitar todo o processo de projeção e também eliminar possíveis erros humanos durante o dimensionamento, havendo assim certeza de que é feito um bom dimensionamento e que o cliente não corre qualquer risco.

Como resultado da dissertação surge a interface GesQuad, um programa construído na linguagem C# e com um aspeto visual acolhedor e de fácil manuseamento, totalmente customizada às necessidades da empresa. Com origem na experiência por parte dos projetistas da JPM, foi construída uma aplicação que faz o dimensionamento das instalações elétricas de forma praticamente autónoma com base nas especificações dos projetistas. A aplicação possui ainda modelos padrão de forma a facilitar a configuração das instalações a dimensionar. No que diz respeito ao planeamento de quadros elétricos, a aplicação facilita a escolha dos componentes e a análise de diferentes orçamentos para os mesmos. Existem também ferramentas para integração da informação com outros sistemas da empresa.

O GesQuad surge como uma das primeiras aplicações que integram o dimensionamento de instalações elétricas com o planeamento dos quadros elétricos, surgindo assim como um passo para aumentar a eficiência do sector.

Abstract

The process of dimensioning electrical installations requires from the projectionist a vast knowledge of techniques of electrical low voltage installations. Even so, the sheer amount of tables and the high number of numerical operations is very time consuming. A dedicated tool becomes essential to provide support to this task.

This thesis aims to conceive an application capable of, not only helping in this task, but also to design an industrial unity: the electrical board.

The project was proposed by the company JPM - Automação e Equipamentos Industriais, that provides the dimensioning, installation and maintenance of industrial equipment. They aim to facilitate the process of design and to eliminate possible human errors made in the dimensioning, diminishing the risks to the client.

The result is the GesQuad application, built in C# programming language with an easy and simple interface. fully customized to the company's needs. Based on the experience of JPM's projectionists, this application makes the design of electrical installations almost autonomous based on the specifications of the designers. GesQuad has also standard templates to facilitate the configuration of the installations. Regarding the design of electrical boards, the application facilitates the choice of the components and allows the analysis of different budgets. There are also tools for information integration with other enterprise systems.

GesQuad emerges as one of the first applications that integrates the design of electrical installations with the design of electrical boards, thus appearing as a step to increase the efficiency of the sector.

Agradecimentos

Quero começar por agradecer à minha família que me apoiou ao longo de todo o curso durante estes anos.

Ao meu Orientador Prof. José Rui Ferreira pelas várias explicações sobre dimensionamento de instalações elétricas e disponibilidade total sempre que necessário.

Aos Co-Orientadores da empresa JPM, por proporcionarem o tema da tese e também pela disponibilidade.

Agradeço também a todos os meus amigos não necessitando de especificar aqueles mais importantes.

Um obrigado especial a todos aqueles que, ao invés de me obrigar a trabalhar na dissertação, me proporcionaram momentos de confraternidade sem igual, mas que nos momentos certos me chamaram a razão e se preocuparam comigo.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Estrutura da Dissertação	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	Certiel e RTIEBT	3
2.1.1	RTIEBT	3
2.1.2	Dimensionamento de Canalizações	4
2.2	Ferramenta	9
2.2.1	Software	9
2.2.2	Base de dados	10
3	Caso de Estudo	11
3.1	JPM	11
3.1.1	Quadros JPM	11
3.2	Análise de Requisitos	12
4	Desenvolvimento	15
4.1	Introdução	15
4.2	Base de Dados	16
4.2.1	Materiais	16
4.2.2	Tipos Instalação	17
4.2.3	Tabelas de Correntes Admissíveis	18
4.3	Ferramenta	19
4.3.1	Início	19
4.3.2	Gesto da BD	20
4.3.3	Quadros	22
5	Conclusões e Trabalho Futuro	33
5.1	Satisfação dos Objetivos	33
5.2	Trabalho Futuro	33
A	Manual de Utilizador	35

Lista de Figuras

2.1	Referencias de instalações[2]	6
3.1	Quadro Tipo	12
4.1	Logotipo da ferramenta GesQuad	15
4.2	Modelo Entidade-Relação da Base de Dados Materiais	16
4.3	Modelo Entidade-Relação da Base de Dados Tipo Instalação	17
4.4	Tabela PEXCu3	18
4.5	Janela Inicial	19
4.6	Gestao Base de Dados	20
4.7	Planeamento de Quadros	22
4.8	Diagrama funcionamento por eventos	24
4.9	Janela para Adição de Cabos a Montante	25
4.10	Diagrama Escolha de Modo de Instalação	26
4.11	Lista de Possiveis Referencias	27
4.12	Quadro Fator de Correção	28
4.13	Escolha de produto	30

Lista de Tabelas

2.1	Coeficiente de Correção da Resistência com a Temperatura	7
2.2	Valores máximos de temperatura de funcionamento	7
2.3	Comparação entre SQL Compact Edition e SQL Express Edition	10
3.1	Codificação de Requisitos	12
3.2	Requisitos associados à Base de Dados	13
3.3	Requisitos associados à interface Excel	13
3.4	Requisitos associados à ferramenta	13

Abreviaturas e Símbolos

CLR	Common Language Runtime
PEX	Polietileno Reticulado
PVC	Policloreto de Polivinila
RSRDEEBT	Regulamento de Segurança de redes de distribuição eléctrica em baixa tensão
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
SQL	Structured Query Language

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Um correto dimensionamento num projeto de instalações elétricas é obrigatório. Qualquer erro ou facilidade nos cálculos poderá provocar danos irreparáveis tanto materiais como pessoais.

Numa empresa que presta o serviço de projeto, instalação e manutenção de sistemas industriais elétricos e com a tecnologia existente hoje em dia é possível construir uma ferramenta informática capaz de acompanhar todo o processo.

É possível obter um dimensionamento básico de canalizações elétricas e respetivas proteções apenas seguindo as RTIEBT e não precisando de uma opinião ou conhecimento pessoal do projetista. Será então possível o desenvolvimento de uma ferramenta automática para o fazer e conseguindo assim a empresa ganhar o tempo que antes era utilizado no dimensionamento de canalizações e proteções.

Para além do cálculo de canalizações e proteções porque não "desenhar" uma instalação industrial? Comunicando com uma base de dados a ferramenta teria ao seu dispor toda uma lista de produtos existentes e através de uma interface gráfica permitiria ao utilizador gerar diferentes unidades de uma instalação elétrica industrial.

1.2 Objetivos

Este trabalho foi proposto pela empresa JPM - Automação e Equipamentos Industriais.

Antes deste trabalho o desenvolvimento da ferramenta era nulo havendo somente uma ideia de que este poderia ser feito. Como tal esta será apenas uma versão inicial da ferramenta, básica, que poderá depois sofrer uma grande evolução.

Pretende-se com este trabalho atingir os seguintes objetivos:

- Desenvolver uma ferramenta para dimensionar cablagem e proteção de quadros elétricos
- Criação de uma Base de Dados com os produtos da JPM
- Planeamento de quadros elétricos

- Gerar orçamentos dos quadros planeados

1.3 Estrutura da Dissertação

O documento está dividido em 5 capítulos. Neste primeiro é explicada a motivação e objetivos definidos para o trabalho.

No capítulo 2 são apresentados os aspetos que foram motivo de estudo por parte do autor.

No capítulo 3 é feita uma menção à empresa na qual esta dissertação se encaixa e explorados os requisitos funcionais e não funcionais da aplicação.

No capítulo 4 é demonstrado e comentado o trabalho realizado pelo autor.

E por ultimo o capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho executado e propostas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Certiel e RTIEBT

A Certiel, Associação Certificadora de Instalações Elétricas, é uma entidade reguladora que presta serviços de forma a garantir, a segurança dos utilizadores da rede elétrica e a eficiência no consumo de eletricidade. Tem capacidade de inspeção e certificação de projetos em diversas áreas das instalações elétricas. Nesta dissertação apenas são abordadas as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

2.1.1 RTIEBT

As RTIEBT possuem toda a informação necessária para o dimensionamento de canalizações e dispositivos de corte e proteção.

2.1.1.1 Definições

Neste subcapítulo são introduzidas algumas definições que são necessárias à compreensão geral do restante documento [2][1].

- Condutor - Elemento destinado à condução eléctrica, podendo ser constituído por um fio, por um conjunto de fios devidamente reunidos ou por perfis adequados.
- Canalização eléctrica - Conjunto constituído por um ou mais condutores e pelos elementos que asseguram o seu isolamento eléctrico, as suas protecções mecânica, química e eléctrica, e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comuns.
- Tensão nominal de uma rede de distribuição - Tensão pela qual a rede de distribuição é designada e em relação à qual são referidas as suas características.
- Instalação de baixa tensão - Instalação em que o valor eficaz ou constante da sua tensão nominal não excede os seguintes valores: a) em corrente alternada: 1000 V; b) em corrente contínua: 1500 V.

- Quadro - Conjunto de aparelhos, convenientemente agrupados, incluindo as suas ligações, estruturas de suporte ou invólucro, destinado a proteger, comandar ou controlar instalações eléctricas.
- Corrente de serviço - Corrente destinada a ser transportada por um circuito em serviço normal.
- Corrente (permanente) admissível - Valor máximo da corrente que pode percorrer, em permanência, um condutor em dadas condições sem que a sua temperatura, em regime permanente, ultrapasse um valor especificado.
- Corrente de sobrecarga - Sobreintensidade que se produz num circuito na ausência de um defeito eléctrico.
- Corrente de curto-circuito (franco) - Sobreintensidade resultante de um defeito de impedância desprezável entre condutores activos que apresentem, em serviço normal, uma diferença de potencial.
- Fusível - Aparelho cuja função é a de interromper, por fusão de um ou mais dos seus elementos concebidos e calibrados para esse efeito, o circuito no qual está inserido, cortando a corrente quando esta ultrapassar, num tempo suficiente, um dado valor. O fusível é composto por todas as partes que constituem um aparelho completo
- Disjuntor - Aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais do circuito. Este aparelho é ainda capaz de estabelecer, de suportar num tempo especificado, e de interromper correntes em condições anormais especificadas para o circuito, tais como as correntes de curto-circuito.
- Poder de corte - Valor da corrente que o dispositivo de protecção é capaz de cortar a uma dada tensão especificada e em condições prescritas de emprego e de funcionamento.

2.1.2 Dimensionamento de Canalizações

O dimensionamento de canalizações eléctricas tem como objectivo determinar a secção normalizada, calibre e poder de corte da protecção capaz de satisfazer todas as condições de segurança impostas no RTIEBT. Estas são:

- Condição de aquecimento
- Condição de queda de tensão
- Protecção contra sobreintensidades:
 - Sobrecargas
 - Curto-circuitos

2.1.2.1 Conceitos base

- S - Potência Instalada
- U_s - Tensão nominal
- I_s - Corrente de serviço da canalização
- I_z - Intensidade máxima admissível
- I_n - Intensidade nominal (calibre) da protecção
- I_f - Intensidade convencional de funcionamento da protecção
- ΔU - Queda de tensão na canalização
- εU_n - Queda de tensão máxima admissível
- X_f - Reactância linear

2.1.2.2 Metodologia de dimensionamento de canalizações eléctricas

O dimensionamento de canalizações é um processo moroso e que pode ser subdividido em vários passos.

1. Cálculo da corrente de Serviço

Por corrente de serviço entenda-se, corrente destinada a ser transportada por um circuito em regime de carga nominal. O cálculo é efetuado com base na potência instalada.

Monofásica:

$$I_s = \frac{S}{U_s} \quad (2.1)$$

Trifásica:

$$I_s = \frac{S}{3 \times U_s} \quad (2.2)$$

2. Escolha do valor de I_z

As canalizações têm de ser dimensionadas de modo a proteger as pessoas, equipamento e objetos ao longo da instalação, contra efeitos térmicos em geral. O valor de I_z é escolhido para que os materiais, condutores e isolamentos, sejam capazes de aguentar o tempo necessário de funcionamento, em regime nominal, sem que seja ultrapassada a temperatura máxima de funcionamento. Este tem de ser superior ao valor da corrente de serviço, condição de aquecimento: $I_s \leq I_z$.

É preciso ter atenção que as capacidades térmicas variam consoante o agrupamento de cabos. Para tal, é inserido um fator de correção que depende da dimensão dos condutores,

tipo de cabo e do tipo de instalação considerado. A verificação da condição de aquecimento passa agora a ser:

$$I_s \leq f_c \times I_z \quad (2.3)$$

Para o caso específico apenas foi utilizado o Quadro 52-E1 pois esta cobre a generalidade dos casos de instalações. Sendo os restantes quadros de fatores de correção existentes nas RTIEBT para casos mais específicos como por exemplo apenas cabos enterrados, que não faz parte dos tipos de instalação habituais da empresa.

Os valores de I_z encontram-se tabelados consoante os tipos de instalação, a natureza da alma condutora e isolamento e o número de condutores carregados.

QUADRO 52-G
Instalação das canalizações

Situação	Modos de instalação							
	Sem Fixação	Fixação directa	Condutas circulares (tubos)	Calhas	Condutas não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre isoladores	Cabos auto-suportados
Ocos de construção	21, 25, 73, 74	0	22, 73, 74	-	23	12, 13, 14, 15, 16	-	-
Caleiras	43	43	41, 42	31, 32	4, 24	12, 13, 14, 15, 16	-	-
Enterradas	62, 63	0	61	-	61	0	-	-
Embebidas	52, 53	51	1, 2, 5	33	24	0	-	-
À vista	-	11	3	31, 32, 71, 72	4	12, 13, 14, 15, 16	18	-
Linhas aéreas	-	-	0	34	-	12, 13, 14, 15, 16	18	17
Imersas	81	81	0	-	0	0	-	-
- Interdito + Permitido 0 Não aplicável ou não utilizado na prática A indicação de um (ou de vários) número(s) corresponde ao da referência do modo de instalação caracterizado no quadro 52 H								

Figura 2.1: Referencias de instalações[2]

Na Figura 2.1 pode ver que para cada diferente instalação está associada uma referência. A esta referência, está associado um método de referência a ser utilizado na tabela correta (Quadro 52-C1 a 52-C30 RTIEBT). Estas tabelas são definidas pela alma condutora, isolamento e número de condutores carregados. Sabendo qual a tabela e método de referência deve-se escolher o valor de I_z . A cada valor de I_z está associada a secção mínima a utilizar no condutor.

3. Condição de queda de tensão

A queda de tensão é considerada um dos argumentos avaliadores da qualidade de serviço. O valor da queda de tensão máxima admissível é referido como uma percentagem da tensão nominal simples. Dependendo do local da instalação, é imposta pelo regulamento uma diferente percentagem máxima para a queda de tensão. Utilizando a lei de Ohm é possível calcular qual a queda de tensão em cada cabo da instalação. No caso específico é calculada a queda de tensão de apenas um cabo e a corrente que o atravessa é a corrente de serviço. Nos casos de redes trifásicas equilibradas é considerado que o neutro tem corrente nula e portanto a queda de tensão está associada apenas a um condutor de fase. Se for o caso de rede monofásica é necessário um condutor de retorno, dobrando assim o valor da resistência. O cálculo da resistência do cabo depende da natureza da alma condutora, cobre ou alumínio, e da secção do cabo. As resistências lineares encontram-se tabeladas nos Quadros 8 e 9 do documento, [3]. Para o cálculo da queda de tensão a resistência tem de ser ajustada para a temperatura de funcionamento usando um coeficiente de correção na resistência linear (Tabela 2.1).

Temperatura Referencia θ_1	Temperatura Final θ_2	Coeficiente de Correção da Resistencia (K_θ)	
		Condutores de Alumínio $\alpha = 0,0038$	Condutores de Cobre $\alpha = 0,00395$
20	70	1,19	1,1975
	85	1,247	1,2568
	90	1,266	1,2765

Tabela 2.1: Coeficiente de Correção da Resistência com a Temperatura

A temperatura de funcionamento está limitada pelo tipo de isolamento utilizado (Tabela 2.2).

Isolamento	Tmáx de funcionamento (°C)
PVC	70
XLPE / PEX ou EPR	90
Borracha Butílica	85

Tabela 2.2: Valores máximos de temperatura de funcionamento

$$R_{\theta 2} = R_{\theta 1} \times K_{\theta} \quad (2.4)$$

Sabendo o comprimento do cabo (L_{CABO}) e calculando a resistência através da fórmula 2.4 pode-se determinar a queda de tensão no cabo e assim verificar se se encontra dentro do limite estabelecido.

$$\Delta U = R_{\theta 2} \times L_{CABO} \times I_s \quad (2.5)$$

Caso $\cos\phi < 1$ a fórmula 2.5 tem de ser alterada considerando agora a reactância dos cabos. A queda de tensão passa agora a ser calculada da seguinte forma:

$$\Delta U = (R_{\theta 2} \times \cos\phi + X_f \times \sin\phi) \times L_{CABO} \times I_s \quad (2.6)$$

Os valores da reactância linear dos cabos podem ser encontrados no quadro 10 do documento, [3].

Também pode ser utilizada uma fórmula aproximada para o cálculo da queda de tensão utilizando a resistividade das almas condutoras. Para a resistividade utiliza-se o valor de 0,0225 para o cobre e 0,036 para o alumínio ($10^3 \Omega mm^2 / km$).

$$\Delta U = b \times [(\rho 1/S) \times \cos\phi + \lambda \times \sin\phi] \times L_{CABO} \times I_s \quad (2.7)$$

Com $b=1$ para circuitos trifásicos equilibrados e $b=2$ para circuitos monofásicos ou trifásicos completamente desequilibrados.

4. Sobreintensidades

Os condutores activos devem estar protegidos contra sobreintensidades, sobrecargas e curto-circuitos, utilizando dispositivos de corte automáticos.

(a) Sobrecargas

A protecção contra sobrecargas é feita de modo a que a corrente nos condutores nunca atinga o seu máximo admissível. Deve haver um corte de corrente antes que o aquecimento provoque danos nos elementos da instalação. Assim sendo, o dispositivo de corte deve obedecer às seguintes condições:

$$I_s < I_n < I_z \quad (2.8)$$

$$I_f < 1,45 I_z \quad (2.9)$$

Os dispositivos de corte são caracterizados principalmente pelo seu calibre e poder de corte. Sendo o calibre a intensidade máxima admissível pelo aparelho de protecção em regime permanente e o poder de corte a intensidade máxima de corrente que consegue cortar sem se danificar ou causar estragos externos. Em casos de sobrecargas o aparelho atua quando é atingida a intensidade convencional de funcionamento (I_f). Esta é proporcional ao calibre do aparelho e difere entre disjuntores e fusíveis. Para disjuntores I_f é 1,45 vezes superior que o calibre e nos fusíveis 1,6.

(b) Curto-Circuitos

A corrente de curto-circuito tem efeitos térmicos e mecânicos sobre os condutores, como tal o dispositivo de corte deve ser capaz de proteger a canalização contra tais efeitos.

O aparelho deverá ter um poder de corte superior à corrente de curto-circuito mais desfavorável e também ter um tempo de atuação inferior, ao tempo de fadiga térmica da canalização e a cinco segundos.

Para a determinação do tempo de atuação do aparelho são utilizadas as curvas tempo-corrente da característica do dispositivo. O tempo de fadiga térmica é calculado através da seguinte fórmula:

$$\sqrt{t_{FT}} = k \frac{S}{I_{cc}} \quad (2.10)$$

De realçar que deve ser utilizada a menor secção entre fase e neutro.

2.2 Ferramenta

Existem já no mercado algumas ferramentas capazes de dimensionar canalizações elétricas. Uma elevada percentagem dessas são simples folhas de cálculo do Microsoft Excel. Exemplo disso é a folha de cálculo da Certiel utilizada neste projeto como base de estudo.

As ferramentas existentes são capazes de calcular correntes de serviço através da potência desejada, seleccionar o modo da canalização elétrica e verificar as condições de segurança impostas pelas RTIEBT. É na verificação que este projeto pretende inovar em relação a ferramenta da Certiel. Enquanto nesta é preciso o utilizador ter em sua posse as várias tabelas utilizadas ao longo do processo de dimensionamento, na ferramenta a elaborar apenas será necessária a própria ferramenta. Todos os elementos necessários ao dimensionamento estarão incorporados na ferramenta e ocorrem na interface apenas os necessários.

Na outra função da aplicação, planeamento de quadros elétricos, não foi encontrada nenhuma outra ferramenta semelhante. Pelo que será um desenvolvimento pioneiro.

Uma das dúvidas iniciais do projeto foi decidir em que ambiente fazer a ferramenta. Surgiram duas hipóteses: uma página WEB ou um software local.

Optou-se pela realização da ferramenta num ambiente de software local pois apresentava algumas vantagens em relação a uma página WEB. Apesar desta limitar o uso da ferramenta a computadores onde se encontra instalada, permite uma maior rapidez no funcionamento e acesso à base de dados. Consegue-se também uma maior segurança dos dados pois não existe possibilidade de acesso a partir do exterior.

2.2.1 Software

Levantou-se então a questão de qual a linguagem de programação utilizar. Devido a conhecimentos mais profundos na linguagem C/C++ foi feita uma análise à viabilidade de utilizar a linguagem de C++ juntamente com ambiente gráfico. Esta mostrou-se algo complicada e consequente da análise surgiu a ideia de utilizar a linguagem Csharp.

Esta linguagem é bastante simples e eficaz, tanto na escrita de código como na criação do ambiente gráfico. Tem influência de várias linguagens destacando-se o Java e o C++ e faz parte da

.NET Framework. A .NET Framework é composta pelo Common Language Runtime (CLR) e uma extensa biblioteca de classes. O CLR é responsável pela execução do programa e na biblioteca de classes, encontram-se as classes, por exemplo, capazes de criar a interface do utilizador e acesso a base de dados. Foi usada a ferramenta Microsoft Visual Studio que oferece uma vasta lista de objetos gráficos conhecidos, simplificando assim o desenho da ferramenta.

2.2.2 Base de dados

A empresa utiliza o produto SQL Server da Microsoft para a gestão de base de dados. Como tal optou-se pela escolha de um produto pertencente ao mesmo grupo.

A base de dados necessária para esta ferramenta não é de todo exigente. O seu tamanho é pequeno e não tem qualquer necessidade de acesso externo, logo pode ser utilizada uma base de dados acessível apenas localmente. Neste tipo de base de dados surgem duas hipóteses: Express Edition e Compact Edition[4].

Característica	SQL Compact 3.5	SQL Express 2012
Tamanho Instalação	12MB	>300MB
Embebido na aplicação	Sim	Não
Executado sobre ASP.NET	Não	Sim
Executado juntamente com a aplicação	Sim	Não
Suporta 64-bit	Sim	Sim

Tabela 2.3: Comparação entre SQL Compact Edition e SQL Express Edition

Como se pode ver pela Tabela 2.3 a edição Compact mostra alguns pontos de interesse a favor, tais como: Menor tamanho de instalação; Embebida na aplicação; Corre juntamente com a aplicação. Optou-se então pela criação de uma base de dados do tipo Compact Server. O software utilizado, Microsoft Visual Studio 2010, permite a criação e manutenção destas bases de dados. Para tal efeito o software dispõe de um wizard onde é possível configurar vários aspetos aquando da criação da base de dados. A nível de programação para leitura e edição de dados são utilizadas funções e objetos já existentes na .NET Framework.

Capítulo 3

Caso de Estudo

3.1 JPM

O grupo JPM iniciou a sua atividade em 1999 na zona industrial da Farrapa, Vale de Cambra. É constituído atualmente por duas empresas, a JPM - Automação e Equipamentos Industriais, S.A e mais recentemente em 2010 foi criada a JPM Renováveis, focada em desenvolver projetos de centrais de produção baseadas em energias renováveis.

A JPM tem neste momento capacidade de montagem, manutenção e reparação de diversas unidades industriais, tais como: AGV, Braços Robóticos, Automação de Sistemas, Doseamento Automático, Quadros Elétricos, Sistemas de Informação, Sistemas de Pesagem e Caudal, Sistemas de Supervisão e Controlo, Sistemas de Transportadores, EExe / EExd, Sistemas de Lubrificação Automática de Transportadores e MultiSwitch.

Este projeto enquadra-se num dos vários serviços prestados pela JPM, servindo de base para um plano de instalação de quadros elétricos, permitindo rápida e facilmente alterar propriedades de um quadro e gerar orçamentos durante reuniões com um cliente.

3.1.1 Quadros JPM

A aplicação tem como destino o planeamento de quadros elétricos dedicados aos modelos de quadros instalados pela empresa. Estes quadros são fechados apenas com bornes de entrada e saída de cabos. A instalação dos quadros no cliente resume-se ao transporte dos mesmos até ao destino e encaixe dos cabos da instalação no quadro.

Para a criação da base de dados, foi fornecida ao autor uma especificação de vários tipos de produtos integrantes nos diferentes quadros, juntamente com uma montagem tipo que se pode ver na Figura 3.1.

Foi através desta especificação que foram criados os diferentes tipos de produtos existentes na base de dados para planear no projeto.

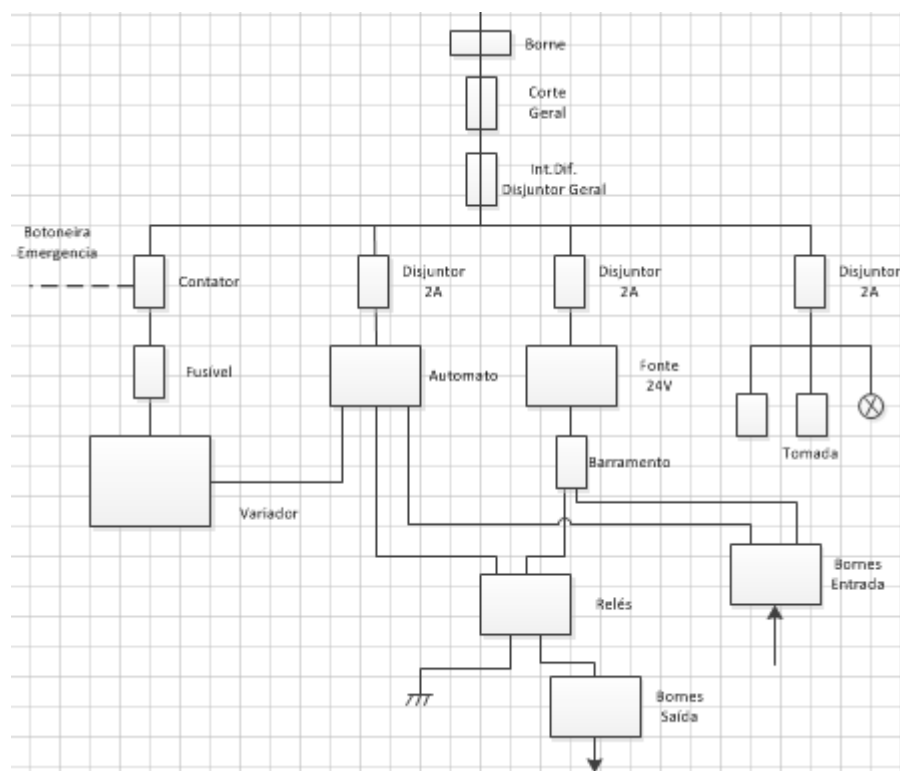


Figura 3.1: Quadro Tipo

3.2 Análise de Requisitos

A análise de requisitos foi feita através das reuniões, ao longo do semestre, na empresa e também com novas ideias que foram surgindo com o desenvolvimento do projeto.

Para um melhor entendimento os requisitos elaborados foram agrupados em três grupos: Base de Dados, Interface Excel e Ferramenta.

Os requisitos irão ser apresentados na forma de tabela e terão a seguinte codificação:

Requisito A.B	
A	Referente ao tipo de requisito
	1 - Requisito Funcional
	2 - Requisito não funcional
B	Referente à ordem do requisito

Tabela 3.1: Codificação de Requisitos

ID	Requisito	Justificação
1.1	Adicionar, editar e remover produtos da base de dados	A lista de produtos da empresa é variável, logo tem de ser possível atualizar a base de dados
2.1	Uso de linguagem SQL e programas da família Microsoft SQL	Com uma ideia de futura sincronização automática entre base de dados.
2.2	Base de dados local	Permite que a ferramenta funcione sem acesso à rede

Tabela 3.2: Requisitos associados à Base de Dados

ID	Requisito	Justificação
1.1	Criar ficheiro com lista dos produtos pertencentes ao quadro	Serve para ser utilizada no restante processo de planeamento interagindo com as restantes ferramentas da empresa
2.1	A lista deve ter o estilo: Referencia Quantidade	Estilo admissível pela ferramenta onde o ficheiro é utilizado

Tabela 3.3: Requisitos associados à interface Excel

ID	Requisito	Justificação
1.1	Permitir escolher os produtos integrantes do quadro	O utilizador pode proceder a montagem de diferentes quadros.
1.2	Calcular proteções e secção mínima dos cabos	Objetivo principal do programa
1.3	Verificar as condições de segurança estabelecidas nas RTIEBT	Necessário para um correto dimensionamento
1.4	Permitir a inserção de cabos a montante para o calculo da corrente de curto-circuito	Permite calcular com maior rigor o pior caso para o calculo da corrente de curto-circuito
1.5	Carregar quadros com produtos já escolhidos	Possibilitar uma maior rapidez a gerar quadros semelhantes
1.6	Gerar orçamento do quadro	Funcionalidade exigida por parte do cliente
2.1	Sinalização em cada tipo de produto quando já se encontra pelo menos um produto desse tipo selecionado	Para o utilizador saber quais os produtos que já escolheu e quais é que falta para preencher o quadro
2.2	Apresentar imagem com curva característica do tipo C de disjuntores para a verificação da condição de curto-circuito	Dificuldades em processar automaticamente, pelo que foi discutido com o cliente e acordou-se apresentar a imagem da curva
2.3	Modo de instalação, isolamento e alma condutora pré-definidos (Cabos Multicondutores, À vista, Calhas, PVC e cobre)	Exigencia por parte do cliente para acelerar o processo de dimensionamento

Tabela 3.4: Requisitos associados à ferramenta

Capítulo 4

Desenvolvimento

4.1 Introdução

Como já foi referenciado anteriormente a ferramenta desenvolvida tem duas principais funções: dimensionar cabelagem e proteções de instalações elétricas e arquitetar quadros elétricos.

Pode-se dividir o trabalho realizado em dois módulos que estão interligados: criação e manutenção de uma base de dados e a criação da interface gráfica. A esta última atribuiu-se o nome de GesQuad.

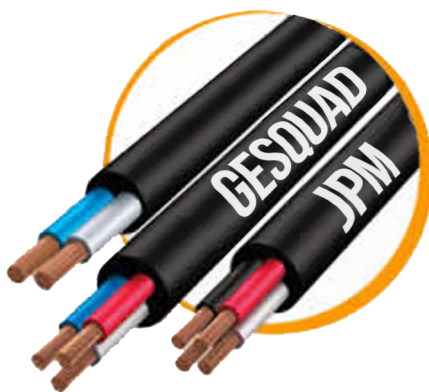


Figura 4.1: Logotipo da ferramenta GesQuad

A ferramenta pode ser instalada em qualquer computador e contém toda a informação necessária no ficheiro de instalação, não precisando portanto de nada mais além do pequeno ficheiro menor que 1.5MB.

De referir que o código fonte do programa consta com mais de 1500 linhas, inviabilizando a sua disponibilidade em papel. Desta forma, apresentam-se apenas algumas partes importantes do código para a compreensão do funcionamento do programa assim como algumas das suas interações com a base de dados.

4.2 Base de Dados

Tal como já foi explicado anteriormente para o armazenamento de dados foi utilizada a tecnologia SQL Compact Edition. A base de dados foi criada e preenchida enquanto o desenvolvimento da ferramenta. Para uma melhor organização a base de dados está subdividida em três diferentes ficheiros: Materiais.sdf, TabelasCorrentes.sdf e TipoInstalacao.sdf.

Seguidamente será explicada cada uma destas bases de dados, a sua organização e objetivo.

4.2.1 Materiais

Esta base de dados está relacionada com a lista de produtos existentes na empresa e contem as seguintes entidades:

- Produto - Representa um produto existente na empresa
- Característica - Representa uma característica que possa definir um qualquer produto
- Tipo - Utilizado para categorizar os produtos
- Conjunto - Serve para guardar informação relativa a interligação de produtos

Na Figura 4.2 pode observar o modelo entidade-relação utilizado na criação da BD.

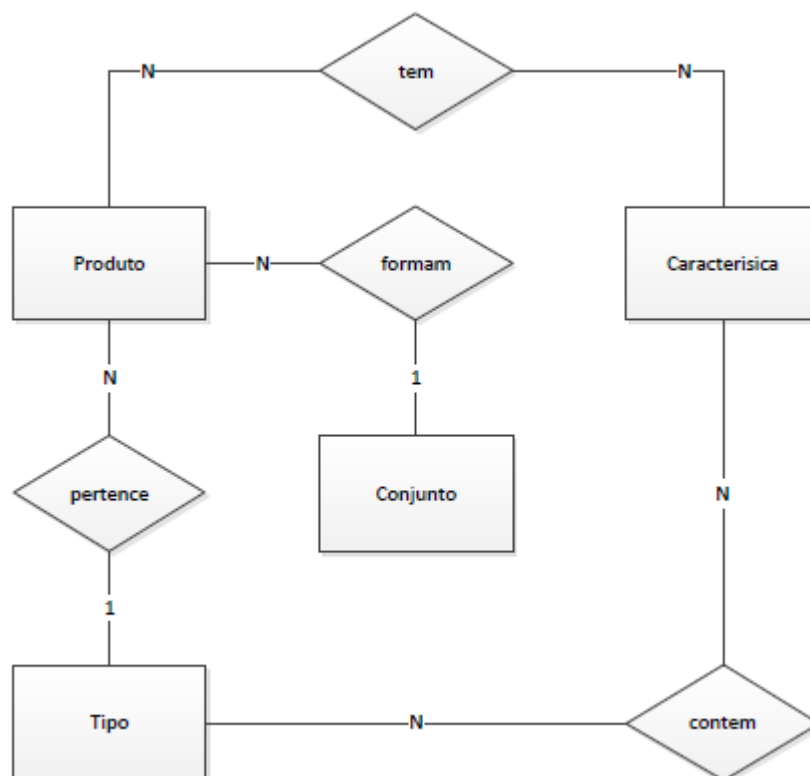


Figura 4.2: Modelo Entidade-Relação da Base de Dados Materiais

As Associações utilizadas foram as seguintes:

- Pertence: A cada produto está associado um tipo.
- Tem: Cada produto tem pelo menos uma característica e cada característica tem pelo menos um produto associado. Esta relação, por ser N-N, obriga a criação de uma nova tabela onde estão guardados os valores do produto para cada característica a ele associada.
- Contem: Associação semelhante à anterior. Representa quais as características que definem um determinado tipo de produto.
- Formam: Vários produtos formam um determinado conjunto.

Os tipos de produto foram definidos consoante os diferentes itens constituintes de um quadro eléctrico produzido pela JPM. Sendo assim existem 28 diferentes tipos e a cada um foram atribuídas características relevantes ao tipo.

Para produtos que apenas são usados em conjuntos é atribuído o tipo, conjunto, e contem só seis características, que são gerais a todos os produtos, marca, altura, largura, comprimento, preço e observações.

4.2.2 Tipos Instalação

Como anteriormente referido segundo as RTIEBT dependendo do local e tipo de instalação as correntes máximas admitidas no cabo são diferentes. A cada diferente combinação de instalação é atribuída uma referência correspondendo esta à correcta coluna da tabela de correntes admissíveis para retirar a secção mínima do cabo.

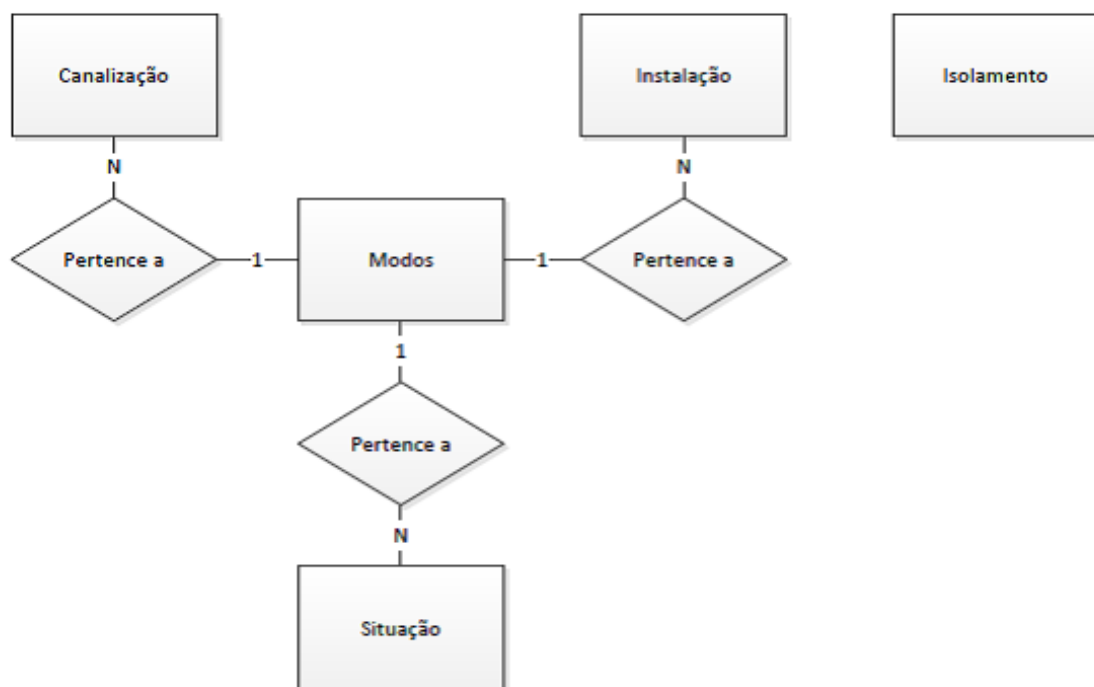


Figura 4.3: Modelo Entidade-Relação da Base de Dados Tipo Instalação

A entidade "Modos" contém a combinação de todas as possíveis montagens a nível de canalização, instalação e situação. Pelo modelo entidade-relação é possível observar a semelhança entre estas entidades.

Todas estas três entidades possuem apenas dois atributos sendo eles id e nome e a associação que também é igual nas três "Pertence a", que permite a utilização na entidade modos como chave externa os ids de cada uma das restantes entidades.

Para além das chaves externas a entidade Modos possui três outros atributos: Id, Ref e Imagem. O atributo id é um simples indicador interno para cada combinação.

No atributo Ref é guardada qual a referência a utilizar no modo escolhido. Estas podem ser A,A2,B,B2,C,D,E e como as referências F e G dependem também do modo como estão montados os condutores foram criadas as referências FT (condutores em triangulo), FES (condutores em esteira sem afastamento), FECH (condutores em esteira com afastamento horizontal) e FECV (condutores em esteira com afastamento vertical).

Nas referências em que é impossível ser feita a escolha automaticamente o utilizador tem à sua disposição uma imagem das possíveis referências no caso escolhido. Nestes casos é definido pela referência "I" e no atributo "Imagem" encontra-se o nome da imagem a aparecer.

4.2.3 Tabelas de Correntes Admissíveis

Nesta BD encontram-se todas as tabelas de correntes admissíveis e a tabela com os valores do fator de correção. Como tal é formada por um conjunto de nove tabelas independentes umas das outras.

A escolha da tabela de correntes admissíveis depende do material de isolamento (PVC ou PEX), do condutor (Cobre ou Alumínio) e do número de condutores carregados (2 ou 3).

A solução encontrada para a criação das tabelas foi criar uma tabela para cada diferente combinação seguindo a seguinte definição, IsolamentoMaterialNumCondutores (PVCCu3, PVCCu2, PVCAI3, etc). Cada uma das tabelas contem uma coluna para cada possível referencia e a secção de cabo correspondente. Para exemplo, pode ver na Figura 4.4 a constituição da tabela PEXCu3.

PEXCu3: Query(C:\U...elasCorrentes.sdf) X												
	sec	A	B	C	E	FT	FES	FECH	FECV	A2	B2	D
	1,5	17	20	22	23	0	0	0	0	16,5	19,5	31
	2,5	23	28	30	32	0	0	0	0	22	26	41
	4	31	37	40	42	0	0	0	0	30	35	53
	6	40	48	52	54	0	0	0	0	38	44	66
	10	54	66	71	75	0	0	0	0	51	60	87
	16	73	88	96	100	0	0	0	0	68	80	113
	25	95	117	119	127	135	141	182	161	89	105	144
	35	117	144	147	158	169	176	226	201	109	128	174

Figura 4.4: Tabela PEXCu3

Existe também uma tabela para os factores de correcção para agrupamento de cabos.

4.3 Ferramenta

Neste capítulo será apresentado e explicado todo o funcionamento da ferramenta de trabalho.

4.3.1 Início

Quando a ferramenta é executada é apresentada uma janela inicial (Figura 4.5) onde o utilizador tem acesso às várias funcionalidades do programa.

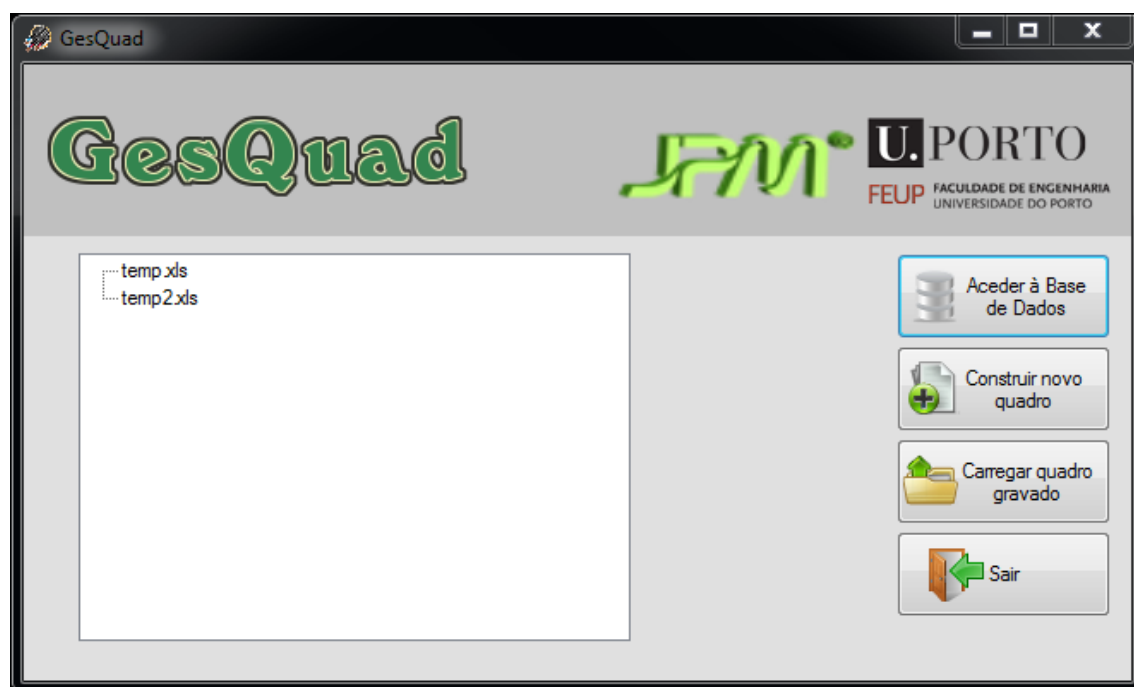


Figura 4.5: Janela Inicial

A ferramenta possui duas principais funcionalidades, a gestão da base de dados dos materiais e o planeamento de quadros elétricos. Estas, tal como pode ser observado na figura 4.5, estão acessíveis a partir dos botões que se encontram do lado direito da janela.

Clicando no primeiro, "Aceder à Base de Dados", é aberta uma nova janela onde o utilizador é capaz de modificar, adicionar e apagar produtos da base de dados.

Os dois seguintes botões correspondem ao planeamento e gestão de quadros elétricos. Podendo o utilizador criar um novo quadro ou abrir um quadro previamente planeado.

Na primeira opção, "Construir novo quadro", é pedido ao utilizador para escolher o nome e local de gravação do novo ficheiro. Na segunda, "Carregar quadro gravado", aparece o explorador de Windows para o utilizador procurar e seleccionar qual o ficheiro a abrir.

A janela apresenta também uma lista de quadros recentemente utilizados do lado esquerdo, através do duplo clique numa linha o programa carrega esse quadro e abre a janela de gestão de quadros.

4.3.2 Gesto da BD

Nesta janela é possível adicionar, modificar e apagar produtos da base de dados.

Referencia	Nome
100543001	ARMARIO INOX 1800X1600X400 C/PLAT ELDON
100528001	ARMARIO INOX 1800X1200X400 ELDON
100505001	ARMARIO INOX 1800X1000X500 C/PLAT ELDON
100555001	ARMARIO INOX 1800X1000X400C/PLATELDON
100555002	ARMARIO INOX 1800X1000X400 C/PLAT RITTAL
100550001	ARMARIO INOX 1800X800X500 ELDON
100513001	ARMARIO INOX 1800X800X400 C/PLAT ELDON

Nome: Referencia: Tipo: Armário

Características de Armário

Marca: Material:
 Altura: Num. Variadores:
 Comprimento: Platinado?:
 Largura:
 Preço:

Limpar dados
 Adicionar/Modificar
 Apagar
 Voltar

Figura 4.6: Gestao Base de Dados

Esta janela é composta por vários objetos estáticos. O utilizador deve começar por seleccionar qual o tipo de produto, qualquer que seja a operação que queira fazer. Ao clicar na ComboBox executa-se uma query que selecciona todos os tipos de produtos existentes e adiciona-os à lista de itens.

```
1 "SELECT NomeTipo FROM Tipo ORDER BY NomeTipo ASC"
2 comboBoxTipo.Items.Add(rdr.GetString(0));
```

Após a seleção do tipo, duas alterações podem ser vistas, o preenchimento da datagrid com todos os produtos do tipo selecionado e a criação dinâmica de várias textbox e label sendo cada par corresponde a uma diferente característica do tipo.

```

1 "SELECT Ref, Nome FROM Produto INNER JOIN Tipo ON Tipo.Id_Tipo = Produto.
   Id_Tipo WHERE (Tipo.NomeTipo = ' ' + comboBoxTipo.SelectedItem.ToString() +
   " ')" ;
2 prod[0] = Convert.ToString(rdr.GetInt32(0));
3 prod[1] = rdr.GetString(1);
4 dataGridView1.Rows.Add(prod);
5
6 "SELECT Caracteristica.NomeCara, Tipo.Id_tipo FROM Caracteristica INNER JOIN
   TipoCar ON Caracteristica.Id_Cara = TipoCar.Id_Cara INNER JOIN Tipo ON
   TipoCar.Id_Tipo = Tipo.Id_Tipo WHERE (Tipo.NomeTipo = ' ' + comboBoxTipo.
   SelectedItem.ToString() + " ')" ;
7 Label nome = new Label();
8 TextBox valor = new TextBox();
9 nome.Text = rdr.GetString(0);
10 valor.Text = nome.Text;
11 groupBox1.Controls.Add(nome);
12 groupBox1.Controls.Add(valor);

```

Se desejar modificar um produto deverá pesquisa-lo na lista de produtos e clicar em cima do mesmo. A procura pode ser feita manualmente percorrendo a lista de produtos ou através da referência do produto editando a caixa de texto respetiva. Interessante mencionar que a pesquisa é efetuada instantaneamente e utilizando apenas partes da referência, utilizando o operador de SQL LIKE.

```

1 "SELECT Produto.Ref, Produto.Nome FROM Produto INNER JOIN Tipo ON Tipo.Id_Tipo
   = Produto.Id_Tipo WHERE Tipo.NomeTipo = ' '+comboBoxTipo.SelectedItem.
   ToString()+ " ' AND Produto.Ref LIKE '%" +textBoxRefe.Text+"%'";

```

Quando encontrar o produto e clicar na devida linha, as caixas de texto editáveis são preenchidas com os valores das características do produto. Restando agora alterar os campos desejados e clicar no botão "Adicionar/Modificar".

Para adicionar um novo produto, após a seleção do tipo, preencher os dados de todas as caixas de texto e clicar no botão "Adicionar/Modificar".

A função de clique no botão "Adicionar/Modificar" utiliza o numero de linhas na datagrid para saber qual a função a efetuar. Se existir um item na datagrid esse produto tem as suas características atualizadas conforme os valores das caixas de texto, contrariamente, quando é introduzida uma nova referencia, e portanto, nenhum produto aparece na datagrid é inserido na base de dados o novo produto.

```

1 if (dataGridView1.Rows.Count != 0)
2 "UPDATE ProdCara SET Valor='" + texts[i].Text + "' WHERE ProdCara.Ref=" +
   textBoxRefe.Text + " AND ProdCara.Id_Cara IN (SELECT Id_Cara FROM
   Caracteristica WHERE NomeCara =' " + cara.Text + " ')" ;
3 else
4 "INSERT INTO Produto(Ref,Nome,Id_Tipo) VALUES ( " + textBoxRefe.Text + ", '" +
   textBoxNome.Text + "', " + idtipo + " )" ;
5 "INSERT INTO ProdCara(Id_Cara,Ref,Valor) SELECT Caracteristica.Id_Cara, " +
   textBoxRefe.Text + ", '" + texts[i].Text + "' FROM Caracteristica WHERE
   Caracteristica.NomeCara = '" + cara.Text + " ' " ;

```

Se pretender eliminar um produto, segue o procedimento de escolher o produto da tabela e depois clicar no botão "Apagar".

O botão "Voltar" serve para a qualquer momento sair da janela e voltar ao início do programa.

4.3.3 Quadros

Em (4.3.1) já foi referido que existem duas opções de iniciar o planeamento de quadros, um novo quadro ou utilizar um quadro gravado.

Nesta nova janela (Figura 4.7) o utilizador é capaz de seleccionar todos os componentes de um quadro.

GesQuad

FEUP U. PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Dimensionamento **Produto**

Dados entrada

☐ Potencia ☐ Corrente

Tipo Alimentacao

☐ Monofásico ☒ Trifásico

Cos D:

Tipo de Cabos

☒ Cobre ☐ Aluminio Comprimento m

Canalizacao:

Situacao:

Instalacao:

Isolamento:

Protecções

☐ Fusível ☒ Disjuntor Geral

Referencia	Nome	Marca	Preco	In
103514002	DISJUNTOR 2P 16A CURVA C GE	GE		16
103532002	DISJUNTOR GE 4P 6KA C16A	GE		16
103533002	DISJUNTOR GE 4P 6KA C20A	GE		20

Dados Saída

Is: 0 In: 0 Iz: 0 If: 0 1.45 Iz: 0 Icc: 0 TIt: 0

Seccao: 0 ΔU: 0 ΔU max: 10 Borne:

Figura 4.7: Planeamento de Quadros

Como pode observar a janela encontra-se dividida em duas partes. Do lado esquerdo dispõe da lista de componentes do quadro, e do lado direito um objeto dinâmico (tabcontrol) constituído por duas tabs, Dimensionamento e Produto e são melhor explicadas seguidamente.

4.3.3.1 Dimensionamento

A tab "Dimensionamento" utiliza a informação estudada nas RTIEBT para dimensionar o aparelho de corte e secção de cabo a utilizar, resultando assim na escolha dos bornes de entrada e saída do quadro.

Para o cálculo da corrente de serviço foi criada uma função que dependendo do estado dos radiobuttons (Potencia/Corrente e Monofásico/Trifásico) e dos valores das caixas de texto calcula o valor da corrente e apresenta-o na label Is. Esta função é chamada sempre que é efectuada uma alteração nas caixas de texto ou nos radiobuttons.

```

1 private void actualiza_Is ()
2     {
3         double Is=0;
4         if (textValor.Text != "")
5         {
6             if (radioCorr.Checked) //Se Corrente estiver selecionado
7                 labelIs.Text = textValor.Text;
8             else if (radioPot.Checked && textCos.Text != "") //Se Potencia
               estiver selecionado e cos0 tiver um valor.
9             {
10                if (radioMono.Checked)
11                    Is = Convert.ToDouble(textValor.Text) * 1000 / (Convert
                                   .ToDouble(textCos.Text) * Us);
12                else if (radioTri.Checked)
13                    Is = Convert.ToDouble(textValor.Text) * 1000 / (Convert
                                   .ToDouble(textCos.Text) * 3 * Us);
14            }
15        }
16        Is /= fc;
17        labelIs.Text = Convert.ToString(Is);
18    }

```

Na groupbox "Tipo de Cabos" é inserida a informação referente aos cabos, conseguindo assim o programa seleccionar qual a referência e tabela de correntes admissíveis que deve utilizar. O programa funciona agora por eventos seguindo o diagrama apresentado na Figura 4.8.

O botão "Montante" não foi aqui inserido pois este tem um comportamento diferente abrindo uma outra janela.

É possível também através do botão, "Montante", abrir uma nova janela (Figura 4.9) que serve para o utilizador inserir informação sobre cabos existentes a montante para o cálculo da corrente de curto-circuito.

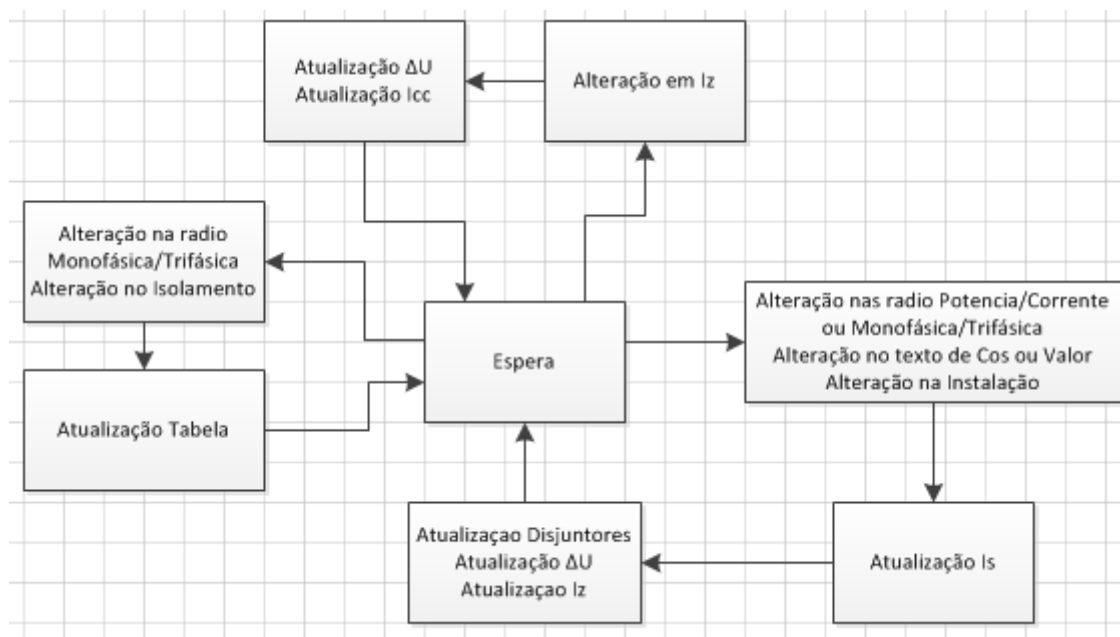


Figura 4.8: Diagrama funcionamento por eventos

Esta janela é bastante simples e intuitiva. Tem três campos de introdução: secção, comprimento (ambos caixas de texto editáveis) e uma combobox para seleccionar o tipo de alma do cabo. Cada vez que é pressionado o botão "Adicionar Cabo", é calculada a resistência do cabo através dos dados introduzidos nos três campos.

```

1 r += 2 * p / s * l)
2 textBoxSec.Text = "0";
3 textBoxL.Text = "0";
4 comboBoxAlma.SelectedIndex = 0;

```

Como pode ser visto, o programa automaticamente limpa os campos para que mais cabos possam ser inseridos. A variável r é sempre somada a ela própria do valor da resistência do novo cabo através da simbologia $+=$. Assim a cada cabo que o utilizador for inserindo a resistência total dos cabos está disponível em r .

Quando for premido o botão "Confirmar", a janela fecha-se e o valor de r é passado para a outra classe e somado da resistência não só do cabo que ali vai ser calculado como também de cabos a montante que anteriormente podiam ter sido adicionados.

Se o utilizador desejar apagar todos os cabos existentes a montante deverá na janela "Montante" pressionar o botão "Reset". O botão "Cancelar" fecha a janela sem que sejam tidos em conta os valores existentes, no momento, nos campos de introdução.

Como pode ter sido visto na Figura 4.8 o programa só recalcula I_s após alteração no tipo de instalação. Isto porque a escolha do modo de instalação é feita sequencialmente: canalização, situação e instalação (Figura 4.10). As hipóteses de montagem vão sendo filtradas consoante os modos de instalação existentes na base de dados.

Figura 4.9: Janela para Adição de Cabos a Montante

Como foi dito anteriormente, a informação escolhida nesta janela pode não bastar para a escolha da referência a utilizar. Então, quando for seleccionada a instalação desejada e houver diversas referências possíveis é aberta uma nova janela que contém uma imagem com a grelha de referências praticáveis.

Em alguns casos é pedido que seja também escolhido o fator de correção. Para tal efeito, o valor do f_c é apresentado num botão e não numa simples label. Ao carregar no botão é aberta uma janela com a tabela 52-E1 dos RTIEBT.

Esta janela funciona semelhantemente a uma janela de confirmação, mas com várias opções numa tabela. O utilizador deve procurar e clicar no caso aplicável, e aceitar a confirmação de alteração do f_c . Ao confirmar, este novo valor é guardado numa variável do tipo estático existente na classe da FormCorr. De seguida a janela fecha-se e a volta a aparecer a janela das referências com o valor do fator de correção atualizado.

Após ser escolhida a referência o utilizador deve escolher qual o tipo de protecção, Disjuntor ou Fusível, utilizando os radiobutton disponíveis. Ao clicar no pretendido a datagridview vai ser preenchida com os possíveis produtos, isto é, o programa automaticamente filtra os produtos cuja corrente nominal é inferior à corrente de serviço. No código o filtro consiste numa função que é chamada sempre que o valor da corrente de serviço (I_s) é alterado.

```

1      private void actualiza_disj()
2      {
3          for (int i = 0; i < dataGridView2.Rows.Count; )
4          {
5              if (Convert.ToInt32(dataGridView2.Rows[i].Cells["In"].Value) <=
6                  Convert.ToDouble(labelIs.Text))
7              {
8                  dataGridView2.Rows.RemoveAt(i);
9              }
10             else
11                 i++;
12         }
13     }

```

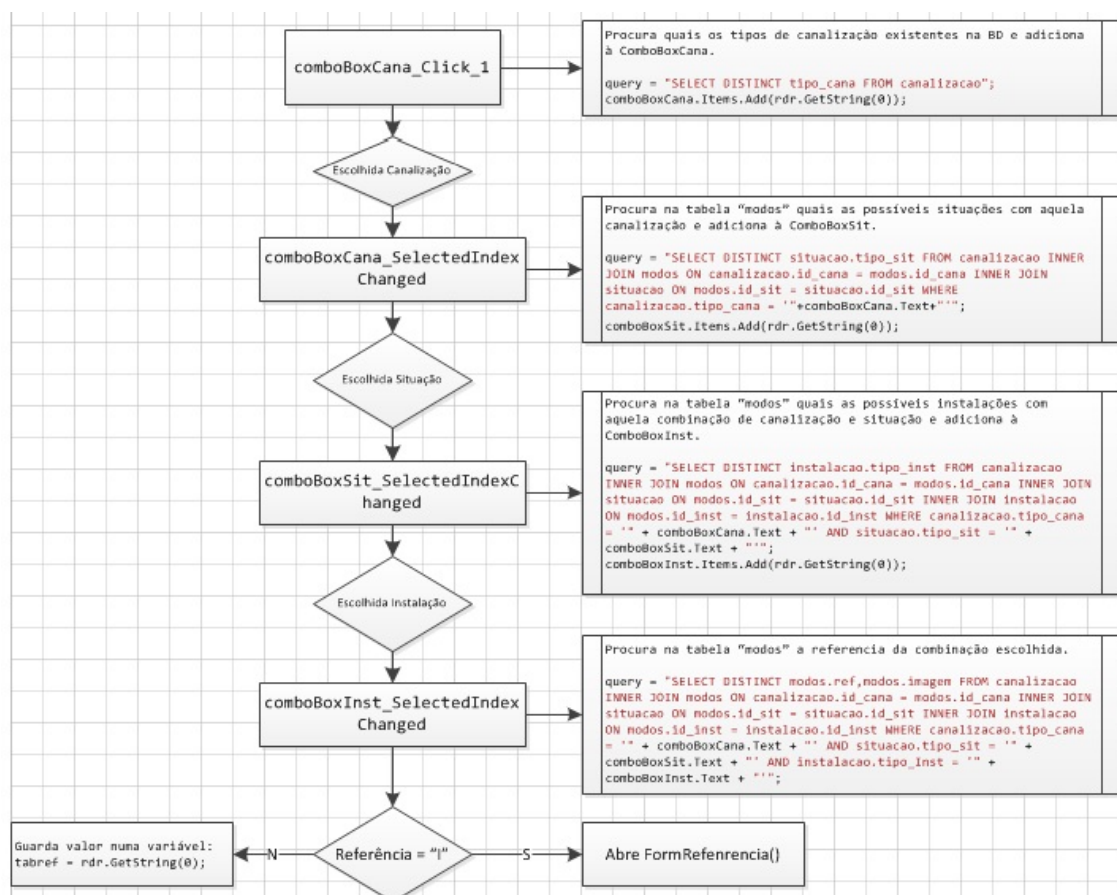


Figura 4.10: Diagrama Escolha de Modo de Instalação

O utilizador deve agora seleccionar entre a lista de produtos na tabela qual o que melhor se adequa à instalação. Para seleccionar deve clicar na linha do produto e assim alterar os valores das labels In e If.

```

1      if (radioDis.Checked)
2      {
3          DataGridViewSelectedCellCollection linha = dataGridView2.
4              SelectedCells;
5          labelIn.Text = Convert.ToString(linha[dataGridView2.Columns["In
6              "].Index].Value);
7          labelIf.Text = Convert.ToString(Convert.ToInt32(labelIn.Text) *
            1.6); // Disj - 1.6
            labelDisjuntorGeral.BackColor = System.Drawing.Color.Green;
        }
  
```

Na última linha de código desta função é também atualizada a situação de produto já escolhido.

Segue-se a escolha da corrente máxima admissível no cabo (Iz) que pertence à tabela e referência seleccionadas anteriormente. A referência já foi explicada como foi obtida pelo programa. Para saber qual a tabela da base de dados o programa deve ir buscar é utilizado o seguinte código:

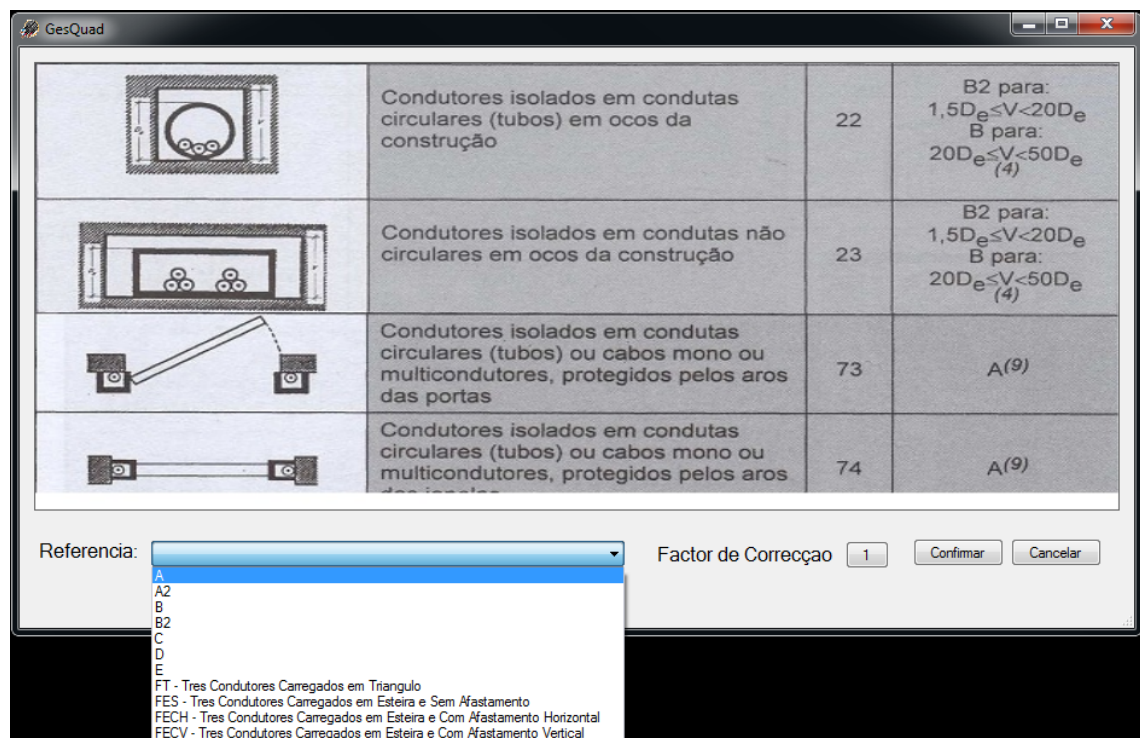


Figura 4.11: Lista de Possiveis Referencias

```

1 private void atualiza_Tabela()
2 {
3     string isolamento = "", condutor = "", numero = "";
4     if (comboBoxIso.SelectedItem.Equals("PEX/EPR")) { isolamento = "PEX"; }
5     else if (comboBoxIso.SelectedItem.Equals("PVC")) { isolamento = "PVC"; }
6     if (radioCobre.Checked) condutor = "Cu";
7     else if (radioAlum.Checked) condutor = "Al";
8     if (radioTri.Checked) numero = "3";
9     else if (radioMono.Checked) numero = "2";
10    tabela = isolamento + condutor + numero;
11 }

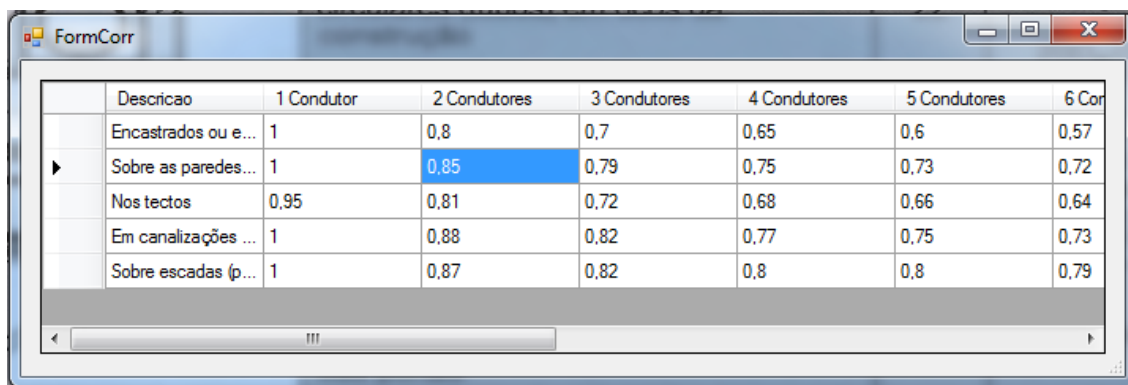
```

Usando três testes de "if" facilmente se consegue definir e gerar uma string com o nome da tabela a utilizar. Esta função é chamada sempre que existe uma alteração em qualquer dos três campos, isolamento, alma condutora ou número de condutores.

Sendo ambas referencia e tabela conhecidas, a comboBox Iz lista os valores de Iz que respeitam as condições:

$$I_z > I_n \quad (4.1)$$

$$1.45 \times I_z > I_f \quad (4.2)$$



	Descricao	1 Condutor	2 Condutores	3 Condutores	4 Condutores	5 Condutores	6 Condutores
	Encastrados ou e...	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57
►	Sobre as paredes...	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72
	Nos tectos	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64
	Em canalizações ...	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73
	Sobre escadas (p...	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79

Figura 4.12: Quadro Fator de Correção

```

1 private void actualiza_Iz ()
2     {
3     string query = "SELECT sec ," + tabref + " FROM " + tabela + " ORDER BY " +
4         tabref + " ASC";
5         while ( rdr.Read () )
6         {
7             if ( rdr.GetDouble(1) > In && rdr.GetDouble(1) < If && rdr.
8                 GetDouble(1) * 1.45 > If )
9                 comboIz.Items.Add( Convert.ToString( rdr.GetDouble(1) ) );
10        }
11    }

```

Esta função é chamada sempre que a combobox é clicada, assim sendo os seus valores estão sempre atualizados independentemente de mudanças feitas nos restantes valores de dimensionamento.

No Caso de pressionar a combobox e nenhum valor seja apresentado, significa que utilizando a proteção desejada não existe nenhum cabo capaz de suportar tais correntes. O utilizador deve então alterar a proteção ou um outro parâmetro da instalação de modo a que existam valores de Iz que respeitem as condições.

Associada a cada corrente está uma secção de cabo. Juntamente com o comprimento do cabo escolhido anteriormente, a corrente de serviço e a resistividade do condutor é possível calcular a queda de tensão no cabo.

```

1         if (radioMono.Checked)
2         {
3             b = 2;
4             du = (b * (p1 / s) * l * ib) / Us * 100;
5         }
6         else if (radioTri.Checked)
7         {
8             b = 1;
9             cos = Convert.ToDouble(textCos.Text);
10            du = (b * (p1 / s) * l * ib) / Us * 100;
11        }
12        labeldeltau.Text = Convert.ToString(du);

```

O utilizador deve agora verificar qual o valor calculado e confirmar se é menor que a queda de tensão máxima admissível na situação em que se encontra.

Caso esta não seja, o utilizador deve aumentar o Iz de modo a elevar a secção, diminuindo por sua vez a queda de tensão. Por vezes torna-se necessário elevar o aparelho de corte para que existam valores de Iz superiores e que respeitem as condições de sobrecarga.

Também a corrente de curto-circuito deve ser sempre verificada. Esta é apresentada na parte inferior do lado direito da janela, juntamente com um botão que possibilita ao utilizador verificar a corrente na curva característica C dos disjuntores. Só esta é disponibilizada pois neste momento apenas esses disjuntores são usados pela empresa.

Para o cálculo da corrente de curto-circuito assumiu-se que as secções de fase e neutro são iguais, visto a secção estar limitada pelos bornes e o maior é de 6mm².

```

1     icc = Us / ( ( 2 * p1 / s * l ) + res_mont );
2     T = (K * s / icc) * (K * s / icc);

```

Deve verificar também se o tempo de fadiga térmica é superior a 5 segundos.

O utilizador deve ter sempre em atenção quais os tamanhos dos bornes disponíveis. Podendo isso também provocar uma alteração no dimensionamento das protecções e secção do cabo.

Na zona inferior da janela, "Dados de Saída", o utilizador pode ir verificando as condições de queda de tensão, curto-circuito e limites de corrente.

4.3.3.2 Produto

Do lado esquerdo encontram-se todos os produtos que o utilizador terá de escolher para que o quadro fique completo. Conforme a Label em que o utilizador carregar a tab "Produto" vai ser dinamicamente criada. Esta é composta por um painel superior com várias CheckListBoxs e um datagridview na parte inferior da janela.

O número de CheckListBoxs vai depender da quantidade de características associadas ao produto escolhido pelo utilizador. Cada CheckListBox corresponde a uma característica e como tal tem uma opção por cada valor diferente existente na base de dados.

Estas CheckListBoxs funcionam como filtros para a datagridview, assim o utilizador consegue encontrar de maneira rápida e eficaz o produto que melhor se qualifica para a situação desejada.

Após encontrar o produto desejado o utilizador deverá carregar na linha desse produto na datagridview para adicionar esse produto ao seu quadro. Ao seleccionar, é aberta uma nova janela que tem informação referente ao produto base escolhido e de produtos associados ao primeiro.

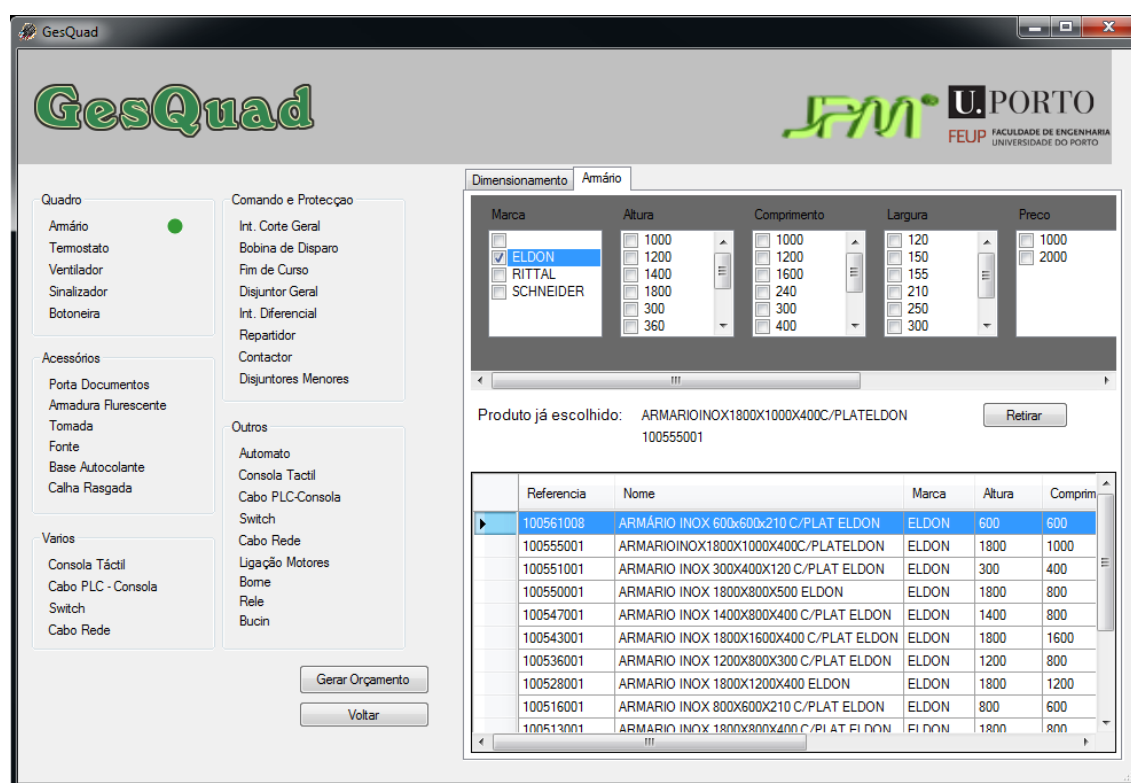


Figura 4.13: Escolha de produto

Tal como explicado anteriormente, os produtos associados a um outro produto são guardados na base de dados utilizando uma fórmula para cada produto diferente. Quando é escolhido um produto o programa executa uma query para retirar todas as fórmulas associadas ao produto. As fórmulas utilizam a codificação "QtdxRef2", isto é, para uma Ref1 são necessários "Qtd" de uma Ref2.

Dentro de um ciclo, o programa descodifica as fórmulas e adiciona os produtos na datagrid-view.

Nesta janela o utilizador é informado do preço e quantidade de cada produto necessário. Pode também aumentar/diminuir a quantidade de cada produto diretamente na datagridview. Estando as quantidades definidas, o utilizador pode verificar o preço total e confirmar a escolha do produto.

Quando um produto é confirmado, a sua referência e quantidade é guardada no ficheiro definido no início do programa.

A janela de conjuntos é fechada e o utilizador volta a janela principal.

Pode agora verificar que se encontra uma bola verde acessa em frente ao tipo de produto selecionado, esta informa o utilizador que aquele tipo produto já tem escolhido e guardada a informação de pelo menos um produto.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

5.1 Satisfação dos Objetivos

Conclui-se neste trabalho que a ferramenta GesQuad pode vir a ser de grande importância para a empresa. Apesar do seu estado ainda verde o GesQuad já irá permitir à empresa poupar algum tempo do projeto. Os requisitos definidos para projeto foram cumpridos, podendo agora a empresa definir novas metas a alcançar para melhoria da ferramenta.

O uso da tecnologia SQL Compact Server permitiu, tal como previsto, a criação de base de dados de pequeno tamanho possibilitando um ficheiro de instalação de pequena dimensões.

A nível de dimensionamento o GesQuad respeita as regras das RTIEBT, sendo que apenas foi notada uma dificuldade em obter uma verificação a nível da corrente de curto-circuito devido a não existência de uma interpolação da curva característica de funcionamento dos disjuntores do tipo C.

Um das grandes dificuldades existentes neste projeto foi a comunicação do programa com o Microsoft Excel. Apesar de já existir uma classe dedicada a essa comunicação nem sempre foi fácil conseguir obter ou inserir a informação desejada nos ficheiros.

Contudo o uso destes ficheiros para guardar a informação referente a cada quadro foi um sucesso, e o serviço de abertura e edição de um quadro padrão é para o autor uma mais valia ao programa e à empresa.

5.2 Trabalho Futuro

Tal como foi dito ao longo deste trabalho, a criação desta ferramenta foi um primeiro passo, foi a conceção de algo novo e que tem um grande leque de possibilidades de expansão.

Antes de mais, o GesQuad encontra-se ainda numa versão beta e portanto pode conter alguns "bugs". Deve então ser primeiro objetivo finalizar esta primeira versão do programa.

Após isso o autor sugere aqui apenas algumas ideias que poderiam ser implementadas:

- Possibilidade de adição de mais informação da rede para montante permitindo à ferramenta o cálculo do poder de corte do dispositivo de proteção.

- Tentar arranjar uma solução para automatizar a verificação da corrente de curto-circuito, eliminado assim de vez qualquer intervenção humana na verificação, diminuindo a possibilidade de um erro no dimensionamento.
- Elaboração de um método de sincronia entre a base de dados local do GesQuad e a base de dados da empresa, fazendo com que a disponibilidade e preço dos produtos esteja sempre atualizada

Anexo A

Manual de Utilizador



INTERFACE GESQUAD

Setembro 2012

ÍNDICE

1	Interface GesQuad.....	3
1.1.	Introdução	3
1.2.	Apresentação da Interface	4
	Início	4
	Gestão de Base de Dados.....	5
	Planeamento de Quadros.....	6
1.3.	Instalação da Interface	11

1 INTERFACE GESQUAD

1.1. INTRODUÇÃO

Este programa permite facilitar o planeamento de quadros elétricos e assim diminuir o tempo atualmente gasto em tal tarefa.

O GesQuad utiliza vários controlos gerais do Windows, pelo que causará uma maior empatia do utilizador com o programa.

O programa GesQuad é capaz de “desenhar” quadros elétricos com a configuração disponibilizada pela empresa JPM. A ferramenta é capaz de dimensionar os dispositivos de corte e proteção bem como o tamanho a utilizar nos bornes de entrada/saída do quadro. Os restantes elementos são escolhidos um a um por parte do utilizador. Para cada um é oferecida uma lista de produtos, guardados numa base de dados. Permite ainda a gestão dessa base de dados de produtos.

Os quadros ao ser planeados são gravados em ficheiros excel, possibilitando iniciar a ferramenta carregando um quadro que foi previamente planeado.

A interface gráfica é bastante simples e agradável ao utilizador, sendo bastante intuitiva e de fácil manuseamento.

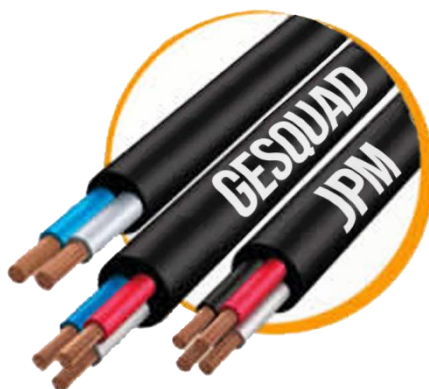


FIGURA 1 – GESQUAD

1.2. APRESENTAÇÃO DA INTERFACE

A ferramenta ao ser iniciada abre uma janela inicial que permite ao utilizador escolher a ação que pretende fazer.

INÍCIO



FIGURA 2 - JANELA INICIAL

Aqui o utilizador poderá optar por gerir a base de dados, criar um novo projeto ou abrir um projeto de quadro previamente guardado.

Qualquer destas ações fará com que seja aberta uma nova janela, gestão de base de dados ou planeamento de quadros.

Caso o utilizador deseje criar ou carregar um quadro terá de especificar o ficheiro que pretende criar ou abrir, respetivamente.

Do lado esquerdo encontra-se uma lista de projetos abertos recentemente, podendo através do duplo clique carregar um projeto diretamente.

GESTÃO DE BASE DE DADOS

Referencia	Nome
100543001	ARMARIO INOX 1800X1600X400 C/PLAT ELDON
100528001	ARMARIO INOX 1800X1200X400 ELDON
100505001	ARMARIO INOX 1800X1000X500 C/PLAT ELDON
100555001	ARMARIOINOX1800X1000X400C/PLATELDON
100555002	ARMARIO INOX 1800X1000X400 C/PLAT RITTAL
100550001	ARMARIO INOX 1800X800X500 ELDON
100513001	ARMARIO INOX 1800X800X400 C/PLAT ELDON

Nome: Referencia: Tipo: Armário

Características de Armário

Marca		Material	
Altura		Num. Variadores	
Comprimento		Platinado?	
Largura			
Preço			

FIGURA 3 - JANELA GESTÃO DE BASE DE DADOS

Nesta janela é possível adicionar, modificar e apagar produtos da base de dados.

Não importando qual a operação que o utilizador deseja este deve começar por seleccionar qual o tipo de produto, utilizando a droplist existente.

Ao seleccionar um tipo de produto, todos os produtos desse tipo serão listados na parte superior da janela e as características associadas a esse tipo na caixa com nome “Características”.

Se desejar modificar um produto deverá encontra-lo na lista de produtos e clicar em cima do mesmo. É possível a procura do produto através da sua referência, preenchendo a caixa de texto respetiva. Ao clicar no produto pretendido, as características deste apareceram nas caixas de texto editáveis, restando editar a característica desejada e clicar no botão “Adicionar/Modificar”.

Para adicionar um novo produto, após a seleção do tipo, basta ao utilizador preencher os dados todos das caixas de texto e clicar no botão “Adicionar/Modificar”.

Se pretender eliminar um produto, segue o procedimento de escolher o produto da tabela e depois clicar no botão “Apagar”.

PLANEAMENTO DE QUADROS

Aqui o utilizador pode efetuar o dimensionamento da canalização e seleccionar produtos gerais para o quadro.

Como pode observar a janela encontra-se dividida em duas partes, sendo que o objeto do lado direito está separado também em dois diferentes painéis, Dimensionamento e Produto.

Do lado esquerdo dispõe da lista de componentes do quadro que se completam com o painel “Produto” do lado direito.

GesQuad

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Dimensionamento **Produto**

Dados entrada

☐ Potencia ☐ Corrente

Tipo Alimentacao

☐ Monofásico ☒ Trifásico

Cos 0:

Tipo de Cabos

☒ Cobre ☐ Aluminio Comprimento m Montante

Canalizacao:

Situacao:

Instalacao:

Isolamento:

Protecções

☐ Fusível ☒ Disjuntor Geral Iz:

Referencia	Nome	Marca	Preco	In
103514002	DISJUNTOR 2P 16A CURVA C GE	GE		16
103532002	DISJUNTOR GE 4P 6KA C16A	GE		16
103533002	DISJUNTOR GE 4P 6KA C20A	GE		20

Dados Saída

Is: 0 In: 0 Iz: 0 If: 0 1.45 Iz: 0 Icc: 0 Ttt: 0

Seccao: 0 ΔU: 0 ΔU max: 10 Borne:

Quadro

Armário
Termostato
Ventilador
Sinalizador
Botoneira

Comando e Protecção

Int. Corte Geral
Bobina de Disparo
Fim de Curso
Disjuntor Geral
Int. Diferencial
Repartidor
Contactor
Disjuntores Menores

Acessórios

Porta Documentos
Amadure Flourescente
Tomada
Fonte
Base Autocolante
Calha Rasgada

Outros

Automato
Consola Tactil
Cabo PLC-Consola
Switch
Cabo Rede
Ligação Motores
Borne
Rele
Bucin

Vários

Consola Táctil
Cabo PLC - Consola
Switch
Cabo Rede

Gerar Orçamento

Voltar

FIGURA 4 - JANELA PLANAMENTO DE QUADROS - DIMENSIONAMENTO

PLANEAMENTO DE QUADROS – DIMENSIONAMENTO

Esta janela carece de um preenchimento com a seguinte ordem:

1. Escolha do tipo de alimentação, Potencia ou Corrente, Monofásica ou Trifásica.
2. Escrita do valor do $\cos\phi$ e entrada.
3. Se desejar adicionar cabos a montante clicar em “Montante” e preencher devidamente a janela.
4. Seleção do tipo de alma condutora, Cobre ou Alumínio e comprimento do cabo.
5. Seleccionar o tipo de instalação utilizando as droplists de cima para baixo e seguidamente escolher o tipo de isolamento.
6. Escolher o tipo de proteção e seleccionar um dos dispositivos existentes na lista.
7. Seleccionar um valor para o I_z , utilizando a droplist respetiva.
8. Verificar se as condições de queda de tensão e curto-circuito são aceites.
9. Se não, fazer alterações no dispositivo de corte ou em I_z até respeitar as condições.
10. Seleccionar o tamanho do borne.

PLANEAMENTO DE QUADROS – ESCOLHA REFERÊNCIA

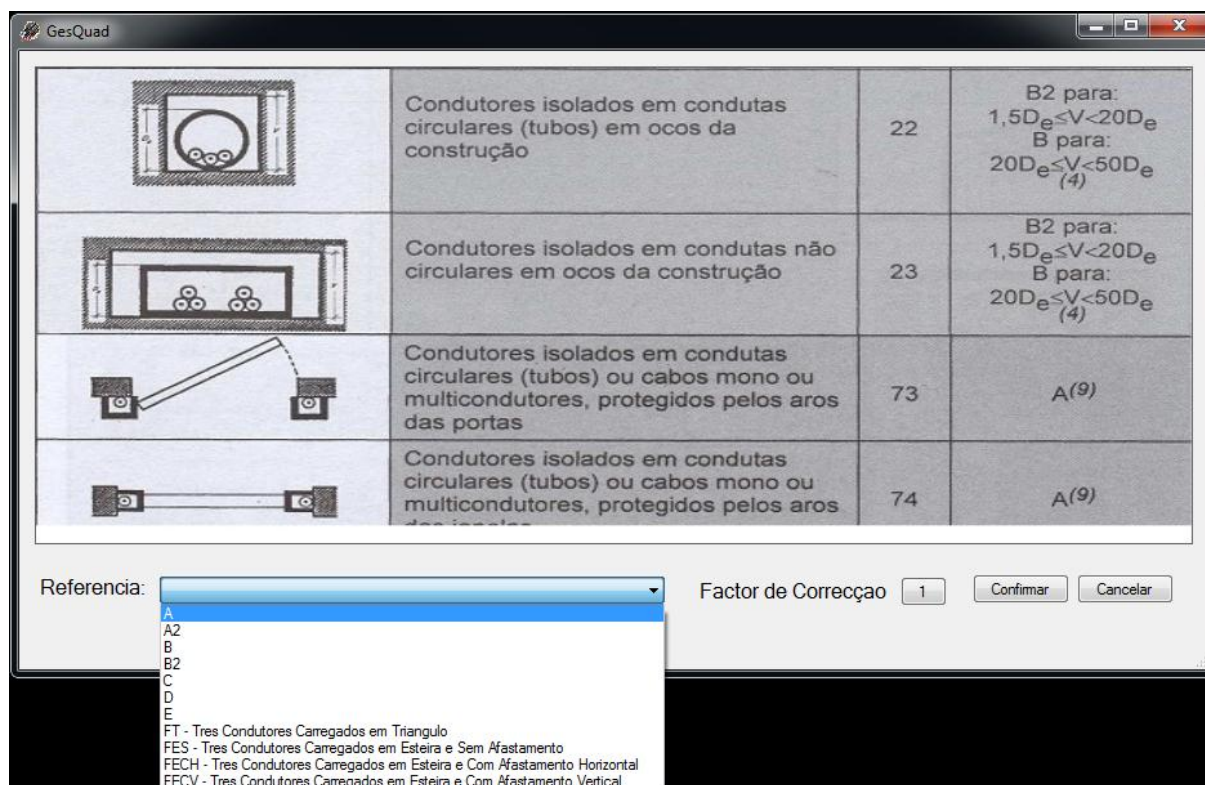


FIGURA 5 - JANELA PLANEAMENTO DE QUADROS - ESCOLHA REFERÊNCIA

Utilizador deve fazer uma leitura cuidada de todas as opções e escolher a referência correta na droplist.

Caso seja necessário alterar o fator de correção basta carregar no botão com o valor atual do mesmo e optar pelo novo valor.

PLANEAMENTO DE QUADROS – MONTANTE

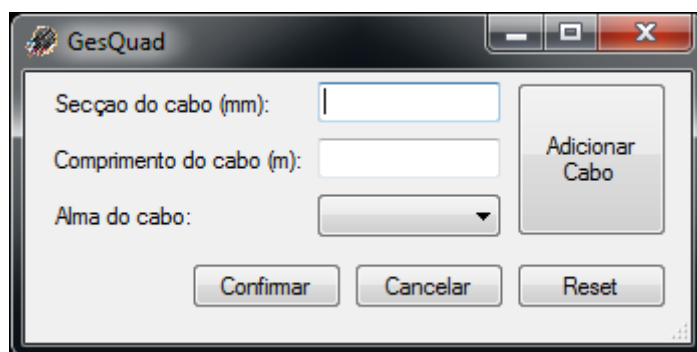


FIGURA 6 - JANELA PLANEAMENTO DE QUADROS - MONTANTE

Assume-se cada abertura desta janela como uma sessão.

Funcionalidades dos botões:

- Adicionar Cabo – Calcula a resistência do cabo através dos campos de entrada e adiciona a um total da sessão.
- Confirmar – Adiciona o total da sessão de resistência já existente.
- Cancelar – Fecha janela e ignora total da sessão.
- Reset – Elimina todos os cabos a montante que foram definidos nesta sessão e passadas.

PLANEAMENTO DE QUADROS – SELEÇÃO DE PRODUTO

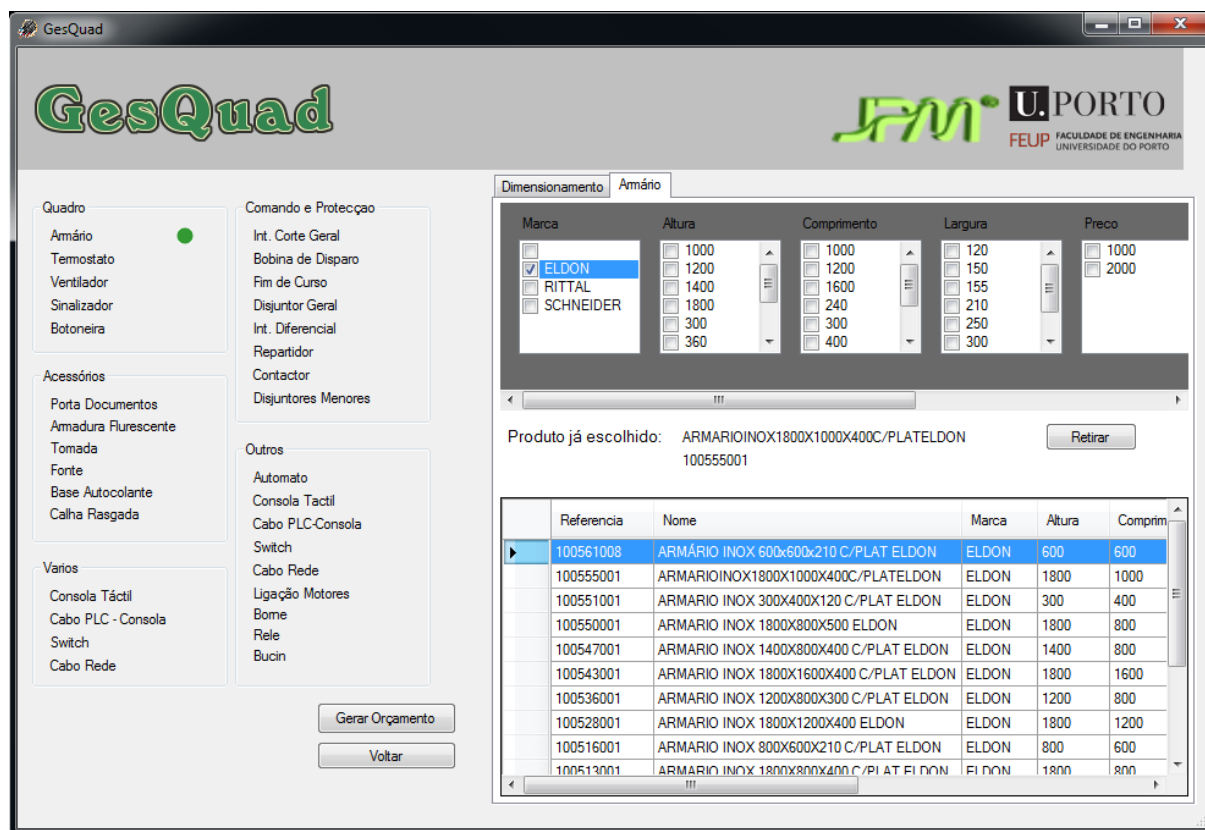


FIGURA 7 - JANELA PLANEAMENTO DE QUADROS - SELEÇÃO DE PRODUTO

O utilizador deve clicar sobre o nome do produto que deseja seleccionar utilizando a lista do lado esquerdo da janela. O sinal verde em frente a um tipo de produto representa que já existe um produto desse tipo seleccionado no projecto.

Na parte de cima do painel são usadas as características do tipo de produto para gerar filtros de seleção. O utilizador deve clicar num valor de uma característica fazendo assim que apareçam na lista da parte de baixo todos os produtos do tipo com o determinado valor da característica escolhida.

Clicar sobre o produto desejado para seleccionar o mesmo.

PLANEAMENTO DE QUADROS – CONFIRMAÇÃO DE PRODUTO

Para adicionar o produto selecionado sao necessários os seguintes produtos:

Referencia	Nome	Quantidade	Preço Unidade
100555001	ARMARIO INOX 1800X1000X400C/PLATELDON	3	2000
800501004	BASE INOX 200x800x500 P/ ARMÁRIO 1800X800X500 JPM	1	600
800501005	BASE INOX 200X1000X400 P/ ARMÁRIO 1800X1000X400 JPM	1	500

Preço Total: 7100

Adicionar produtos:

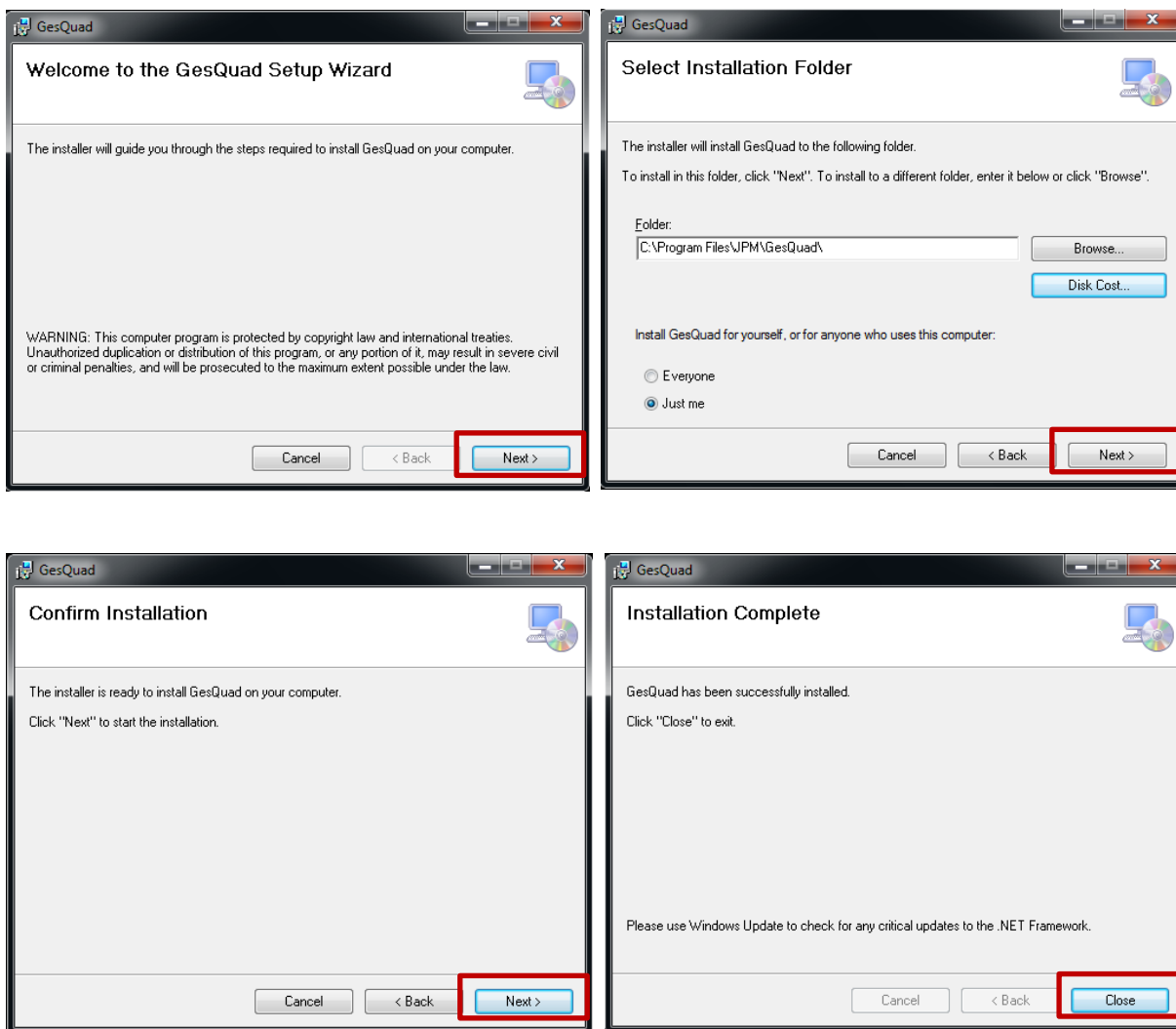
FIGURA 8 - JANELA PLANEAMENTO DE QUADROS - CONFIRMAÇÃO DE PRODUTO

Nesta janela o utilizador terá acesso, caso existam, a todos os produtos dos quais o produto escolhido necessita.

A quantidade pode ser alterada selecionando a célula de quantidade do produto que deseja modificar.

1.3. INSTALAÇÃO DA INTERFACE

1. Abrir ficheiro de instalação – GesQuad_Setup.exe
2. Seguir os passos apresentados nas figuras seguintes, clicando nos botões identificados a vermelho



3. A instalação está completa. Pode-se verificar que foi adicionado no Menu iniciar e no ambiente de trabalho atalhos para o programa, com o icon definido para a interface.

Bibliografia

- [1] Direcção Geral de Geologia e Energia. Regulamento de Segurança de redes de distribuição eléctrica em baixa tensão.
- [2] Direcção Geral de Geologia e Energia. Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. 2006.
- [3] J. Neves dos Santos. TABELAS, REGRAS E DADOS DIVERSOS. 2009.
- [4] Microsoft Steve Lasker. Choosing Between SQL Server 2005 Compact Edition and SQL Server 2005 Express Edition . 2006.