



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mestrado Integrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática

LABORATÓRIO DE TELECOMUNICAÇÕES E INFORMÁTICA II

(3º Ano / 2º Semestre)

Sistema de Monitorização de Consumo de Energia Elétrica

Grupo A1

Relatório Final

Andreia João Alves
(A78395)

Diana Cristina Silva Pinho
(A79146)

Cláudia Cristiana de Amorim Dias
(A78232)

Guimarães, 26 de junho de 2018

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Sistema Sensor	5
3	Concentrador	6
4	Sistema Gestor de Edifício	7
5	Sistema Central de Gestão	11
5.1	Fluxograma	11
5.2	Base de Dados	12
5.3	<i>Interface</i> de utilizador	13
5.4	<i>Interface</i> Web	16
5.5	Requisitos	18
6	Conclusão	19

Lista de Figuras

1	Projeto do circuito com a tensão de <i>offset</i> apropriada.	5
2	Ficheiro de configuração (<i>txt</i>) do Sistema Sensor Simulado.	5
3	Ficheiro de configuração (<i>txt</i>) do Concentrador.	6
4	Sintaxe do ficheiro <i>csv</i> que guarda as amostras.	6
5	Ficheiro de configuração (<i>txt</i>) do Sistema Gestor de Edifício.	7
6	Ficheiro <i>csv</i> que guarda os dados recebidos.	8
7	Estatísticas apresentadas através da <i>interface</i> gráfica no Sistema Gestor de Edifício.	8
8	Remoção de um sensor do sistema.	9
9	Identificação dos sensores que foram solicitados ou não no START.	9
10	<i>Thread</i> para comunicação com a central.	10
11	Estabelecimento da conexão TCP na central.	11
12	<i>Thread</i> para comunicação com o gestor de edifício.	12
13	Diagrama de Entidades-Relacionamentos.	12
14	Controlo de acesso aos utilizadores.	13
15	Menu de opções do gestor.	14
16	Adicionar novo utilizador (gestor).	14
17	Remover utilizador (gestor).	14
18	Gerência de edifícios (gestor).	15
19	Consultar consumos (gestor).	15
20	Consultar consumos e alterar preço (cliente).	16
21	Controlo de acesso aos utilizadores.	16
22	Inserção de utilizadores.	17
23	Consulta do consumo de um edifício por um dado Cliente.	17

Lista de Tabelas

- 1 Concretização dos requisitos para o Sistema Central de Gestão. . . 18

1 Introdução

Ao longo do 2º semestre da Unidade Curricular (UC) de Laboratórios de Telecomunicações e Informática II, lecionada no terceiro ano do Mestrado Integrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática, foi proposta a realização de um sistema de monitorização do consumo de energia elétrica.

De uma forma sucinta, este sistema é capaz de recolher dados relativos ao consumo de eletricidade por instituições (edifícios), como por exemplo uma universidade, Câmara Municipal, entre outros, diferenciando as várias áreas que a constituem. No caso da universidade podemos ter em conta salas de aula, gabinetes. Os valores recolhidos são armazenados numa base de dados e posteriormente processados e apresentados como estatísticas numa *interface* gráfica e numa página *web*.

Na primeira fase, projetou-se um circuito com o propósito de condicionar o sinal entre a componente do sensor de corrente e o Arduino. Posto isto, implementou-se um protocolo de comunicação, assíncrono e não confirmado, entre o módulo Arduino (Sistema Sensor Real) e o Concentrador, definindo-se também os diferentes tipos de tramas com as respetivas funcionalidades (START, STOP, ERROR e DATA).

Na Fase B surge a implementação de um Sistema Sensor Virtual e parte do Sistema Gestor de Edifício. Foram ainda acrescentadas funcionalidades ao Concentrador desenvolvido, possibilitando a comunicação com o Sistema Gestor de Edifício e com vários sensores simultaneamente, recorrendo a *sockets* UDP (*User Datagram Protocol*).

Na Fase C implementou-se um Sistema Central de Gestão e a respetiva base de dados para monitorização de instituições, empresas ou simples domicílios privados. Este sistema deve comunicar com os vários Sistemas Gestores de Edifícios utilizando um protocolo de transporte fiável, o TCP/IP (*Transmission Control Protocol*). Cada edifício devidamente conectado à central, envia periodicamente o seu respetivo consumo acumulado, sendo esses dados armazenados na base de dados criada, assim como todos os clientes e administradores do sistema. Cada cliente tem um conjunto de edifícios, definidos pelo administrador (gestor), podendo consultar as informações de consumo de cada um destes. Com isto, é necessário fazer a distinção entre um cliente e um gestor, havendo um controlo de acesso através de uma interface gráfica.

Na Fase D, complementa-se o sistema central com um módulo de interface *Web* que é executado remotamente em qualquer *browser* dum equipamento terminal na mesma rede. Essa interface é acedida pelos clientes ou gestores do sistema, no intuito de consultar as estatísticas de consumos dos respetivos edifícios.

Neste relatório final retratam-se as principais funcionalidades de cada componente do sistema, tendo sido incluídos fluxogramas e esquemas no para auxiliar na sua interpretação.

2 Sistema Sensor

Cada Sistema Sensor tem a função de medir a corrente e enviar as amostras recolhidas para os concentradores, tendo em conta os parâmetros recebidos no START, nomeadamente o período de medição entre amostras, o período da mensagem e o número de amostras por mensagem.

No que toca ao sensor real, as amostras correspondem à conversão dos valores de corrente elétrica, consumida por uma lâmpada de 150 W, em *bits*. Essa conversão é feita recorrendo a um circuito de aquisição de sinal via conversor A/D (Analogico/Digital), Figura 1, que garante que o sinal de corrente (AC - Corrente Alternada) fornecido pelo sensor de corrente fosse convertido numa tensão com amplitude e *offset* apropriados para serem lidos pelo conversor A/D do Arduino.

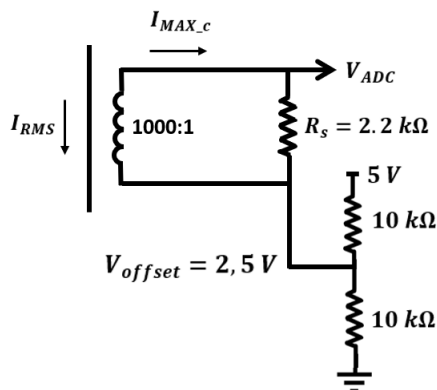
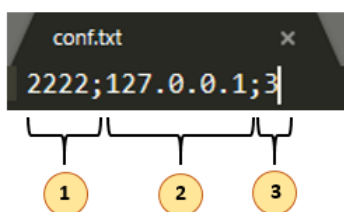


Figura 1: Projeto do circuito com a tensão de *offset* apropriada.

Quanto ao Sistema Sensor Virtual, as amostras são obtidas a partir de uma função geradora, criada previamente, tendo como base os dados reais obtidos através do sensor físico. Este sensor comunica por UDP/IP com o concentrador, tendo a necessidade de consultar antecipadamente um ficheiro de configuração constituído pelo código do sensor, pela porta *socket* e IP do respetivo concentrador (Figura 2).



Legenda:

- 1 – Porta *socket* do Concentrador para a qual se enviam as amostras.**
- 2 – IP do Concentrador.**
- 3 - Código do Sistema Sensor.**

Figura 2: Ficheiro de configuração (*txt*) do Sistema Sensor Simulado.

3 Concentrador

O concentrador recebe as amostras dos vários Sistemas Sensores, armazenando-as num simples ficheiro *csv*, temporariamente, enviando-o posteriormente para o Sistema Gestor de Edifício.

Inicialmente, é lido um ficheiro de configuração constituído pelas especificações essenciais na comunicação com os sensores e o gestor, assim como os parâmetros necessários para a construção do START.

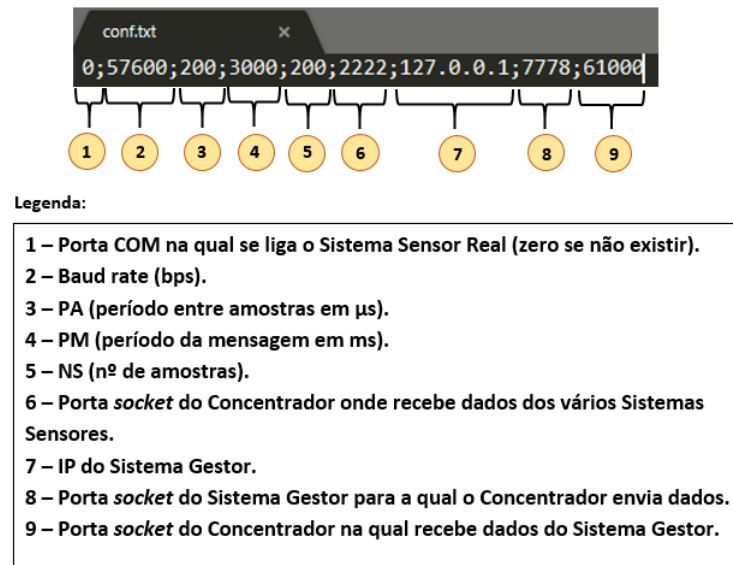


Figura 3: Ficheiro de configuração (*txt*) do Concentrador.

Depois de ser estabelecida uma conexão entre o sensor e o concentrador, é enviado um START automaticamente para o respetivo sensor. As amostras recebidas são armazenadas num ficheiro, tal como foi dito anteriormente.

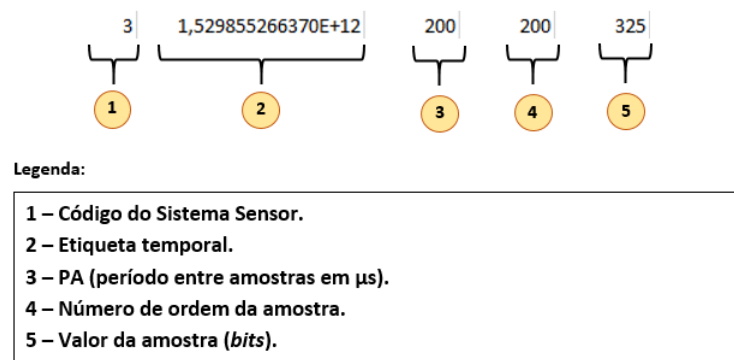


Figura 4: Sintaxe do ficheiro *csv* que guarda as amostras.

Cada concentrador consegue comunicar com um sensor físico e vários simulados, simultaneamente.

Quanto à comunicação com o Sistema Gestor de Edifício, depois de ser estabelecida a conexão, são enviados HELLO's a cada segundo informando o gestor acerca dos sensores que se encontram ativos. Assim que se receber um START, inicia-se o envio dos dados dos respetivos sensores para o Gestor.

4 Sistema Gestor de Edifício

O Sistema Gestor de Edifício é responsável por armazenar numa simples base de dados local a informação enviada por todos os concentradores, através de uma comunicação por mensagens assíncronas de *broadcasting* aplicacional sobre UDP/IP, da rede local. Para além disso, também comunica com um Sistema Central de Gestão, recorrendo a um protocolo de transporte seguro e fiável: TCP/IP, enviando parte dos dados estatísticos obtidos.

Para que o sistema funcione adequadamente, este recorre inicialmente a um ficheiro de configuração que é constituído pelos parâmetros fundamentais para a comunicação com a central e os concentradores (Figura 5).

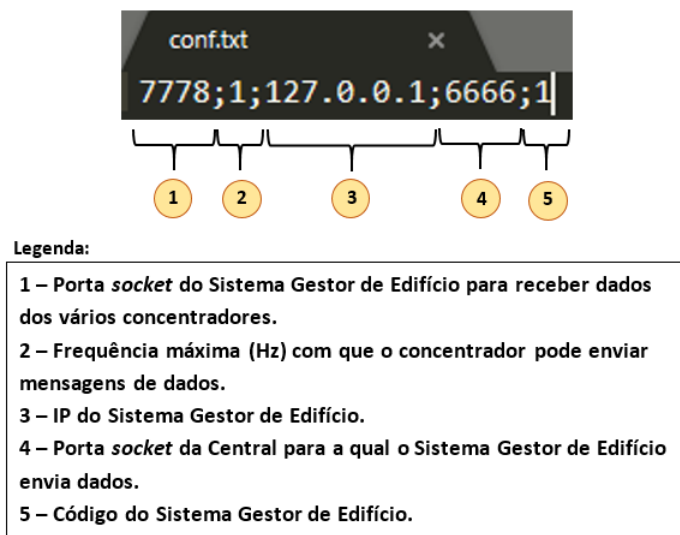


Figura 5: Ficheiro de configuração (*txt*) do Sistema Gestor de Edifício.

Tal como foi dito anteriormente, este sistema recebe dados de diferentes concentradores. Depois da conexão ser estabelecida, ao se receber um HELLO com sensores especificados, envia-se um START automaticamente pedindo os dados destes. Esses dados são processados e posteriormente armazenados num ficheiro *csv* (Figura 6), a cada 10 segundos, inserindo o valor de consumo acumulado referente a cada área.

1,529606150148E+12	1	0,00318	2	0,0024	3	0,00109
1,529606160191E+12	1	0,00318	2	0,0024	3	0,00109
1,529606170223E+12	1	0,00318	2	0,0024	3	0,00109

1
2
3

Legenda:

- 1 – *Timestamp* correspondente ao instante de atualização do csv.**
- 2 – Código da área.**
- 3 - Valor de consumo acumulado (kWh) relativo à área.**

Figura 6: Ficheiro *csv* que guarda os dados recebidos.

Através dessa informação, é possível obter-se um conjunto de dados estatísticos de monitorização do consumo de energia associado a cada área do edifício, assim como a energia consumida e custo associado, no último mês, últimas 24 horas, última hora e último PM, apresentados através da *interface* gráfica desenvolvida, Figura 7.

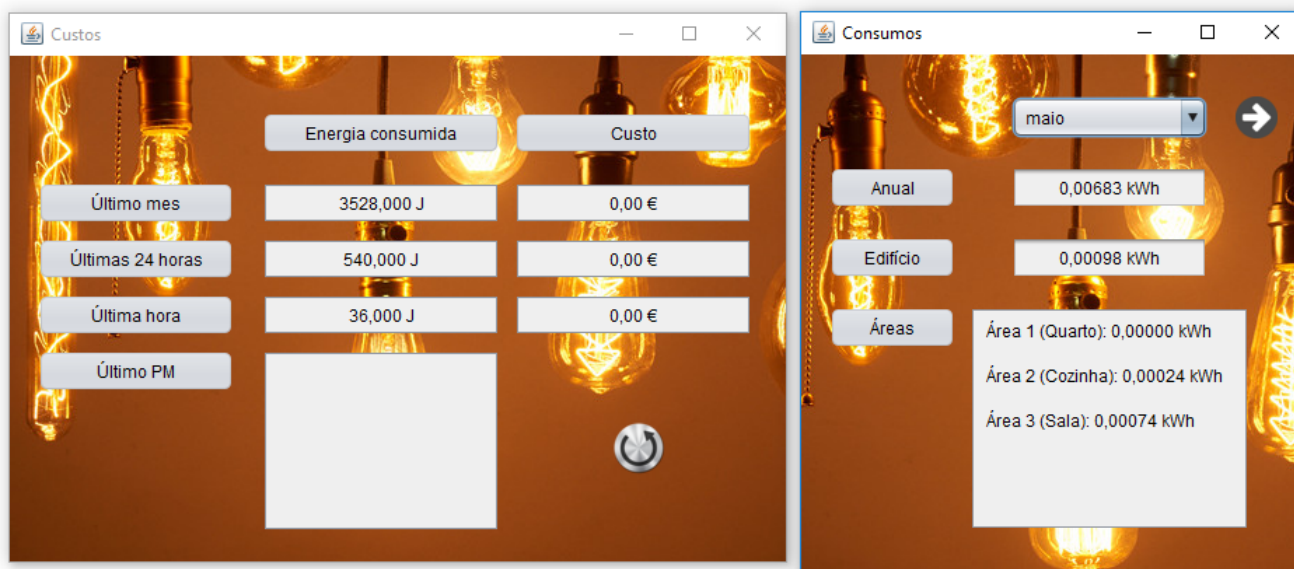


Figura 7: Estatísticas apresentadas através da *interface* gráfica no Sistema Gestor de Edifício.

Recorrendo à base de dados local, exclusiva a este edifício, o sistema consegue ter conhecimento da relação dos sensores com as áreas e respetivas designações. Através da *interface* é possível remover/adicionar áreas, assim como remover/adicionar sensores, Figura 8.

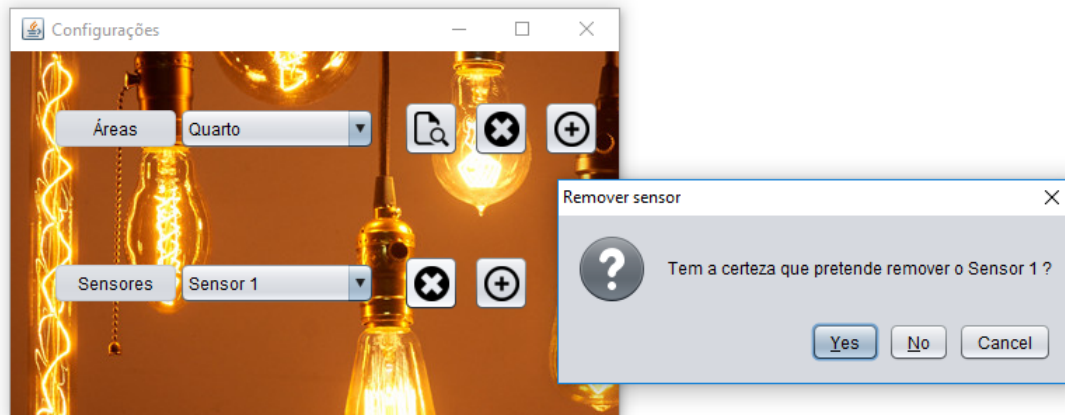


Figura 8: Remoção de um sensor do sistema.

Também é possível observar os sensores que já foram solicitados no START ou não, podendo enviar-se um novo START para um concentrador específico, tendo em conta que se pretende receber os dados desses novos sensores (Figura 9).

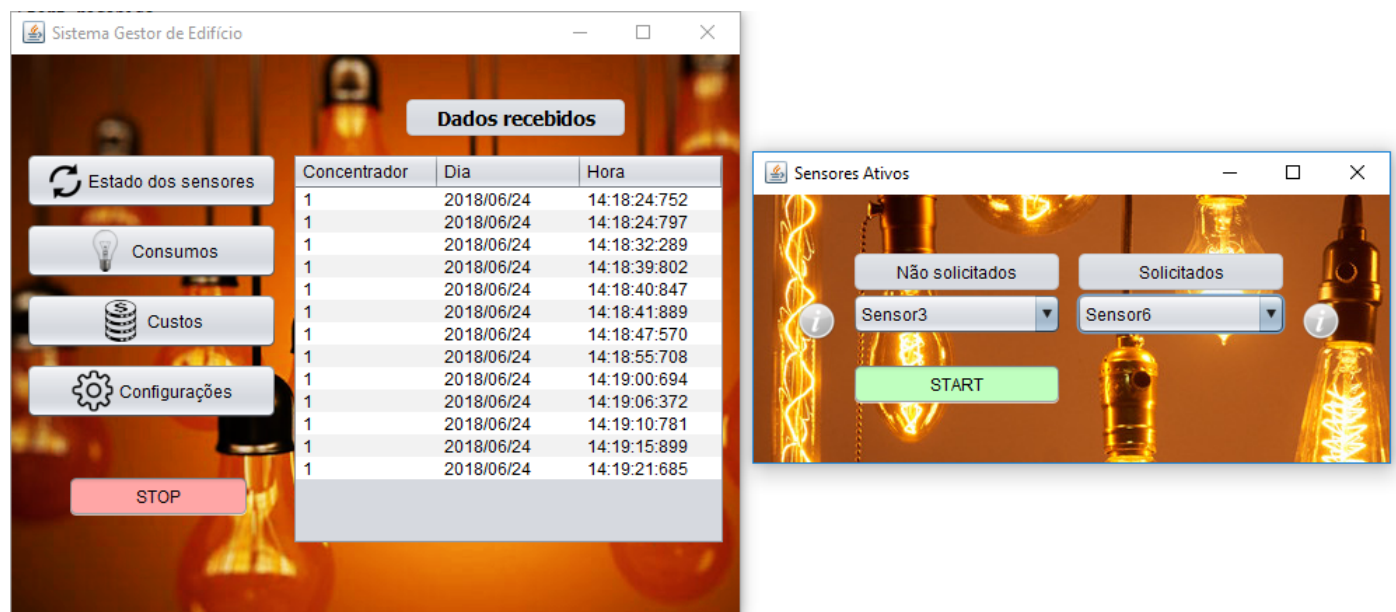


Figura 9: Identificação dos sensores que foram solicitados ou não no START.

Para a comunicação com o Sistema Central de Gestão, criou-se no gestor uma *thread* exclusiva a esta conexão (Figura 10).

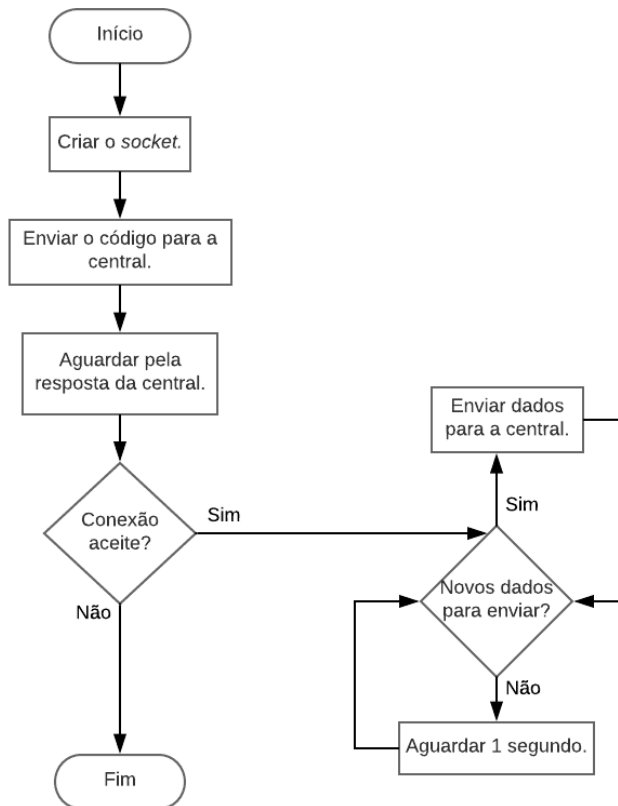


Figura 10: *Thread* para comunicação com a central.

Inicialmente estabelece-se a conexão com o Sistema Central e envia-se de seguida um segmento com o respetivo código do edifício, essencial para que a central o identifique. Posteriormente, aguarda-se a confirmação da central (caso o edifício exista na base de dados) e guarda-se o valor do preço de faturação recebido numa variável.

Posto isto, o sistema já se encontra apto para enviar os dados estatísticos para a central. Para tal, é necessário selecionar os dados a enviar, tendo-se optado por enviar o consumo acumulado do edifício e respetivo *timestamp*. Sempre que é inserida uma linha de conteúdo estatístico no ficheiro "ESTAT", soma-se o consumo acumulado das diversas áreas e envia-se esse valor com respetivo *timestamp* para a central.

5 Sistema Central de Gestão

O Sistema Central de Gestão comunica com vários Sistemas Gestores de Edifícios recorrendo ao protocolo de transporte TCP/IP, tal como foi referido anteriormente.

O TCP é um protocolo de transporte fiável de dados fim-a-fim, com controlo de fluxo (*buffers* nos dois extremos da ligação), de congestionamento e de erros, havendo garantia de entrega e ordenação dos dados, ao contrário do UDP (*User Datagram Protocol*). Cada conexão, circuito virtual entre portas de aplicações, é identificada por um par de *sockets* (IP_origem:porta_origem, IP_destino:porta_destino), permitindo a transmissão de dados nos dois sentidos (*full-duplex*).

5.1 Fluxograma

A implementação deste protocolo (TCP) na central é especificada nesta secção, através de um fluxograma (Figura 11).

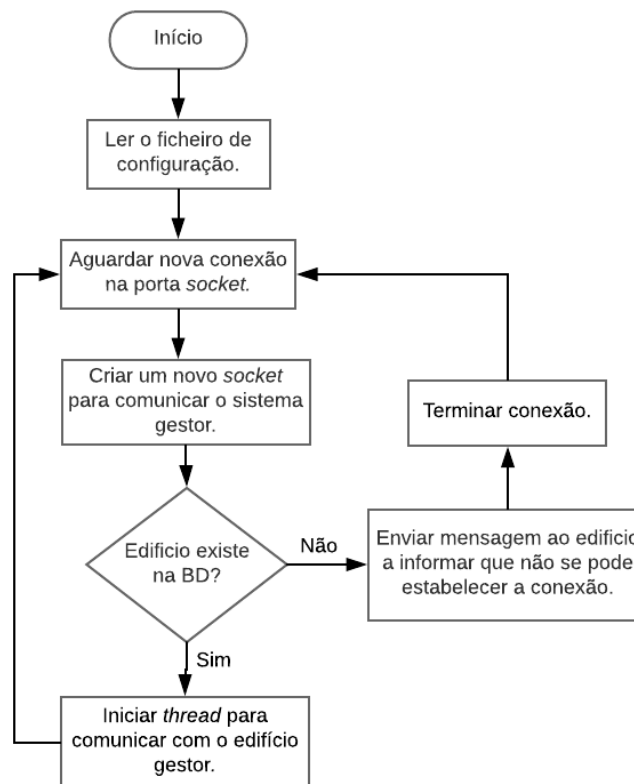


Figura 11: Estabelecimento da conexão TCP na central.

Começa-se por ler um ficheiro de configuração que tem o número da porta na qual serão esperadas novas conexões de sistemas gestores. Quando chegar um novo pedido de conexão, cria-se um *socket* para esta e verifica-se se o edifício (através do respetivo código) existe na base de dados. Se não existir, é enviada uma mensagem específica ao edifício a informar que não é possível estabelecer a conexão, terminando-a de seguida. Se existir, cria-se uma *thread* que fica responsável pela comunicação entre os dois sistemas (Figura 12).

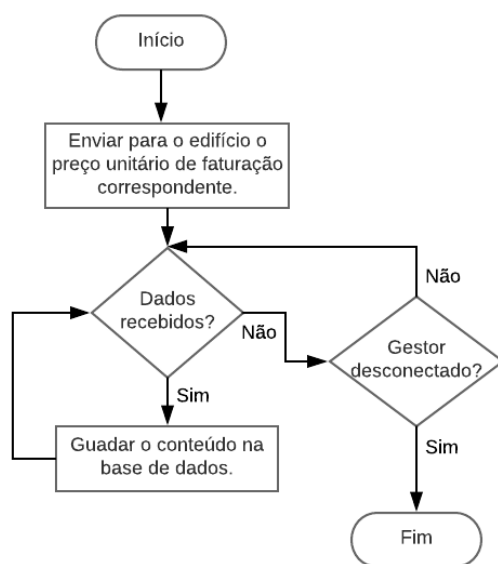


Figura 12: *Thread* para comunicação com o gestor de edifício.

Nesta *thread* começa-se por enviar o preço unitário de faturação correspondente ao edifício, para que este o utilize para cálculos de custos. De seguida, aguarda-se que cheguem novos dados, armazenando-os na base de dados, de acordo com o respetivo edifício gestor.

5.2 Base de Dados

O Sistema Central de Gestão necessita de uma base de dados com toda a informação pertinente e necessária para o funcionamento do sistema. Com isto, começou-se por definir as entidades necessárias e relevantes, com os respetivos atributos, construindo posteriormente um diagrama de Entidades-Relacionamentos (Figura 13).

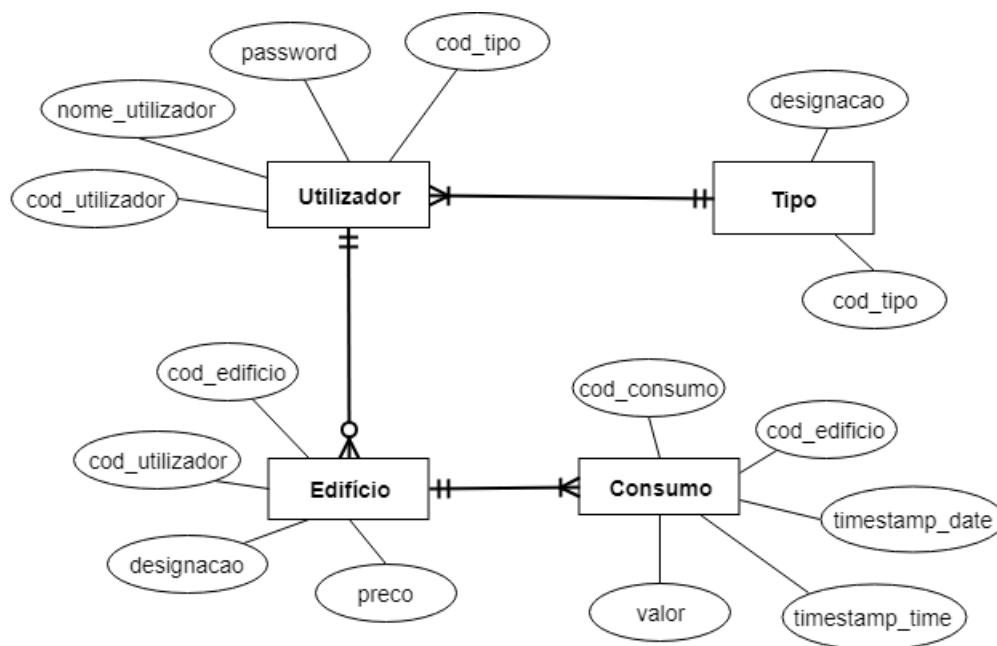


Figura 13: Diagrama de Entidades-Relacionamentos.

Neste sistema existem dois tipos de utilizadores: o cliente e o gestor (administrador), sendo identificados no *login* através do nome (*username* único) e respetiva *password*.

O gestor (administrador) não possui edifícios, contudo pode adicionar ou retirar clientes da base de dados (e respetivos edifícios) e consultar os dados estatísticos de qualquer cliente, assim como gerir/configurar os edifícios associados a estes.

Um cliente tem um grupo de edifícios e pode gerir alguns parâmetros de funcionamento (preços unitários de faturação). É também possível a cada cliente consultar os consumos mensais dos edifícios referentes ao próprio.

Cada edifício apresenta um conjunto de dados relativos ao seu consumo acumulado (valor, data e tempo), conteúdo esse que foi fornecido pelo edifício gestor e armazenado na base de dados.

A base de dados foi implementada utilizando a linguagem SQL (*Structured Query Language*), tendo esta acesso remoto, ou seja, qualquer outro sistema terminal na mesma rede tem acesso à mesma, tendo sido definidos privilégios.

5.3 Interface de utilizador

Concedeu-se uma interface gráfica em *Java* no *NetBeans*, permitindo a interação dos diferentes utilizadores com o sistema criado.

Inicialmente há um controlo de acesso aos utilizadores, diferenciando o *login* do cliente com o do administrador.

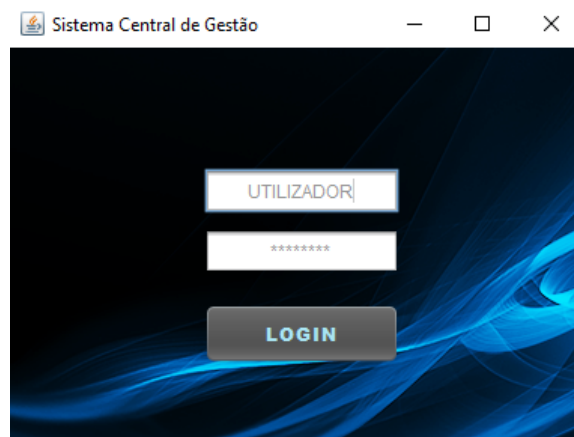


Figura 14: Controlo de acesso aos utilizadores.

Sendo um gestor, este pode adicionar/remover um cliente específico ou atualizar/consultar os edifícios de alguém em concreto. Para realizar qualquer uma das opções é necessário inserir primeiramente o nome do *user* correspondente (todos os clientes estão listados).

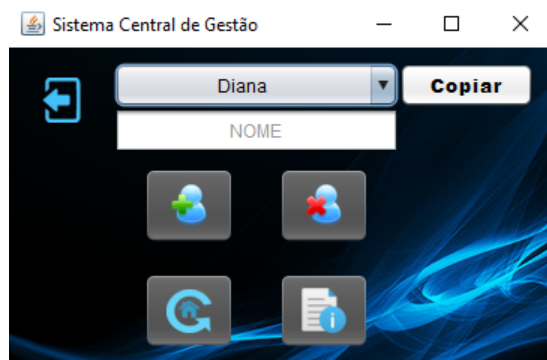


Figura 15: Menu de opções do gestor.

Para adicionar um utilizador é obrigatório definir o seu tipo (Cliente ou Gestor), o *username* e uma *password*, sendo adicionado com sucesso unicamente se os dados ainda não existirem na base de dados.

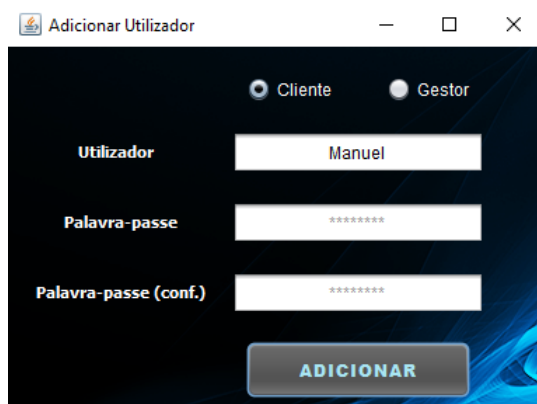


Figura 16: Adicionar novo utilizador (gestor).

Para remoção de um utilizador, caso exista, é exibida uma mensagem de confirmação da remoção que se pretende fazer.

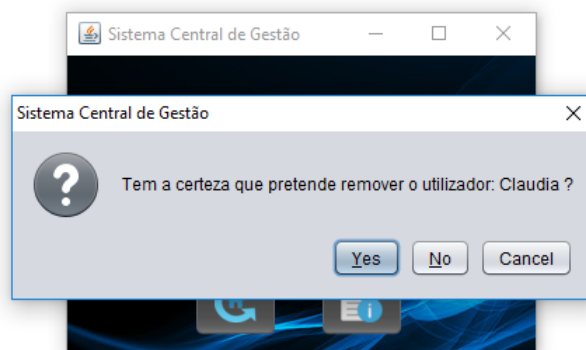


Figura 17: Remover utilizador (gestor).

No que toca à configuração dos edifícios de um cliente específico, para além de se poder consultar os existentes, associados a esse cliente, é possível remover ou adicionar novos edifícios. Para adicionar é necessário atribuí-lhe uma designação e um preço unitário de faturação.

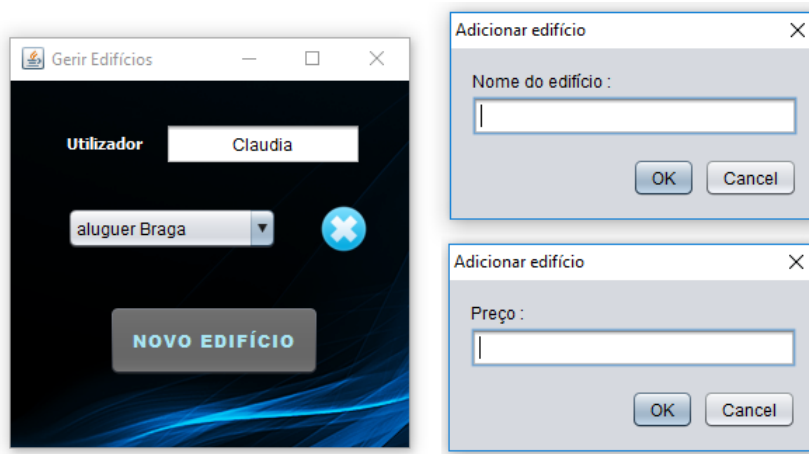


Figura 18: Gerência de edifícios (gestor).

Para além disso, o gestor tem a possibilidade de consultar os dados estatísticos dos edifícios de qualquer cliente, nomeadamente o consumo/custo anual total, podendo analisar especificamente os gastos mensais de cada um em concreto.

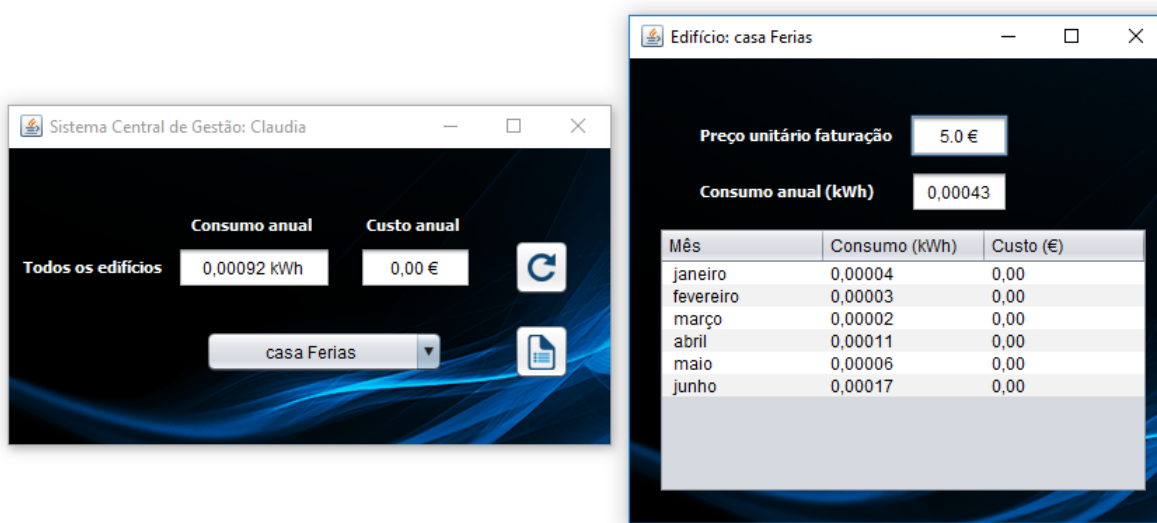


Figura 19: Consultar consumos (gestor).

O cliente pode apenas consultar dados dos seus edifícios e gerir o preço unitário de faturação de cada um destes (Figura 20).

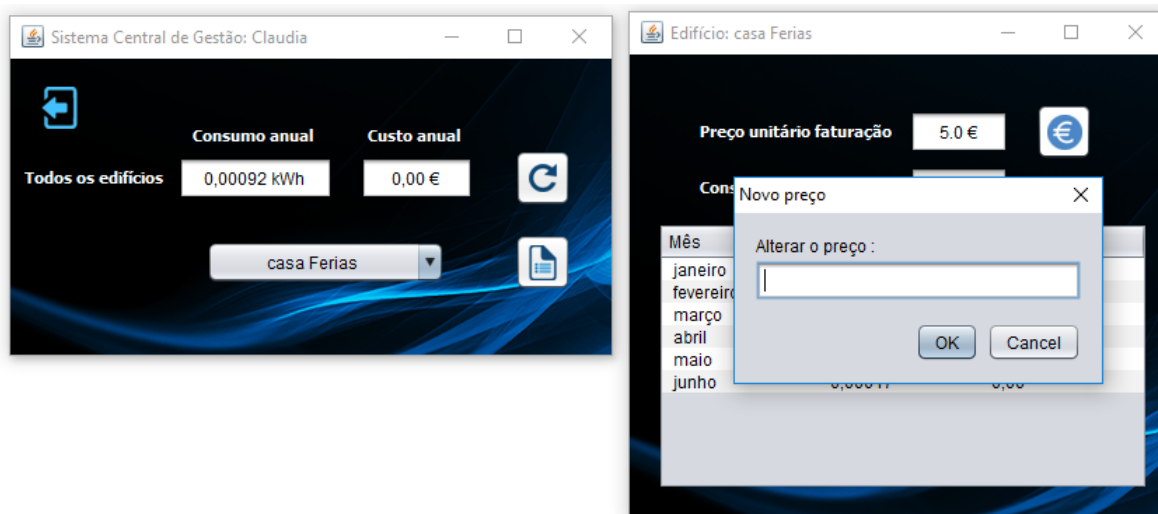


Figura 20: Consultar consumos e alterar preço (cliente).

5.4 Interface Web

Complementando o sistema central, foi elaborada uma interface *Web* para que os clientes e administradores possam aceder remotamente em qualquer *browser* dum equipamento terminal na Internet e consultar as estatísticas em termos de consumo de energia dos seus imóveis ou gerir determinados parâmetros.

Na página *Web* também há um controlo de acesso aos utilizadores, diferenciando o *login* do cliente com o do administrador (Figura 22).

The image shows a web form titled 'Login' in a red header. Below the header, there are two input fields: 'Username' and 'Password'. At the bottom of the form is a red button labeled 'Login'.

Figura 21: Controlo de acesso aos utilizadores.

Como se pode observar na Figura seguinte, o administrador apenas tem a capacidade de adicionar novos clientes.

Utilizadores existentes: ▼

☒ Cliente
 ☐ Gestor

Utilizador:
 Palavra-passe:
 Confirmar palavra-passe:

Figura 22: Inserção de utilizadores.

Nesta página apenas é possível adicionar utilizadores na qual o seu nome ainda não conste na base de dados.

As restantes funcionalidades presentes na *interface* gráfica não foram conseguidas, tendo em conta as dificuldades sentidas na sua implementação, uma vez que não cumpriam os requisitos necessários para o seu bom funcionamento.

Na Figura 23, o Cliente é capaz de consultar os edifício que possui, podendo para cada um visualizar o preço por kWh, assim como o consumo acumulado.

Lista de Edifícios

▼

Preço:

Valor de Consumo (kWh)	Data	Hora
0.0000100	2018-01-01	00:10:00
0.0000200	2018-01-01	00:11:10
0.0000300	2018-01-10	00:15:20
0.0000500	2018-01-10	00:20:30
0.0000500	2018-01-10	00:30:40
0.0000600	2018-02-05	01:10:00
0.0000600	2018-02-05	01:13:10
0.0000700	2018-02-05	01:13:40
0.0000900	2018-02-20	01:14:30
0.0000900	2018-02-20	01:30:10
0.0001000	2018-03-25	01:30:40
0.0001100	2018-03-25	01:40:30
0.0001100	2018-03-26	01:40:40

Figura 23: Consulta do consumo de um edifício por um dado Cliente.

5.5 Requisitos

A Tabela 1 apresenta os vários requisitos propostos pelos docentes, especificando os que se concretizaram na prática.

Tabela 1: Concretização dos requisitos para o Sistema Central de Gestão.

Requisito	Concretização	Observações
Módulo servidor de base de dados.	✓	<ul style="list-style-type: none"> A base de dados pode ser acedida por diversos sistemas terminais (comum à <i>interface</i> gráfica e à página <i>Web</i>).
Módulo gestor que permita a <i>interface</i> com a base de dados, processe os dados existentes e armazene as novas estatísticas.	✓	—
Módulo de configuração com uma <i>interface</i> simples para o administrador do sistema.	✓	<ul style="list-style-type: none"> O gestor pode adicionar/remover um cliente ou adicionar/remover/consultar os edifícios.
Módulo de consulta com uma <i>interface</i> simples para o cliente do sistema.	✓	<ul style="list-style-type: none"> O cliente pode consultar dados dos seus edifícios e gerir o preço unitário de faturação.
Módulo de comunicação com os sistemas gestores de edifícios (TCP/IP).	✓	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação simultânea com diversos Sistemas Gestores de Edifícios.
Módulo de <i>interface Web</i> para clientes.	✓	<ul style="list-style-type: none"> Visualizar os edifício que um dado Cliente possui, o consumo acumulado e o preço por kWh.
Módulo de <i>interface Web</i> para administradores.	✓	<ul style="list-style-type: none"> Possibilidade de inserir um novo utilizador.
Execução remota da <i>interface Web</i> em qualquer <i>browser</i> dum equipamento terminal na <i>Internet</i> .	✓	<ul style="list-style-type: none"> Acesso remoto à <i>interface Web</i> a partir da mesma rede.

6 Conclusão

Nesta etapa final, colmataram-se erros cometidos nas fases anteriores e fizeram-se melhorias significativas em cada elemento, principalmente no gestor, com o intuito de melhorar a *performance* e consistência do sistema no seu todo.

Inicialmente, o grupo sentiu dificuldades em compreender o funcionamento do sistema devido à sua complexidade. Com auxílio da equipa docente e várias trocas de ideias entre os elementos do grupo, essas dúvidas foram esclarecidas ao longo do desenvolvimento do projeto.

O grupo considera que a maior dificuldade enfrentada neste projeto foi a realização da página *Web* devido à falta de conhecimento ao nível do *php*, contudo foi uma mais valia tendo-se conseguido aprender algumas especificações dessa área.

A realização deste projeto contribuiu positivamente para uma melhoria significativa dos conhecimentos e competências de cada elemento do grupo, tendo sido fundamental no reforço de vários conteúdos abordados noutras unidades curriculares, nomeadamente na realização da base de dados, na criação/manipulação de várias *threads* simultaneamente e nos *sockets* UDP e TCP.

Nesta última fase foi necessário utilizar uma plataforma de armazenamento de código-fonte denominada por GitHub, na qual foram atualizadas as várias versões elaboradas por todos os membros.