Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
2018

**Bruno Manuel
de Moura Ramos**

Sistema de Recolha e Armazenamento Remoto de Informação Sensorial de um Processo Industrial usando Bases de Dados Múltiplas

DOCUMENTO
PROVISORIO

o juri/the jury

presidente/president	**ABC** Professor Catedratico da Universidade de Aveiro (por delegacao da Reitora da Universidade de Aveiro)
vogais/examiners committee	**DEF** Professor Catedratico da Universidade de Aveiro (orientador)
	GHI Professor associado da Universidade J (co-orientador)
	KLM Professor Catedratico da Universidade N

agradecimentos / acknowledgements

Um obrigado aos que me ajudaram. (Adicionar agradecimentos)

Palavras-chave Base de dados relacional; rede de bases de dados; múltiplas bases de dados; monitorização remota.

Resumo

Os moldes de injeção são uma ferramenta essencial no mundo industrial. A fim de melhorar a qualidade do produto final e reduzir falhas surgiu a necessidade de instrumentar e monitorizar moldes remotamente, este projeto foca-se na parte da monitorização remota. Desenvolveu-se uma rede com múltiplas bases de dados relacionais e uma aplicação em ambiente *Web*. A primeira garante uma transferência remota de valores segura e permanente de forma a criar um histórico de registos, juntamente com um sistema de criação de *backups* para gerir e proteger estes históricos. A segunda permite ao utilizador interagir com as bases de dados desenvolvidas podendo edita-las e consulta-las de forma a gerar relatórios.

No desenvolvimento deste projeto utilizou-se *MySQL* e *C* para criar e definir a rede de bases de dados resultando numa solução simples e funcional a baixo nível. Utilizou-se *Apache*, *PHP*, e *HTML* para desenvolver e implementar a aplicação de forma a que esta seja multiplataforma e garanta um acesso remoto ao utilizador.

A solução proposta cumpre todos os objetivos definidos podendo ser já utilizada numa fase experimental. Existe ainda margem para desenvolvimentos futuros como melhoramentos de desempenho e novas aplicações que podem complementar a solução proposta.

Abstract Nowadays, it is usual to evaluate a work ...

Conteúdo

Conteúdo i

Lista de Figuras iii

Lista de Tabelas v

1 Introdução 1

2 Conceitos e Ferramentas de Desenvolvimento 3
2.1 Moldes de injeção . . . 3
2.2 Base de dados relacional . . . 4
2.2.1 Domínios, Atributos, Tuplos e Relações . . . 6
2.2.2 Análise de requisitos . . . 7
2.2.3 Diagrama Entidade Relação . . . 7
2.2.4 Esquema Relacional . . . 11
2.3 *Structured Query Language* . . . 12
2.4 *Software* utilizado . . . 13
2.4.1 Ferramentas auxiliares . . . 13
2.4.2 *HTML*, *JS* e *PHP* . . . 14
2.4.3 *MySQL* . . . 15

3 Proposta de Solução 17
3.1 Infraestrutura de Dados . . . 17
3.2 Base de dados . . . 18
3.2.1 Análise de requisitos . . . 18
3.2.2 Desenho conceptual e esquema lógico . . . 24
3.2.3 Construção da base de dados . . . 25
3.2.4 Base de dados notificações . . . 27
3.3 Programa de transferência . . . 28
3.4 Gestão de *backups* . . . 32
3.5 Simulador . . . 34
3.6 Utilizadores . . . 35

4 Aplicação de Gestão do Sistema 37
4.1 Adaptação da infraestrutura . . . 37
4.2 Interface gráfica . . . 38
4.2.1 *Main* . . . 39

4.2.2 *Login* 40
4.2.3 Consultas 41
4.2.4 Administração Local 44
Administração 45
Conectar Local 49

5 Testes de Usabilidade **53**

6 Conclusões **55**
6.1 Comentários 55
6.1.1 Infraestrutura de dados 55
6.1.2 Aplicação de gestão do sistema 57
6.2 Trabalhos Futuros 58

Bibliografia **61**

Lista de Figuras

1.1 Esquema de rede 2

2.1 Molde de injeção 3
2.2 Esquema de um sistema de bases de dados 5
2.3 Exemplo de atributos e tuplos 6
2.4 Representação de entidades, relações e atributos 8
2.5 Representação de entidades fortes e fracas e relação de identificação 8
2.6 Representação dos graus de relações 9
2.7 Exemplo de decomposição de uma relação ternária em relações binárias 9
2.8 Representação de múltiplas relações entre duas entidades 10
2.9 Representação dos tipos de cardinalidade 10
2.10 Notação da cardinalidade de Chen 10
2.11 Representação da obrigatoriedade de participação 11
2.12 Representação dos tipos de atributos 11
2.13 Representação esquema relacional 12
2.14 Logótipos dos *softwares* utilizados 13
2.15 Representaçoã da ferramenta mais usada para desenvolver aplicações *Web* . . . 14

3.1 Diagrama das bases de dados 17
3.2 Diagrama do fluxo de informação 18
3.3 Diagrama final da infraestrutura 19
3.4 Diagrama Entidade/Relação final do projeto 23
3.5 Esquema Lógico final do projeto 24
3.6 Diagrama da comunicação com a base de dados notificações 27
3.7 Fluxograma do programa principal que cria os subprogramas 29
3.8 Fluxograma dos subprogramas criados para transferirem registos de cada cliente para a base de dados central 30
3.9 fluxograma 32

4.1 Esquema ligação Aplicação-Bases de Dados. A aplicação comunica com a base de dados temporária local e depois regista os seus valores nas bases de dados central e local 38
4.2 Funcionalidades da página *Main* com e sem *login* 39
4.3 Página de *Login* para iniciar sessão na base de dados central 40
4.4 Exemplos de erros retornados quando introduzidas credenciais não válidas na página *Login* 40
4.5 Página de Consultas e exemplo de resposta a uma consulta 41

4.6 Exemplos de erros retornados na página de Resposta da Consulta 43
4.7 Funcionalidades da página Administração com e sem conexão local 44
4.8 Área de Gestão de Clientes sem conexão local 46
4.9 Área de Gestão de Moldes 47
4.10 Área de Gestão de Sensores 47
4.11 Função do botão Validar, onde os valores da base de dados temporária local são transferidos de forma permanente para as bases de dados central e local . . 48
4.12 Área Conectar Local onde se visualiza as bases de dados instaladas no sistema . 49
4.13 *Main* com conexão local 50
4.14 Área Criar Local cria a base de dados para o cliente selecionado no sistema em que se acede a aplicação 50
4.15 *Queries* geradas para completar a instalação da base de dados no sistema local. Consistem nas permissões para os utilizadores que só podem ser garantidas via *root* bem como informação para completar o sistema de dados 51
4.16 Área Instalar *MySQL* para instalar o *software* com os comandos em *Linux* . . . 52

6.1 Exemplo da área Criar Local com criação das bases de dados e utilizadores via *root* em vez de gerar *queries* para o utilizador inserir manualmente no *MySQL* . 57
6.2 Exemplo de problemas fisicos 58
6.3 Exemplo de área de Registar para criar utilizadores com base no ID de trabalhador e email 59
6.4 Exemplo molde 4 dinamometros a sair da cena 59

Lista de Tabelas

3.1 Tabelas das bases de dados com os seus atributos e respetivos domínios e obrigatoriedades 25
3.2 Tabelas da base de dados notificações com os seus atributos e respetivos domínios e obrigatoriedades 28
3.3 Tabelas com as permissões das credenciais criadas para as várias tabelas das bases de dados 36

Capítulo 1

Introdução

Para satisfazer as necessidades de uma população cada vez maior, surge a necessidade de produzir artigos em grande escala. Uma das tecnologias que se salientou neste campo, especialmente na produção com plástico, foi a moldagem por injeção.

Os fabricantes de moldes de injeção procuram formas de melhorar as suas ferramentas, como a qualidade do processo de fabrico e a qualidade dos materiais usados na sua construção. No entanto, dada a complexidade do processo e a quantidade de variáveis envolvidas surge a necessidade de instrumentar e monitorizar o molde de forma a garantir um controlo de qualidade. Num esforço conjunto com outros projetos e dissertações procura-se dar mais um passo na monitorização dos moldes de injeção.

O comportamento destas ferramentas pode não se alterar de forma imediata mas alterar-se lentamente ao longo do seu tempo de vida. Para analisar esta alteração do comportamento procura-se uma forma de garantir a criação de um histórico da resposta térmica e integridade estrutural em pontos críticos de um molde de injeção. Dado que os moldes são produzidos para vários clientes pode tornar-se difícil coordenar os históricos desenvolvidos. Este projeto descreve uma solução capaz de coordenar e armazenar tais históricos mantendo a informação organizada e disponível a qualquer momento.

Propõe-se armazenar a informação gerada localmente nos clientes num sistema central situado na empresa que fabrica os moldes. Esta ligação entre os sistemas locais e central, representada na Figura 1.1, visa ser segura, atempada e sem interferência nos processos produtivos. Quanto ao método de armazenamento, propõem-se usar bases de dados relacionais que satisfação os requisitos propostos no projeto. Para consultar a informação nas bases de dados propõem-se uma aplicação em ambiente *Web*, disponível em qualquer momento e dispositivo. A aplicação deve permitir que utilizadores sem conhecimentos sobre bases de dados comuniquem com estas de forma a consultar a informação desejada. Assim sendo enumeram-se os objetivos principais do projeto:

1. Criar uma infraestrutura de bases de dados

2. Criar uma aplicação *Web* para consultar os históricos

Como requerimento definiu-se que deve ser dada prioridade à utilização de *software* gratuito. Além disto, dada a quantidade de opções disponíveis no mercado, definiu-se também que a solução desenvolvida deve ser simples de forma a promover a sua portabilidade para outras plataformas e linguagens.

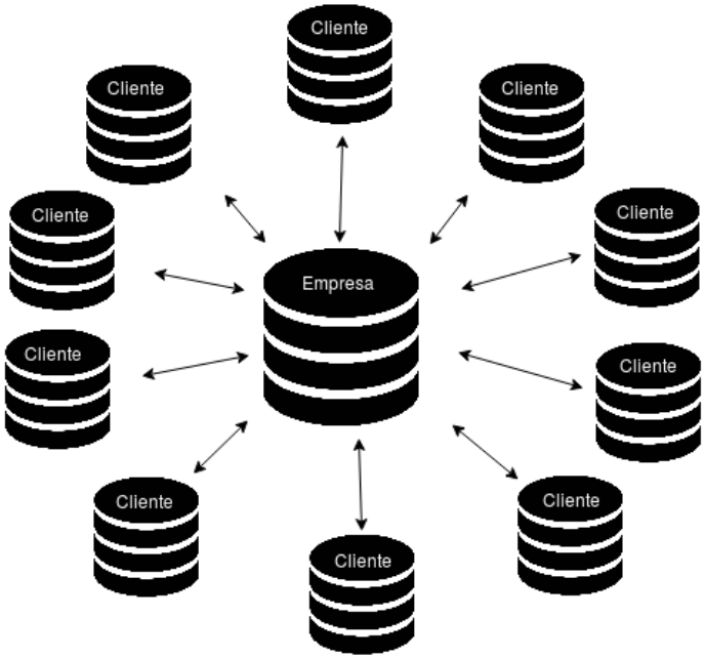


Figura 1.1: Esquema da rede criada com o sistema central na empresa promotora e os sistemas locais nos clientes

---

Este relatório está divido em capítulos, divididos da seguinte maneira:

- Capítulo 1 descreveu-se os objetivos do projeto e apresentou-se a solução proposta
- Capítulo 2 consiste numa explicação de alguns conceitos necessários importantes para a criação de bases de dados relacionais e nas ferramentas utilizadas para desenvolver este projeto
- Capítulo 3 explica a infraestrutura de bases de dados proposta, desenvolvida para uma utilização a baixo nível
- Capítulo 4 descreve algumas adições à infraestrutura proposta e as funcionalidades da aplicação de gestão do sistema
- Capítulo 5 apresenta resultados de testes realizados com utilizadores à aplicação de gestão do sistema
- Capítulo 6 contém comentários sobre a solução desenvolvida e ideias para trabalhos futuros que a possam complementar

Capítulo 2

Conceitos e Ferramentas de Desenvolvimento

2.1 Moldes de injeção

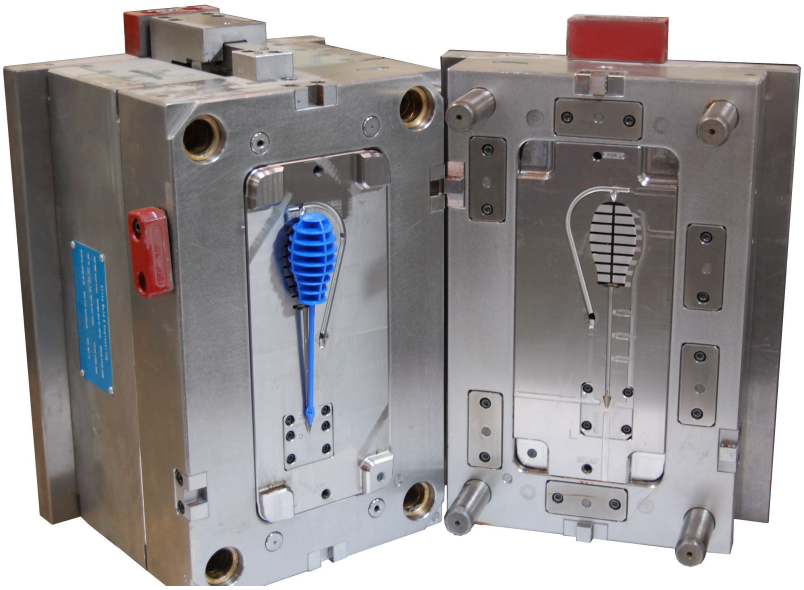


Figura 2.1: Molde de injeção aberto com a peça realizada [2]

Moldagem é o processo mecânico de dar forma a um material no estado líquido usando um molde [3, 4]. Um molde é uma ferramenta sólida oca desenvolvida para efeitos de fundição [5]. Esta é enchida com um material em estado liquido ou em pó como plástico, metal, cerâmica ou vidro [6, 7, 8, 9].

A moldagem por injeção é particularmente útil na produção em massa de peças de plástico com elevada complexidade geométrica [10, 11]. Estas podem ser encontradas em todas as áreas da industria como por exemplo empacotamento, aviação, construção e eletrónica [12]. Neste processo, plástico quente é forçado para dentro de um molde frio com a forma desejada. O

material cobre todas as feições do molde e vai endurecendo sobre o efeito de altas pressões. O processo de injeção pode ser divido em fases distintas [10]:

- Fecho do molde
- Enchimento
- Compactação
- Abertura do molde
- Extração

Em 1868, John Wesley Hyatt inventou uma maneira de fazer bolas de bilhar injetando celuloide para dentro de um molde [13, 14].

Em 1872 Jonh e o seu irmão Isaiah patentearam a primeira máquina de moldes de injeção. Esta era relativamente simples comparada às que são usadas hoje em dia na indústria. Consistia de um pequeno embolo para injetar plástico num molde através de um cilindro quente [13, 15].

A indústria cresceu lentamente produzindo artigos de plástico como botões e pentes. Nos anos 40 a utilização de moldes de injeção cresceu por causa da Segunda Guerra Mundial que tinha uma grande procura de produtos baratos e produzidos em massa [13].

Em 1946, James Hendry construiu a primeira máquina de moldes de injeção com um sem fim, revolucionando a indústria dos plásticos com um design para substituir o embolo de Hyatt. Este sem fim é colocado dentro do cilindro e mistura o material a ser moldado antes de ser injetado no molde. Isto permitiu que cor ou plástico reciclado fossem adicionados à mistura [13, 16].

A qualidade de fabrico dos moldes e das peças produzidas evoluiu com o passar do tempo. A industria investiu em técnicas sofisticadas no desenvolvimento de moldes, para que estes não contenham falhas, e no uso de materiais com qualidade elevada para evitar o desgaste da ferramenta. No entanto, dificilmente se atinge peças com a qualidade desejada unicamente através das ferramentas desenvolvidas. É necessário implementar também técnicas de monitorização de qualidade [17].

2.2 Base de dados relacional

Bases de dados e sistemas de gestão de bases de dados são uma componente essencial na vida da sociedade moderna: muitos de nós realizamos ações todos os dias que envolvem interações com bases de dados. Por exemplo, o ato de depositar e levantar dinheiro num banco, reservar estadias e voos ou comprar alguma coisa online podem envolver alguém ou um algum programa informático que acede a uma base de dados [18].

Esta tecnologia tem um impacto cada vez maior no uso dos computadores. É seguro afirmar que as bases de dados desempenham um papel crítico em quase todas as áreas onde são usados computadores [18].

Uma base de dados é uma coleção organizada de dados que estão relacionados e que podem ser partilhados por múltiplas aplicações [19]. São considerados dados factos reais que podem ser registados e têm um significado implícito, como por exemplo, nomes, moradas e números de telefone. Uma base de dados tem uma fonte de onde os dados são provenientes, algum grau de interação com eventos do mundo real e uma audiência que está ativamente interessada no seu conteúdo [18].

A implementação destas é garantida por parte de um sistema de gestão de base de dados. Este é um *software* de que facilita os processos de definir, construir, manipular e partilhar

bases de dados entre vários utilizadores e aplicações. Definir uma base de dados envolve especificar o tipo de dados, estruturas e restrições dos dados a serem armazenados. Construir é o processo de guardar dados e armazena-los num local definido pelo sistema de gestão de bases de dados. Manipular inclui funções como realizar *queries* à base de dados e receber informação específica, altera-la de acordo com mudanças nas variáveis e gerar relatórios a partir dos dados presentes. Partilhar permite que múltiplos utilizadores e programas acedam à base de dados simultaneamente [18].

Outras funções importantes fornecidas pelos sistemas de gestão de bases de dados incluem proteger e manter a base de dados durante um longo período de tempo. Proteger inclui proteção contra falhas de *hardware* e *software* e segurança contra acessos maliciosos ou não autorizados. Tipicamente uma grande base de dados pode ter um tempo de vida de vários anos, então o sistema de gestão de bases de dados tem de fornecer ferramentas para manter a base de dados de forma a permitir que o sistema evolua com novos requerimentos que surjam ao longo do tempo [18]. Para completar estas definições iniciais, chama-mos sistema de base de dados ao conjunto das bases de dados com o sistema de gestão de bases de dados como representado na Figura 2.2.

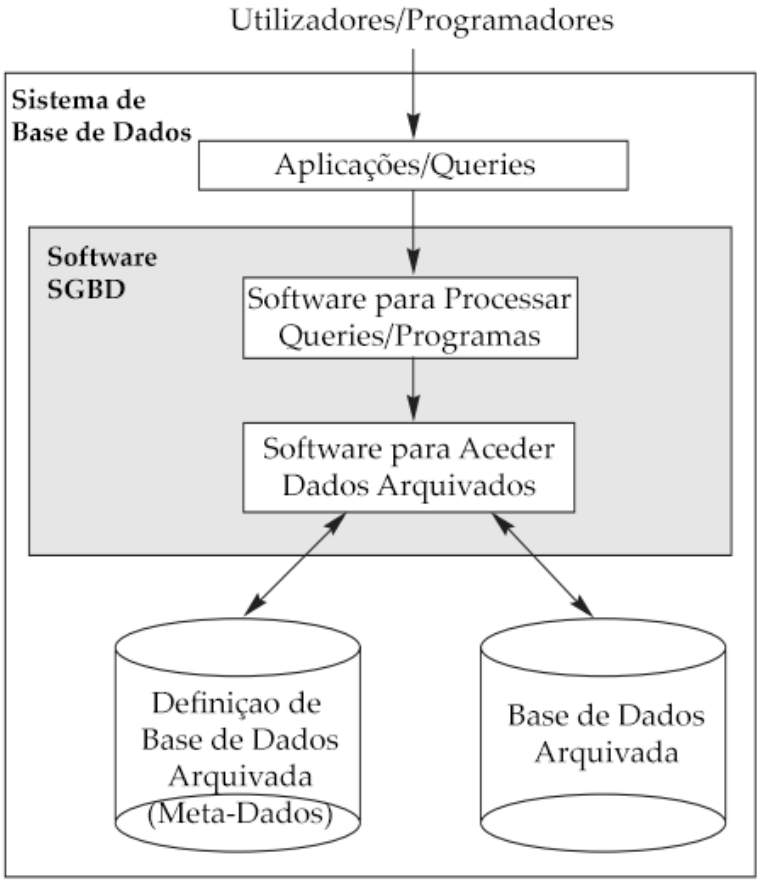


Figura 2.2: Esquema simplificado de um sistema de bases de dados [18]

O modelo relacional foi primeiramente introduzido por Ted Codd do *IBM Research* em

1970 [18, 20] e atraiu imediatamente atenção pela sua simplicidade e base matemática. O modelo utiliza o conceito matemático de "relação" representado por tabelas e é baseado na teoria dos conjuntos [18].

As primeiras implementações comerciais do modelo relacional ficaram disponíveis no inicio dos anos 80, como o *SQL/DS* no sistema operativo *MVS* do *IBM* e o sistema de gestão de base de dados *Oracle*. Desde aí, o modelo tem sido implementado num grande número de sistemas comerciais. Os sistemas de gestão de bases de dados relacionais populares atualmente incluem *DB2* e *Informix Dynamic Server* (do *IBM*), *Oracle* e *Rdb* (da *Oracle*), *Sybase* (da *Sybase*) e *SQLServer* e *Access* (da *Microsoft*). Existem também vários sistemas grátis como *MySQL* e *PostgreSQL* [18].

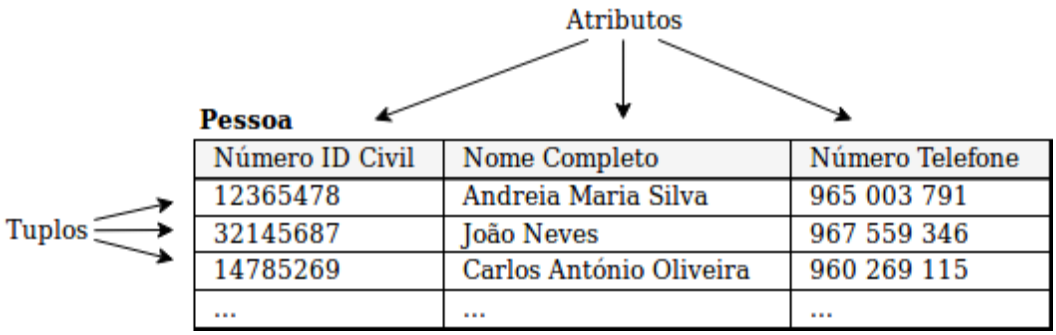
Modelos de dados que procederam o relacional incluem os modelos hierárquicos e de rede. Estes foram propostos nos anos 60 e foram implementados nos primeiros sistemas de gestão de bases de dados nos anos 60 e 70. Estes modelos tiveram bastante importância na história das bases de dados e são referidos atualmente como sistemas de bases de dados *legacy* [18].

2.2.1 Domínios, Atributos, Tuplos e Relações

Um domínio é um conjunto atómico de valores. Atómico significa que cada valor num dado domínio é único e indivisível. Um método comum de especificar um domínio é especificar o tipo de dados do mesmo. Além disto, também é útil dar nomes aos domínios. Por exemplo, a informação de números de telemóvel pode ser guardada num domínio onde o seu tipo de dados é um inteiro de nove dígitos [18].

Um esquema de relação é constituído por um nome de uma relação e uma lista de atributos. Cada atributo é o nome do papel desempenhado por domínio no esquema da relação. É possível múltiplos atributos terem o mesmo domínio [18].

O esquema de relação é um grupo de múltiplos tuplos. Cada tuplo é um conjunto de valores ordenados que estão associados diretamente a um atributo [18]. A Figura 2.3 representa um exemplo do que foi dito anteriormente.



Número ID Civil	Nome Completo	Número Telefone
12365478	Andreia Maria Silva	965 003 791
32145687	João Neves	967 559 346
14785269	Carlos António Oliveira	960 269 115
...	...	...

Figura 2.3: Exemplo onde é possível observar a relação com os seus atributos e alguns tuplos

2.2.2 Análise de requisitos

A análise de requisitos é o primeiro passo necessário para definir uma base de dados. Este processo envolve uma comunicação com a entidade que deseja adquirir a base de dados e pode ser sumariza-do nos seguintes passos:

1. Numa primeira fase realiza-se uma recolha detalhada de toda a informação referente ao problema do mundo real e retirar entidades, atributos, restrições, etc.
2. Filtrar a informação de forma a remover redundâncias e informação pouco relevante
3. Clarificar aspetos pouco claros
4. Completar o problema com informação adicional necessária
5. Distinguir dados de operações

Este processo é transversal ao modelo de dados escolhido para realizar a base de dados. Para uma base de dados relacional é necessário identificar as chaves de uma relação:

- Superchave - Conjunto de atributos que identificam de forma única dois tuplos distintos
- Chave candidata - são todas as superchaves que não podem ser mais simplificadas
- Chave primária - escolhida do conjunto de chaves candidatas e identifica de forma única o tuplo
- Chave única - restantes chaves candidatas que não foram escolhidas como chave primária
- Chave estrangeira - conjunto de atributos que é chave primária de outra relação

A escolha da chave primária pode ser feita de forma aleatória mas, priorizam-se chaves que identifiquem de forma natural um atributo. Por exemplo: uma pessoa pode ser identificada por um número de identificação, número de identificação fiscal ou pelo seu número de telefone dado que estes nunca se repetem. O número de identificação é mais natural para identificar uma pessoa do que o seu número de identificação fiscal e menos volátil do que o seu número de telefone, dado que este pode ser alterado.

Para realizar um Diagrama Entidade Relação são necessárias informações sobre a relação entre as entidades, a cardinalidade e a obrigatoriedade de participação na relação. Estas são deduzidas durante a análise de requisitos mas serão explicadas na Subseção 2.2.3.

2.2.3 Diagrama Entidade Relação

A representação lógica dos dados é uma componente importante na área das bases de dados. Existem vários modelos para esta representação antes da criação do modelo entidade-relação apresentado por P. P. Chen em 1976, sendo os mais conhecidos os modelos em rede, relacional e entidade. Estes modelos têm as suas vantagens e desvantagens. O modelo em rede permite uma vista mais natural dos dados dividindo-os em entidades e relações (até um determinado ponto), mas a sua capacidade de garantir independência dos dados foi superada. O modelo relacional consegue ter um grande grau de independência dos dados, mas pode perder alguma informação semântica importante sobre o mundo real. O modelo de entidade

também consegue um grande grau de independência dos dados, mas a forma visualizar os dados não é tão fácil para algumas pessoas [21].

O modelo entidade-relação adota uma vista mais natural em que o mundo real consiste de entidades e relações, incorpora alguma informação semântica importante sobre o mundo real e consegue ter um grande grau de independência de dados. O modelo entidade-relação é baseado na teoria das relações e foi desenvolvido com o objetivo de servir de base para um sistema de visualização de dados unificado [21].

O diagrama entidade-relação é uma representação gráfica da análise de requisitos realizada anteriormente baseada no modelo entidade-relação. Este diagrama não é determinístico pois, para uma mesma análise, podem nascer diferentes diagramas que cumprem todos os requisitos.

Um diagrama é constituído elementos como entidades, atributos e relações. Uma entidade é algo que existe no mundo real como uma pessoa ou um carro. Um atributo é uma característica da entidade como uma pessoa tem um nome e um carro tem uma matricula. Uma relação é como uma ou mais entidades interagem entre si como uma pessoa tem um carro [21].

Passando à notação, as entidades são representadas por caixas retangulares, os atributos por caixas ovais e as relações por caixas em forma de losango como mostra a Figura 2.4. Os atributos sublinhados representam a chave primária da entidade.

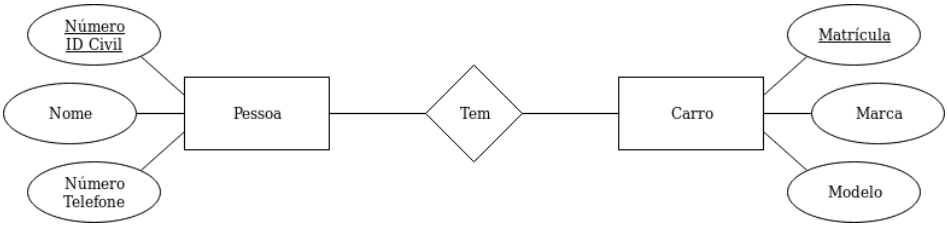


Figura 2.4: Representação das entidades Pessoa e Carro, uma pessoa identificada pelo número de ID civil tem um carro identificado pela sua matrícula

As entidades podem ser fortes e fracas. Uma entidade forte não depende de outras entidades, enquanto uma entidade fraca necessita de ser identificada em conjunto com uma entidade forte. As relações de identificação definem a ou as entidades fortes que identificam uma entidade fraca entre as quais esta se relaciona. As entidades fracas são representadas por caixas retangulares com linha dupla e as relações de identificação são identificadas por um losango de linha dupla como representado na Figura 2.5.

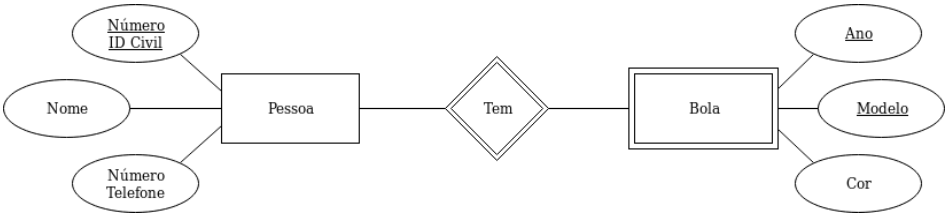
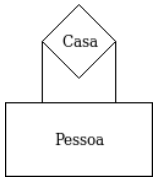
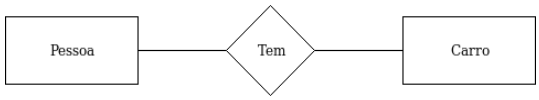


Figura 2.5: Representação das entidades Pessoa e Bola, uma pessoa identificada pelo número de ID civil tem uma bola de um determinado modelo e ano. A bola não tem um elemento caracterizador único pois podem existir bolas do mesmo modelo e ano, então identifica-se esta em conjunto com informação da pessoa que tem a bola

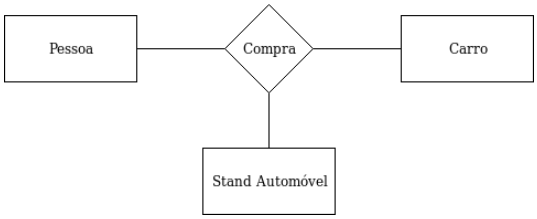
Para completar a relação entre entidades é necessário identificar também o grau, cardinalidade e obrigatoriedade de participação de uma relação. Quanto ao grau, uma relação pode ser unária, binária ou ternária como representado na Figura 2.6. As relações ternárias podem ser decompostas em relações binárias, como mostra a Figura 2.7.



(a) Exemplo de relação unária onde uma pessoa casa com outra pessoa



(b) Exemplo de relação binária onde uma pessoa tem um carro



(c) Exemplo de relação ternária onde uma pessoa compra um carro a um stand automóvel

Figura 2.6: Representação dos graus de relações

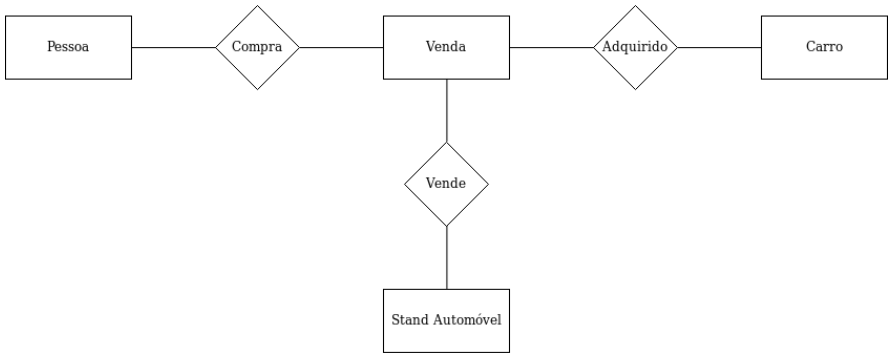


Figura 2.7: Exemplo de decomposição da relação ternária da Figura 2.6c em relações binárias. A entidade venda relaciona de forma mais simples a pessoa, o carro e o stand automóvel envolvidos na compra

As relações podem também ser múltiplas, ou seja, mais do que uma relação entre entidades como demonstrado na Figura 2.8.

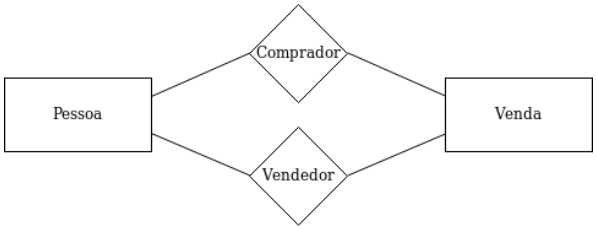
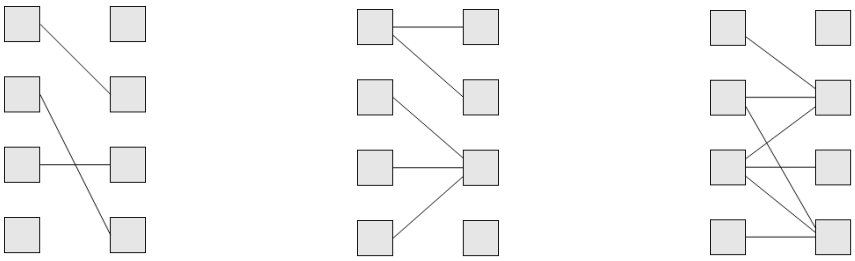


Figura 2.8: Representação de múltiplas relações entre duas entidades, no ato de venda uma pessoa é o vendedor e outra é o comprador

Quanto à cardinalidade uma relação pode ser de três tipos:

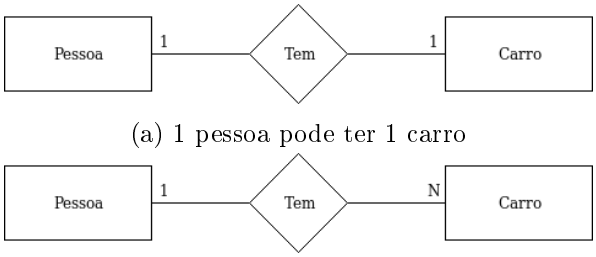
- 1 para 1
- 1 para N ou N para 1
- N para M

A Figura 2.9 apresenta uma representação visual destas cardinalidades e a Página 10 apresenta a notação da cardinalidade definida por Chen.



(a) Relação 1 para 1 (b) Relação 1 para N ou N para 1 (c) Relação N para M ou muitos para muitos

Figura 2.9: Representação dos tipos de cardinalidade



(a) 1 pessoa pode ter 1 carro

(b) 1 pessoa pode ter N carros

Figura 2.10: Notação da cardinalidade de Chen

A obrigatoriedade de participação numa relação define se uma entidade tem de participar obrigatoriamente na relação. Esta é representada por uma linha dupla na ligação com a relação como representado na Figura 2.11.

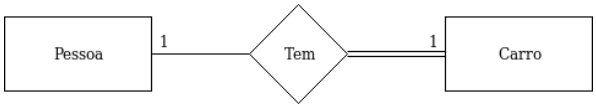


Figura 2.11: Representação da obrigatoriedade de participação. Neste caso uma pessoa pode ter ou não carro mas, um carro tem de pertencer sempre a uma pessoa

Os atributos também podem ser de tipos diferentes. Estes podem ser derivados, compostos ou multi-valor como mostra a Figura 2.12

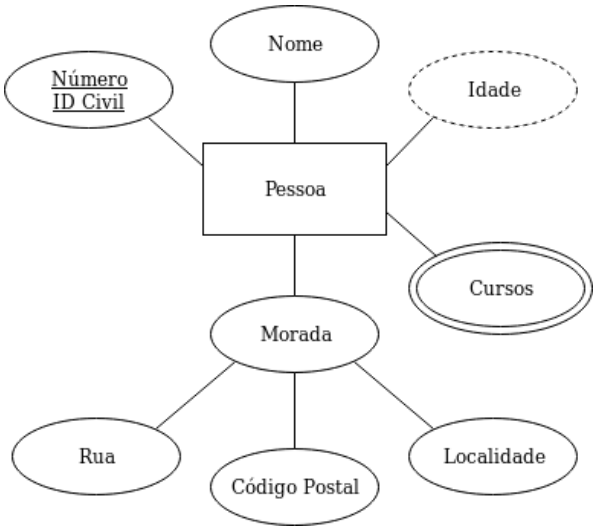


Figura 2.12: Representação dos tipos de atributos. Os atributos derivados são representados a tracejado, os compostos têm sub-atributos associados a si e os multi-valor são representados com linha dupla. A idade varia com a data, uma pessoa pode ter um ou mais cursos e a morada pode ser dividida em rua, código postal e localidade

2.2.4 Esquema Relacional

O esquema relacional incluí todas as relações que concretizam uma base de dados. Cada relação é representada pelos seus atributos, tendo os atributos chave sublinhados. Quando atributos de relações diferentes representam o mesmo elemento do mundo real, estes são conectados. Quando um elemento aparece em relações diferentes significa que numa destas, o elemento, é atributo chave da relação e assim sendo, os restantes atributos são considerados chaves estrangeiras. São representados com a ligação ao atributo que serve de chave primária como demonstrado na Figura 2.13 [21]. Este esquema pode ser deduzido a partir do diagrama entidade relação onde as entidades se traduzem em relações e as relações do diagrama representam as chaves estrangeiras no esquema relacional.

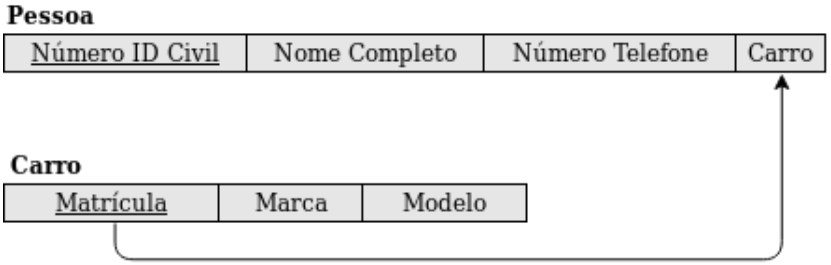


Figura 2.13: Representação do esquema relacional com as ligações das chaves estrangeiras deduzido do diagrama entidade relação da Figura 2.10a

2.3 *Structured Query Language*

A linguagem *SQL* é considerada uma das maiores razões para o sucesso comercial das bases de dados relacionais. Porque se tornou normal a sua utilização em bases de dados relacionais, os utilizadores tiveram menos preocupações a transferir as suas aplicações de outros tipos de bases de dados - por exemplo, bases de dados hierárquicas e em rede - para uma base de dados relacional. Isto porque se um sistema de gestão de bases de dados não cumprisse os requisitos definidos, não era problemático transferir a solução para outro sistema de gestão de bases de dados dado que ambos utilizam a mesma linguagem. Na realidade existem várias sub-versões desta linguagem dependentes de cada sistema de gestão de bases de dados. No entanto, se o utilizador se limitar apenas às funções standard desta linguagem a mudança de sistema é bastante simplificada. Outra vantagem de ter uma linguagem normalizada é que uma aplicação pode utilizar informação de bases de dados em sistemas de gestão de bases de dados diferentes ao mesmo tempo [18].

O nome *SQL* atualmente significa *Structured Query Language*. Originalmente era chamado *SQUEL* de *Structured English QUEry Language*, foi desenhado e implementado no *IBM Research* como uma interface experimental para o sistema de bases de dados relacionais *SYSTEM R*. *SQL*. Um esforço conjunto entre o *American National Standards Institute* (*ANSI*) e a *International Standards Organization* (*ISO*) conduziu à normalização da versão do *SQL* chamado SQL-86 ou SQL1. Surgiu depois uma versão expandida chamada SQL-92 ou SQL2. A seguinte versão reconhecida é o SQL:1999 ou SQL3. Dois *updates* de depois resultaram nas versões SQL:2003 e SQL:2006 [18]. Sendo a atualização mais recente em 2016.

O *SQL* é uma linguagem básica para realizar *queries* que permitem definir e construir uma base de dados, bem como interagir com os dados presentes nas bases de dados [18].

2.4 *Software* utilizado

Para desenvolver as redes de bases de dados e aplicação escolheram-se os *softwares* apresentados na Figura 2.14. Como a solução será futuramente implementada em ambiente empresarial, definiu-se que não se deve usar *softwares* que estejam em versão *beta*. Além disto definiu-se que estes devem ser gratuitos.

(a) *Ubuntu* [22]

(b) *GNU* [23]

(c) *Apache* [24]

(d) *MySQL* [25]

Figura 2.14: Logótipos dos *softwares* utilizados

2.4.1 Ferramentas auxiliares

Escolheu-se o *Ubuntu* 16.04LTS como sistema operativo para os sistemas usados neste projeto, representado na Figura 2.14a. Este é uma distribuição do *Linux* baseado no *Debian*. É um sistema operativo grátis e *open source* desenvolvido pela *Canonical*. A liberdade deste sistema operativo na área da programação criou uma comunidade de utilizadores que ajudam a pesquisar e desenvolver este sistema operativo [26].

A *Canonical* encarrega-se de garantir *updates* de segurança e performance de forma regular. Apesar de não ser infalível o *Linux* é um dos sistemas mais estáveis e menos provável de ser afetado por vírus, dado que a maior parte destes são desenhados para afetar sistemas operativos mais populares como o *Windows* [26].

Escolheu-se utilizar *C* no desenvolvimento deste projeto devido à afinidade com esta linguagem e com o facto do *MySQL* disponibilizar protocolos oficiais e documentação de comunicação com esta linguagem [27].

O *C* é uma linguagem para todos os tipos de problemas e importante no mundo da programação. Originalmente desenvolvido por Dennis Ritchie entre 1969 e 1973 no *Bell Labs* e usado para re-implementar o sistema operativo *Unix*. Desde então esta tornou-se uma das linguagens de programação mais popular de sempre com uma oferta de vários compiladores existentes no mercado. O *C* foi então normalizado pelo *ANSI* em 1989 e consequentemente pelo *ISO*.

No projeto usa-se o *GNU Compiler Collection* (*GCC*), representado na Figura 2.14b, como compilador dos programas em *C*. Este foi desenvolvido primeiramente para o sistema operativo *GNU* e focou-se em ser gratuito e garantir liberdade de programação ao utilizador. Conta com

uma comunidade ativa que desenvolvem constantemente novas soluções e *updates* regulares ao compilador de forma a que este não fique desatualizado [28].

Escolheu-se utilizar *Apache HTTP Server*, representado na Figura 2.14c como servidor *HTTP* para a aplicação *Web*. Este foca-se em ser um servidor gratuito e garantir uma solução segura, eficiente e extensível [29].

Lançado em 1995, tornou-se no *software* mais utilizado pelas empresas para correr os seus *sites*. Atualmente na versão 2.4, realizam *updates* constantes ao programa para o manter estável e atualizado [29].

2.4.2 *HTML*, *JS* e *PHP*

Figura 2.15: Representação da ferramenta mais usada para desenvolver aplicações em ambiente *Web* [1]

Escolheu-se *HTML*, *JS* e *PHP* para desenvolver a aplicação *Web* deste projeto. Junto com *SQL* e *CSS* formam o conjunto de ferramentas mais usadas no desenvolvimento de aplicações *Web* no mercado, representado na Figura 2.15.

HTML ou *Hyper Text Markup Language* descreve a estrutura da página *Web* desenvolvida. Possuí elementos que funcionam como blocos para as páginas permitindo a criação de uma interface com um utilizador. *CSS* ou *Cascading Style Sheets* descreve como os elementos HTML devem ser dispostos na página, permitindo o desenvolvimento de uma interface mais apelativa. *JS* ou *JavaScript* permite interagir e alterar o código *HTML* e *CSS* criando uma interface mais interativa. Permite também desenvolver códigos e funções que são executadas no browser do cliente. *PHP* ou *PHP:Hypertext Preprocessor* permite desenvolver funções para aplicação que executam do lado do servidor. *JS* e *PHP* realizam ambos funções diferindo apenas no local onde são executadas [30]. Sem contar com a interação com o *HTML* e *CSS*, o *PHP* pode substituir o *JS* como linguagem para criação de funções do sistema. No entanto, isto pode causar problemas de desempenho dado que o servidor terá de correr funções de todos os utilizadores. Assim sendo define-se que o uso do *PHP* deve ser limitado a funções de sistema mais importantes, como conectar a uma base de dados em *SQL*, e o *JS* deve ser usado no desenvolvimento de funções de aplicação mais triviais.

2.4.3 *MySQL*

Escolheu-se o *MySQL*, representado na Figura 2.14d, como sistema de gestão de bases de dados relacionais para construir e utilizar as bases de dados usadas neste projeto, dada a sua simplicidade e velocidade de resposta. Existem outras ofertas gratuitas como o *SQLite* e o *PostgreSQL*. O *SQLite* funciona apenas localmente e não permite uma conexão remota que se procura como solução para o problema. O *PostgreSQL* é um sistema robusto que permite realizar tarefas que o *MySQL* não consegue realizar. No entanto, dada a simplicidade da base de dados prevista na fase de projeto, não é necessário usar uma ferramenta tão completa e robusta [31].

O *MySQL* é o mais popular e o sistema de gestão de bases de dados relacionais e o mais usado [31]. Garante um acesso múltiplo, rápido e robusto a uma base de dados no servidor. Foi desenvolvido para lidar com grandes quantidades de informação e *softwares* com utilização massiva [27].

O *MySQL* oferece soluções gratuitas e pagas, *Community* e *Enterprise*, respetivamente. A primeira recebe menos *updates* e correções que a solução paga. Tem também algumas funcionalidades bloqueadas e um limite na capacidade de sensivelmente 4Gb [27]. Estas limitações não afetam o projeto e como tal opta-se pela solução gratuita deste *software*.

Como referido anteriormente os vários sistemas de gestão de bases de dados possuem as suas próprias sub-versões da linguagem *SQL* e, o *MySQL*, não é exceção. Segue-se a lista com os comandos principais utilizados neste projeto [27]:

- **SHOW DATABASES/TABLES** - mostra todas as bases de dados ou tabelas da base de dados (*MySQL*)
- **CREATE DATABASE/TABLE** - criar bases de dados ou tabelas
- **DROP DATABASE/TABLE** - eliminar bases de dados ou tabelas
- **SELECT FROM** - visualizar tuplos de uma tabela
- **INSERT** - inserir tuplos numa tabela
  - **INTO** - se forem inseridos múltiplos tuplos e um não respeitar as restrições de integridade definidas, nenhum tuplo é inserido
  - **IGNORE** - se forem inseridos múltiplos tuplos e um não respeitar as restrições de integridade, esse é descartado e os restantes são inseridos na tabela (*MySQL*)
- **DELETE** - elimina tuplos de uma tabela
- **UPDATE** - altera tuplos de uma tabela
- **GRANT** - dar privilégios a um utilizador

A *querie* do tipo SELECT permite adicionar condições do tipo [27]:

- **WHERE** - definir parâmetros de busca de um atributo
- **GROUP BY** - permite agrupar informação permitindo operações matemáticas sobre valores, por exemplo: contagem, soma, média, etc.
- **ORDER BY** - escolher a ordem dos tuplos

As *queries* do tipo DELETE e UPDATE também permitem utilizar a condição WHERE.

Na criação das tabelas atribuem-se o nome dos atributos e o seu respetivo domínio. O *MySQL* oferece vários tipos de dados, dos quais foram usados [27]:

- **VARCHAR(n)** - *string* com tamanho máximo n
- **INT** - inteiro entre -2147483648 e +2147483647
- **TINYINT** - inteiro entre -128 e +127
- **FLOAT** - numérico com casa decimais
- **DATETIME** - data e hora no formato AAAA-MM-DD HH:MM:SS

Define-se também as restrições de integridade [27]:

- **PRIMARY KEY** - define chave primária
- **UNIQUE** - define chave única
- **FOREIGN KEY REFERENCES** - define a chave estrangeira e o atributo de referência

Estas restrições ou **CONSTRAINTS** podem e devem ser atribuídas um nome de forma a identifica-las em mensagens de erro. Além disto é possível definir o comportamento de uma restrição de uma chave estrangeira quando o atributo de referencia é alterado (**ON UPDATE**) ou eliminado (**ON DELETE**) [27]:

- **NO ACTION** - não deixa realizar a ação
- **CASCADE** - todas as chaves estrangeiras dependentes do atributo de referencia são alteradas ou eliminadas de acordo com este
- **SET NULL** - altera o valor da chave estrangeira para NULL
- **SET DEFAULT** - altera o valor da chave estrangeira para um valor predefinido

O valor NULL representa um valor de um atributo que não existe ou é desconhecido, adiciona-se **NOT NULL** a um atributo quando este não pode assumir este valor [27].

Estes são os comandos e conceitos principais que surgem ao longo deste documento. Como referido anteriormente e é possível observar aqui, o *SQL* é uma linguagem simples e auto-explicativa.

Capítulo 3

Proposta de Solução

A infraestrutura de dados desenvolvida tem como objetivo ser simples, funcional a baixo nível e sem impor restrições na instrumentação dos moldes. Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento das bases de dados, o método de transferência de medições, a gestão de *backups*, as permissões dos utilizadores e um simples simulador de valores.

3.1 Infraestrutura de Dados

A instrumentação dos moldes geram valores localmente nos clientes e estes devem ser guardados numa base de dados central. A transferência é realizada usando protocolos TCP/IP. A fim de minimizar a perda de valores em caso de falha de conexão, coloca-se uma base de dados local em cada cliente, como representado na Figura 3.1.

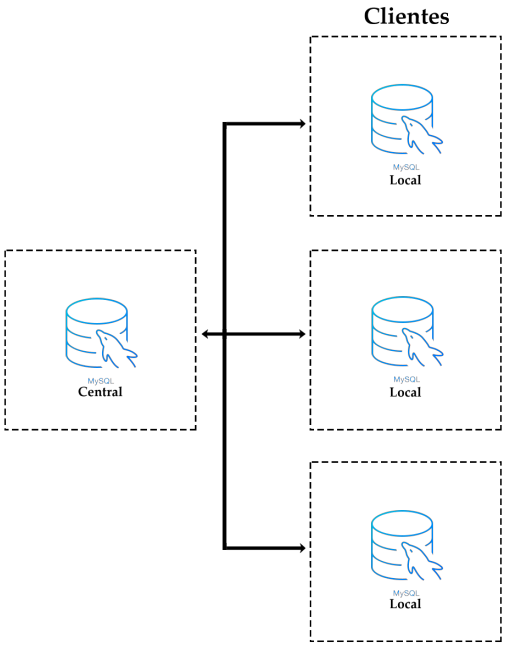


Figura 3.1: Diagrama da infraestrutura com múltiplas bases de dados locais conectadas a uma base de dados central

Para estabelecer o fluxo de informação desenvolveu-se um programa de transferência e um simulador, ambos desenvolvidos em *C*. O programa de transferência envia *queries* para as bases de dados locais e recebe respostas com valores que regista na base de dados central. O simulador gera valores para popular as bases de dados locais. Para simular múltiplos clientes usam-se simuladores independentes entre si, como representado na Figura 3.2.

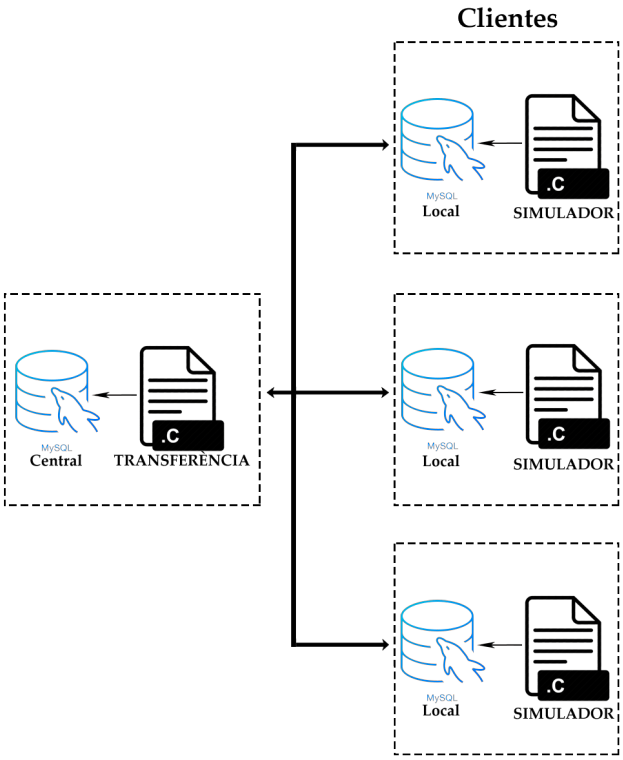


Figura 3.2: Diagrama do fluxo de informação. Os simuladores substituem provisoriamente sistemas de aquisição de dados

Para melhorar o desempenho da base de dados central e prevenir falhas críticas do sistema, desenvolveu-se um programa de gestão de *backups*, também em *C*. Este programa limpa e cria *backups* da base de dados e guarda-os num repositório *online*. De forma a não interferir diretamente com a informação da base de dados central criam-se duas bases de dados para a gestão dos *backups*. Com esta adição, o esquema da infraestrutura final está representado na Figura 3.3.

3.2 Base de dados

3.2.1 Análise de requisitos

Deseja-se, de uma forma geral, um sistema capaz de guardar remotamente medições realizadas em moldes instrumentados. Esta informação não é suficiente para se deduzir uma base de dados. Assim sendo, analisando e completando a informação inicial chega-se ao seguinte enunciado:

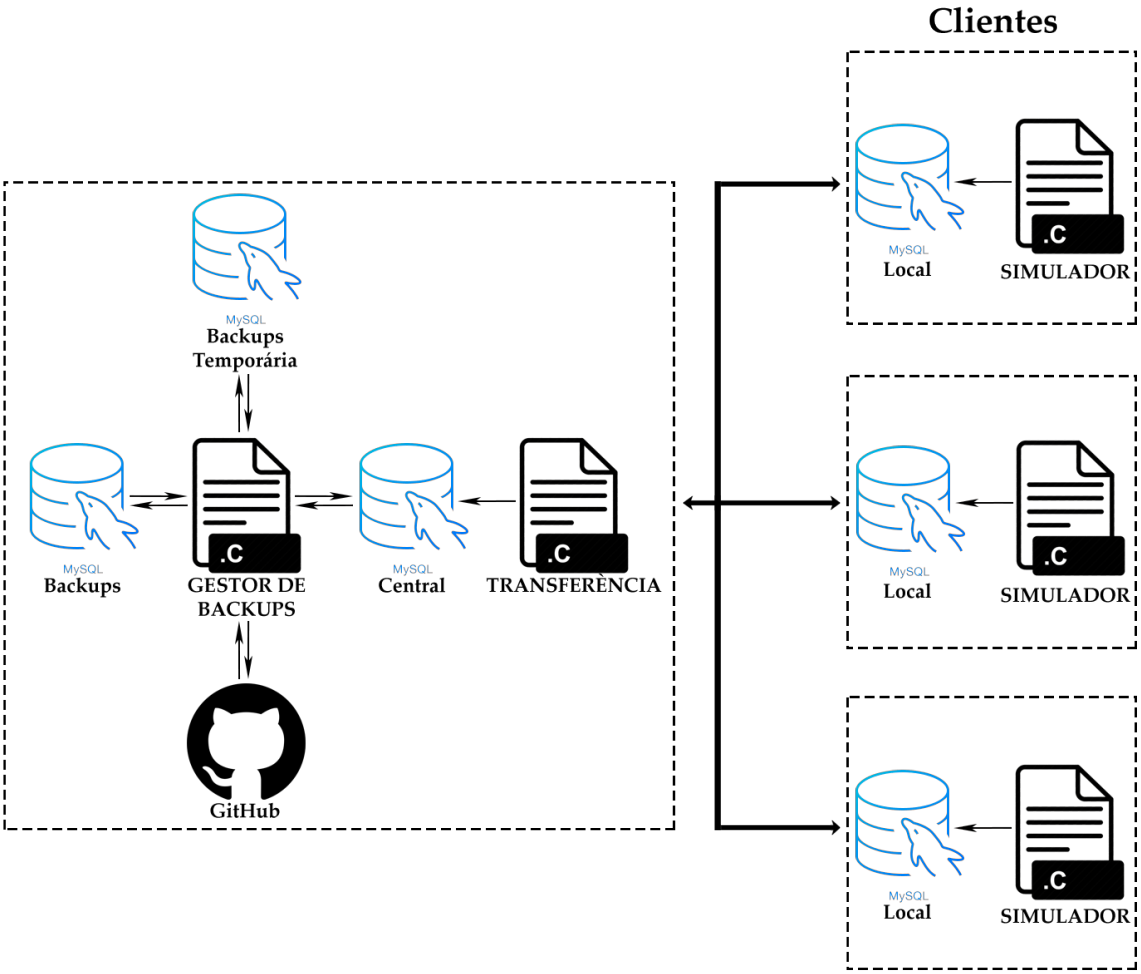


Figura 3.3: Diagrama final da infraestrutura de dados. Os valores gerados nos simuladores são transferidos para a base de dados central. Estes valores são então processados pelo gestor de *backups* que cria e guarda *backups* provisoriamente num repositório online no *GitHub*

Um cliente, caracterizado por um ID, nome, morada, IP e port, tem moldes. Estes moldes são identificados por um ID, nome e descrição. Os moldes têm sensores com um número referente ao molde, tipo (termómetro, dinamómetro, extensómetro, etc.), nome e descrição. Estes sensores geram registos onde guardam a fase do processo (fecho do molde, enchimento, compactação, abertura e extração), data, hora, milissegundos e o valor num determinado momento.

Analisando este enunciado identificam-se as seguintes entidades com os seus respetivos atributos:

- Tipo
  - ID
  - Nome
- Fase
  - ID
  - Nome
- Clientes
  - ID de cliente único
  - Nome
  - Morada
  - IP
  - Port
- Moldes
  - ID do cliente associado
  - ID de molde único
  - Nome
  - Descrição
- Sensores
  - ID do molde associado
  - Número do sensor
  - ID do tipo de sensor
  - Nome
  - Descrição
- Registos
  - ID do molde associado
  - Número do sensor associado
  - ID da fase do processo
  - Data
  - Hora
  - Milissegundos
  - Valor

Analisando os atributos identificam-se as seguintes chaves primárias, únicas e estrangeiras:

- Tipo
  - Chave primária: ID
  - Chaves únicas:
    1. Nome
- Fase
  - Chave primária: ID
  - Chaves únicas:
    1. Nome
- Clientes
  - Chave primária: ID de cliente
- Moldes
  - Chave primária: ID de molde
  - Chaves estrangeiras:
    1. ID do cliente associado
- Sensores
  - Chave primária: ID do molde associado, Número do sensor
  - Chaves estrangeiras:
    1. ID do molde associado
    2. ID do tipo de sensor
- Registos
  - Chave primária: ID do molde associado, Número do sensor associado, Data, Hora, Milissegundos
  - Chaves estrangeiras:
    1. ID do molde associado, Número do sensor associado
    2. ID da fase do processo

O tipo de sensor e a fase do processo são dicionários ou seja, são entidades que contêm informação predefinida de forma a evitar a adição de dados incorretos nas entidades relacionadas. Os seus dados inicias são:

- Tipo
  - Termómetro
  - Dinamómetro
  - Extensómetro
  - Vibrómetro
  - Pressão
  - Acelerómetro X
  - Acelerómetro Y
  - Acelerómetro Z

- Fase
  - Fecho do molde
  - Enchimento
  - Compactação
  - Abertura de molde
  - Extração

Ligando as várias entidades entre si identificam-se as seguintes relações com a respetiva cardinalidade:

- 1 cliente tem N moldes
- 1 molde tem N sensores
- 1 sensor tem N registos
- 1 tipo define N sensores
- 1 fase define N registos

Quanto à obrigatoriedade de participação das entidades nas relações anteriores afirma-se:

- Não pode existir moldes sem clientes
- Não pode existir sensores sem moldes
- Não pode existir registos sem sensores
- Não pode existir sensores sem tipo
- Não pode existir registos sem fase

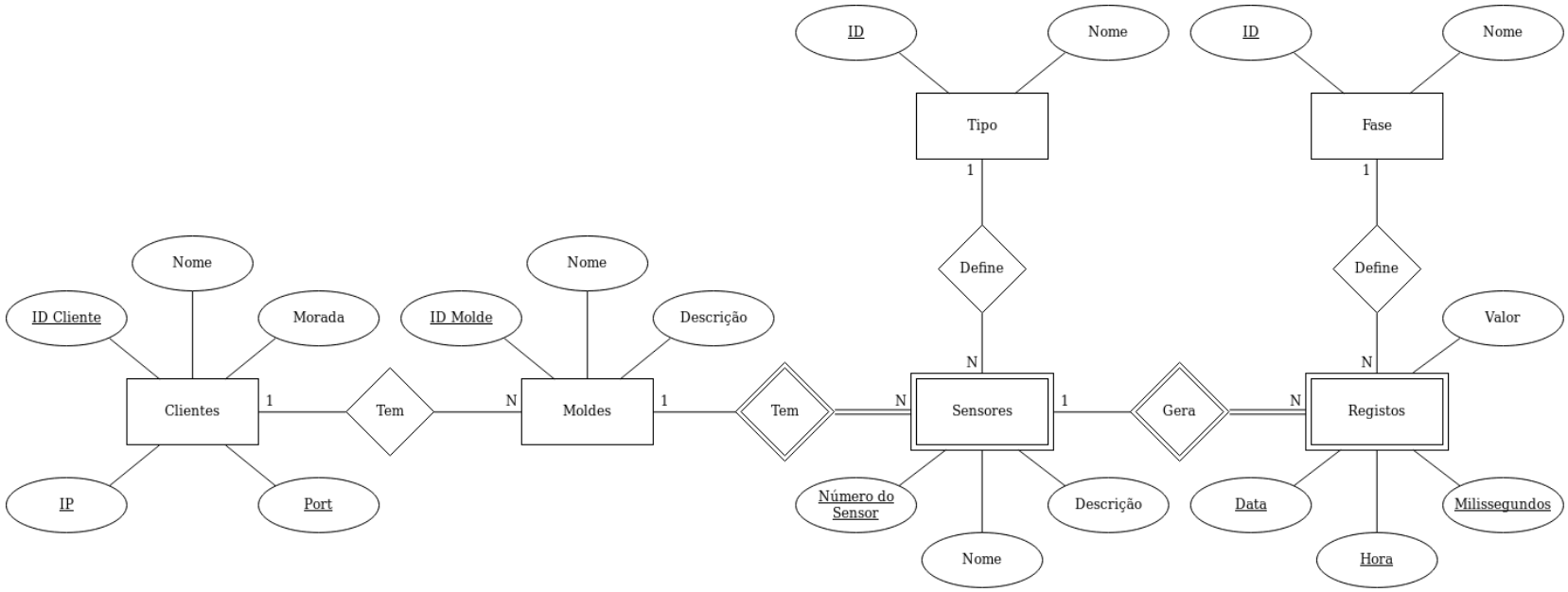


Figura 3.4: Diagrama Entidade/Relação final do projeto realizado a partir da análise de requisitos

3.2.2 Desenho conceptual e esquema lógico

Concatenando a informação descrita na análise de requisitos, obtém-se o diagrama entidade/relação representado na Figura 3.4.

Traduzindo as entidades do diagrama anterior para tabelas e as relações para chaves estrangeiras, obtém-se o esquema lógico da base de dados representado na Figura 3.5.

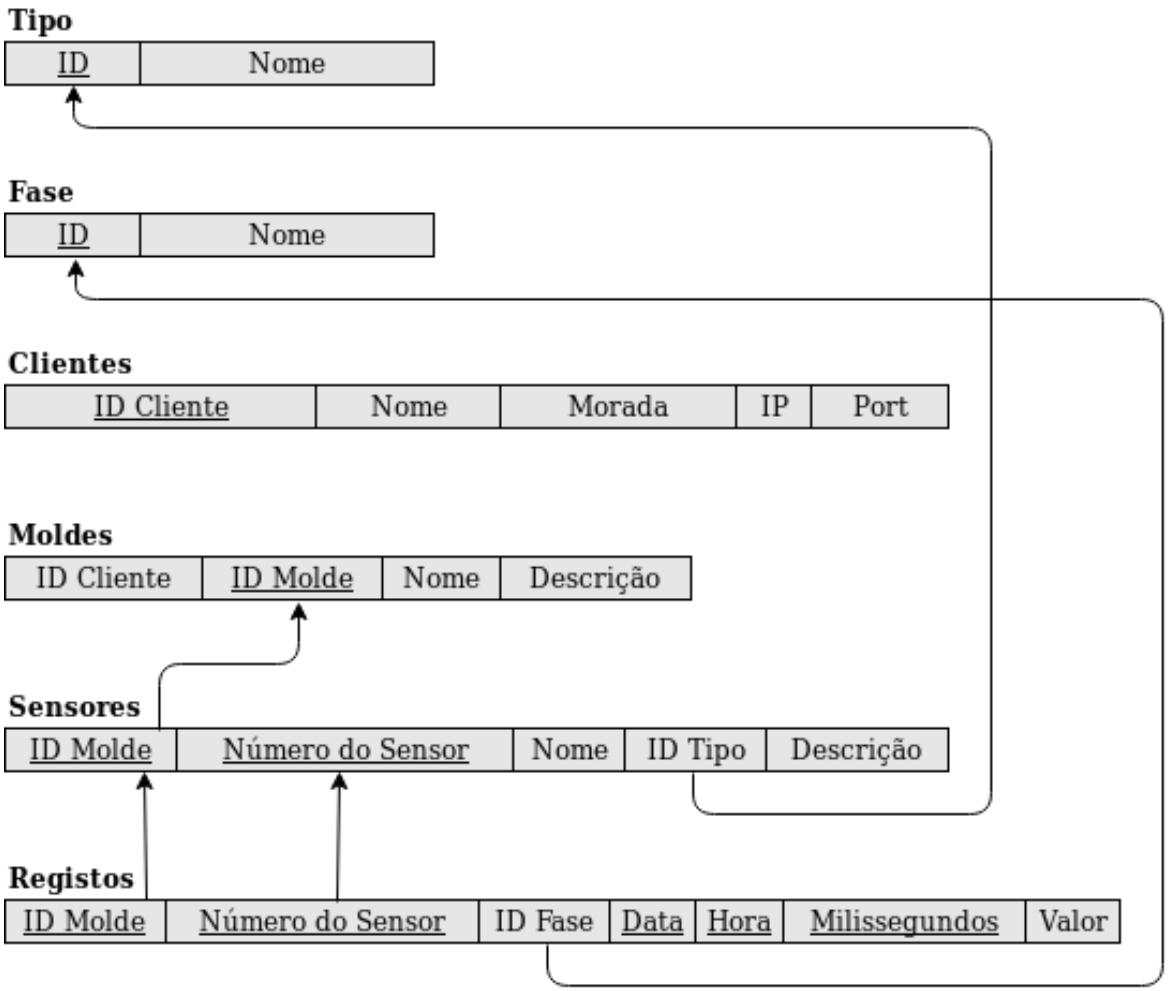


Figura 3.5: Esquema Lógico final do projeto obtido através da análise do diagrama entidade/relação na Figura 3.4 onde as entidades e os seus atributos se traduzem em tabelas e as relações nas chaves estrangeiras destas

3.2.3 Construção da base de dados

Avançando para a criação das tabelas em *MySQL*, a fim de evitar ambiguidades no nome dos atributos estes são alterados para campos semânticos específicos a cada entidade a que pertencem. Para cada atributo define-se o domínio e a obrigatoriedade como representado na Tabela 3.1.

tipo

tipo_ID	tipo_nome
int	varchar(50)
not null	not null

fase

fase_ID	fase_nome
int	varchar(50)
not null	not null

clientes

cl_ID	cl_nome	cl_morada	cl_IP	cl_port
int	varchar(50)	varchar(100)	varchar(50)	int
not null	not null		not null	not null

moldes

m_IDCliente	m_ID	m_nome	m_descricao
int	int	varchar(30)	varchar(200)
not null	not null		

sensores

s_IDMolde	s_num	s_tipo	s_nome	s_descricao
int	int	int	varchar(30)	varchar(200)
not null	not null	not null		

registos

r_IDMolde	r_numSensor	r_fase	r_data_hora	r_milissegundos	r_valor
int	int	int	datetime	tinyint	float
not null	not null	not null	not null	not null	

Tabela 3.1: Tabelas das bases de dados com os seus atributos e respetivos domínios e obrigatoriedades. Os atributos data e hora da entidade registos são fundidos no atributo r_data_hora graças ao tipo de dados datetime

Define-se então nomes para as restrições de integridade definidas pelas chaves das entidades:

- Tipo
  - Restrição chave primária: REPETIDO_ID_TIPO
  - Restrição chaves únicas:
    1. REPETIDO_NOME_TIPO
- Fase
  - Restrição chave primária: REPETIDO_ID_FASE
  - Restrição chaves únicas:
    1. REPETIDO_NOME_FASE

- Clientes
  - Restrição chave primária: REPETIDO_ID_CLIENTE
- Moldes
  - Restrição chave primária: REPETIDO_ID_MOLDE
  - Restrição chaves estrangeiras:
    1. MOLDE_MAU_ID_CLIENTE
- Sensores
  - Restrição chave primária: REPETIDO_NUM_SENSOR
  - Restrição chaves estrangeiras:
    1. SENSOR_MAU_ID_MOLDE
    2. SENSOR_MAU_ID_TIPO
- Registos
  - Restrição chave primária: REPETIDO_REGISTO
  - Restrição chaves estrangeiras:
    1. REGISTOS_MAU_ID_MOLDE_SENSOR
    2. REGISTOS_MAU_ID_FASE

Em relação ao comportamento das restrições das chaves estrangeiras identificam-se as seguintes opções:

- ON DELETE NO ACTION ON UPDATE NO ACTION
  - MOLDE_MAU_ID_CLIENTE
  - SENSOR_MAU_ID_TIPO
  - REGISTOS_MAU_ID_FASE
- ON DELETE CASCADE ON UPDATE NO ACTION
  - SENSOR_MAU_ID_MOLDE
  - REGISTOS_MAU_ID_MOLDE_SENSOR

Estes comportamentos definem que quando se tenta atualizar a chave primária de um tuplo (*UPDATE*), se esta tiver tuplos associados a ela, a operação não deve ser realizada pois pode comprometer os dados existentes na base de dados. No entanto, quando se tenta eliminar um tuplo são definidos dois comportamentos. Como existe muita informação associada a cada cliente, como segurança, não se permite a eliminação de um tuplo desta tabela se este tiver informação associada a si noutras tabelas. O mesmo se aplica aos dicionários, se se tentar eliminar um tuplo, a informação associada não deve ser comprometida. No caso dos registos, dado que estão associados diretamente a um molde, se um tuplo da tabela moldes for eliminado, os dados dos seus sensores e respetivos registos devem ser também eliminados para manter a base de dados limpa e sem informação desnecessária.

Revendo as restrições de integridade criadas pelas chaves estrangeiras, como não se pode criar uma tabela que dependa de outra que não tenha sido ainda criada, define-se uma ordem para a criação das tabelas:

1. Tipo
2. Fase
3. Clientes
4. Moldes
5. Sensores
6. Registos

Este modelo de dados aplica-se a todas as bases de dados usadas neste projeto com a exceção da base de dados notificações abordada na Subseção 3.2.4 e temporária local abordada na Seção 4.1.

3.2.4 Base de dados notificações

Com a introdução da aplicação de gestão do sistema surge a necessidade desta comunicar com os programas de transferência e gestão de *backups*. Para este efeito cria-se a base de dados notificações, com a qual a aplicação comunica de forma a ditar o modo de funcionamento dos programas, como representado na Figura 3.6.

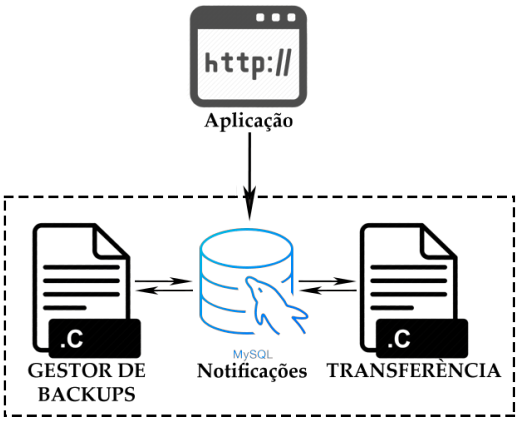


Figura 3.6: Diagrama da comunicação com a base de dados notificações, onde os programas de transferência e gestão de *backups* verificam parâmetros introduzidos pela aplicação

Esta base de dados contém variáveis globais importantes para a comunicação entre a aplicação e os programas. Define-se as entidades com os seus atributos e respetivos domínios e obrigatoriedade como representado na Tabela 3.2. As entidades não se relacionam entre e por isso esta base de dados não se classifica como uma base de dados relacional. No entanto, utiliza-se os mesmos termos para descrever o desenvolvimento desta.

atualizar

a_transferencia	a_backups
int	int
not null	not null

backups

b_IDMolde
int

Tabela 3.2: Tabela base de dados notificações com os seus atributos e respetivos domínios e obrigatoriedades

A tabela Atualizar só deve ter um tuplo e os valores dos atributos `a_transferencia` e `a_backups` só devem ser 0 ou 1. Assim sendo definem-se as restrições:

- Atualizar
  - Restrição valor:
    1. MAU_VALOR_TRANSFERENCIA
    2. MAU_VALOR_BACKUPS
- Backups
  - Restrição chaves únicas:
    1. REPETIDO_ID_MOLDE

Define-se que tabela Atualizar deve ser iniciada com um tuplo onde os seus atributos são iguais a 0. As funcionalidades desta base de dados são exploradas nas Secções 3.3 e 3.4.

3.3 Programa de transferência

Este programa prioriza a conservação dos dados e a sua taxa de transferência. O código foi realizado com vista à portabilidade para outras linguagens de programação. Consiste em várias ideias simples que podem ser observadas nas Figuras 3.7 e 3.8.

Seguindo a estrutura do programa, primeiramente realiza-se uma conexão à base de dados central, seguida de uma *query* para se saber o número de clientes existentes:

```
SELECT *
FROM clientes;
```

Guarda-se o número de tuplos retornados numa variável e termina-se a conexão à base de dados central. De seguida replica-se o programa múltiplas vezes até se ter um subprograma para cada cliente com recurso à função:

```
fork();
```

Atribui-se a cada subprograma o número do cliente a que está associado. Cada um realiza uma conexão à base de dados central e obtém os respetivos *IPs* e *ports*, necessários para realizar a conexão à base de dados local de cada cliente:

```
SELECT cl_ID, cl_IP, cl_port
FROM clientes
ORDER BY cl_ID;
```

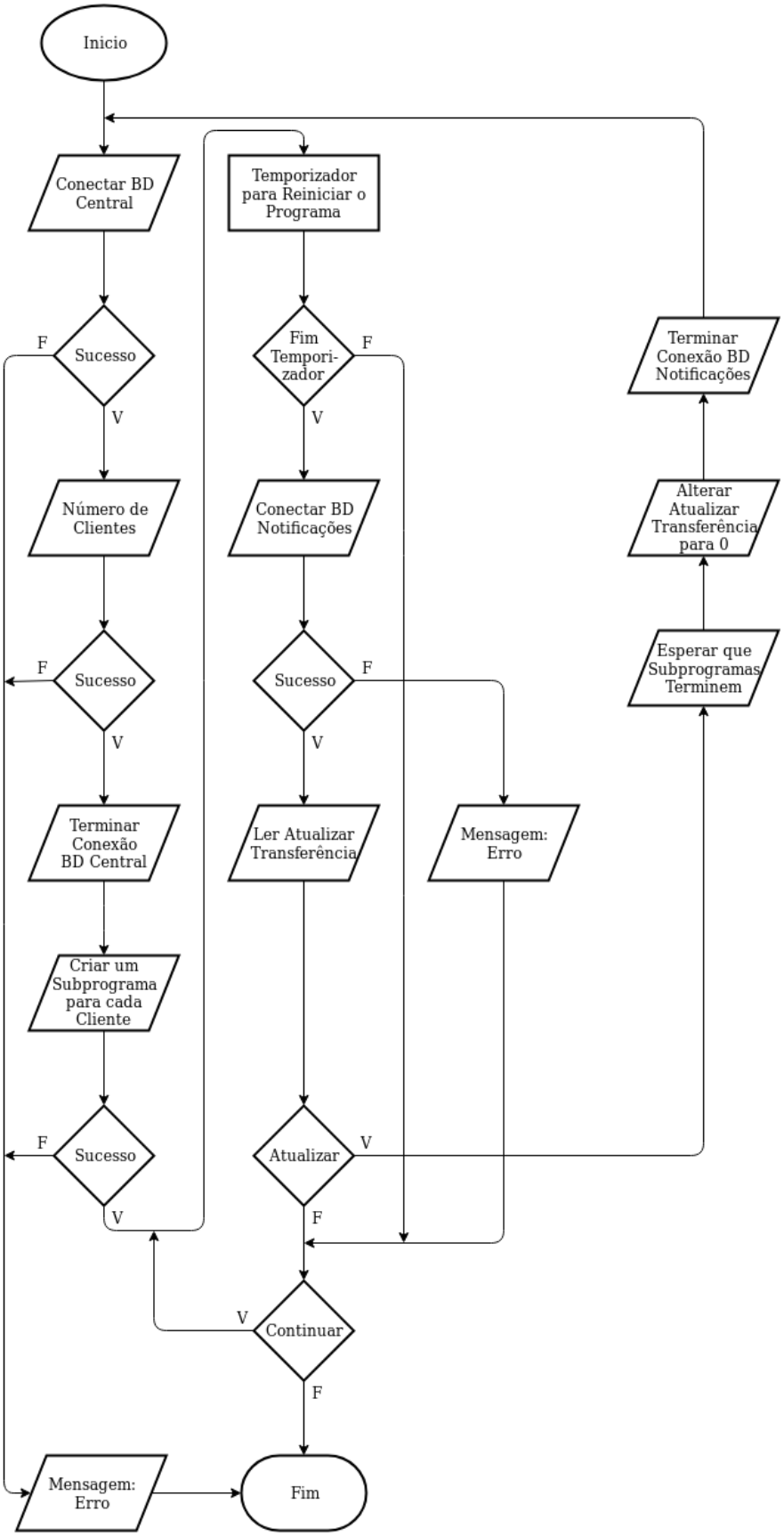


Figura 3.7: Fluxograma do programa principal que cria os subprogramas

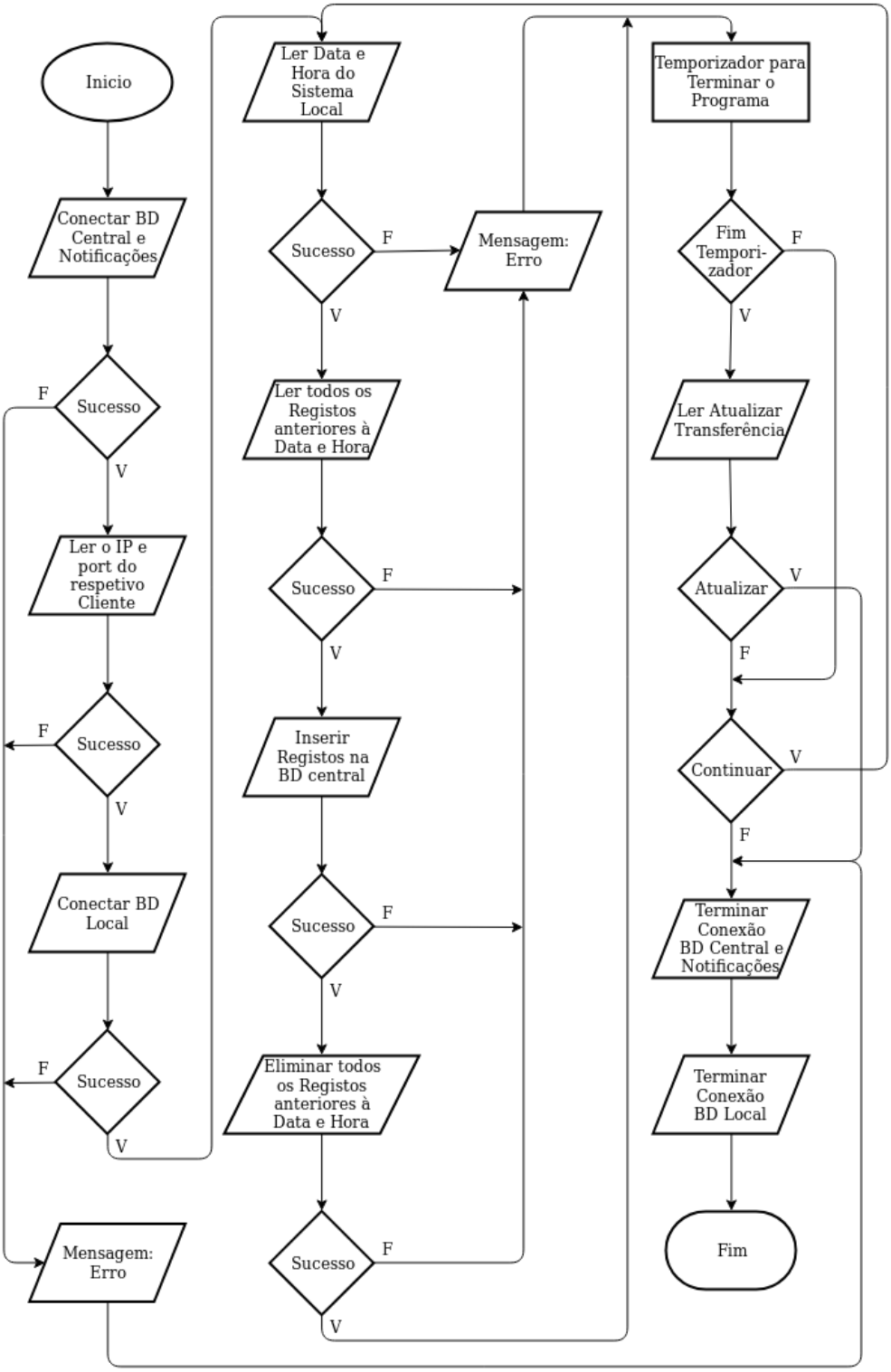


Figura 3.8: Fluxograma dos subprogramas criados para transferirem registos de cada cliente para a base de dados central

Com as conexões central e local estabelecidas inicia-se um ciclo infinito para a transferência de valores. Com a *query* à base de dados local:

```
SELECT CURRENT TIMESTAMP;
```

Recebe-se a data e hora atual do sistema e guarda-se numa variável `@datahora_lim`. De seguida obtém-se todos os registos anteriores à data e hora do sistema:

```
SELECT *
FROM registos
WHERE r_data_hora < @datahora_lim
ORDER BY r_data_hora, r_milissegundos,
r_numSensor, r_IDMolde;
```

Esta organização pela data e hora garante uma transferência uniforme de valores. Por predefinição, o sistema retorna os registos um sensor de cada vez, tornando a transferência de valores menos eficiente para efeitos de análise. Por outras palavras, prefere-se saber os registos de todos os sensores num dado instante do que todos os registos de um sensor até ao momento. Os tuplos retornados são guardados numa *string* e inseridos na base de dados central com uma *query* do tipo:

```
INSERT IGNORE registos VALUES
(tuplo1),
(tuplo2),
(tuplo3),
...,
(tuploN);
```

Inserir múltiplos tuplos permite uma maior taxa de transferência comparativamente a uma inserção individual. A *string* que guarda os tuplos tem uma dimensão limitada, se a resposta proveniente da base de dados local for superior ao tamanho da *string*, o programa divide-a em grupos de informação mais pequenos que respeitem a dimensão desta *string*. A escolha da opção `IGNORE` garante que não são perdidos valores no caso de serem gerados registos repetidos ou não válidos. Após a transferência ser concluída, os tuplos transferidos da base de dados local são eliminados:

```
DELETE FROM registos
WHERE r_data_hora < @datahora_lim;
```

Sempre que se desejar um subprograma para um cliente novo, o programa de transferência deve ser reiniciado. Isto pode ser realizado manualmente ou atualizando o valor de `a_transferencia` para 1. Com base num temporizador o programa principal e os subprogramas realizam a *query* à base de dados notificações:

```
SELECT a_transferencia
FROM atualizar;
```

Se `a_transferencia` for igual a 1 os subprogramas terminam após completarem os seus ciclos e o programa principal recomeça do principio como demonstrado nas Figuras 3.7 e 3.8.

3.4 Gestão de *backups*

À semelhança do programa anterior, o programa de gestão de *backups* foi realizado com vista à portabilidade para outras linguagens de programação. De forma a organizar a informação armazenada, em vez de se gerar um *backup* de toda a base de dados, gera-se um *backup* específico para cada molde, que inclui a informação dos seus sensores, registos e cliente a que está associado. Além destes, realiza-se um outro *backup* com a informação dos clientes, moldes e sensores mais atual. Assim, em caso de falha crítica, simplifica-se a recuperação do sistema.

Ao contrário do programa anterior, este programa não executa de forma contínua. Define-se um temporizador para executar o código principal. A Figura 3.9 representa a estrutura do programa sempre que o temporizador chega ao fim.

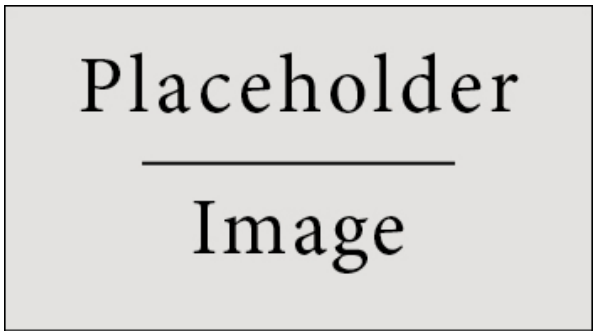


Figura 3.9: fluxograma

Seguindo a estrutura do programa, realizam-se as conexões às bases de dados central, *backups* e *backups* temporária. Com a *query*:

```
SELECT CURRENT TIMESTAMP;
```

Recebe-se a data e hora atual do sistema e guarda-se numa variável `@datahora_lim`. Para proteger os dados presentes na base de dados central, realiza-se a cópia dos registos para a base de dados *backups*:

```
INSERT IGNORE backups.clientes
SELECT *
FROM central.clientes;
INSERT IGNORE backups.moldes
SELECT *
FROM central.moldes;
INSERT IGNORE backups.sensores
SELECT *
FROM central.sensores;
INSERT IGNORE backups.registos
SELECT *
FROM central.registos
WHERE r_data_hora < @datahora_lim;
```

De forma a gerar um *backup* para cada molde filtra-se a informação com base no seu ID:

```
SELECT m_IDCliente, m_ID
```

```
FROM backups.moldes;
```

As respostas são guardadas nas variáveis `@IDCliente` e `@IDMolde`. De forma cíclica copia-se a informação para a base de dados *backups* temporária:

```
INSERT IGNORE backups_temp.clientes
SELECT *
FROM backups.clientes
WHERE cl_ID = @IDCliente;
INSERT IGNORE backups_temp.moldes
SELECT *
FROM backups.moldes
WHERE m_ID = @IDMolde;
INSERT IGNORE backups_temp.sensores
SELECT *
FROM backups.sensores
WHERE m_ID = @IDMolde;
INSERT IGNORE backups_temp.registos
SELECT *
FROM backups.registos
WHERE m_ID = @IDMolde;
```

Após os valores copiados retiram-se informações sobre a data e hora mais antiga e mais recente:

```
SELECT r_data_hora
FROM backups_temp.registos
ORDER BY r_data_hora
LIMIT 1;
SELECT r_data_hora
FROM backups_temp.registos
ORDER BY r_data_hora DESC
LIMIT 1;
```

Os valores retornados são guardados nas variáveis `@dataIni` e `@dataFim`. Com estes valores e com a função:

```
FILE *popen(const char *command, const chat *mode);
```

Envia-se para o terminal o comando que gera os *backups* num local predefinido:

```
mysqldump -u backupmanager -pbackup1234 backups_temp >
~/Backups/backup_@IDCliente_@IDMolde_@dataIni_@dataFim.sql
```

Depois do ficheiro ser criado com sucesso elimina-se das bases de dados *backups* e *backups* temporária a informação relativa ao molde:

```
DELETE FROM backups_temp.moldes;
DELETE FROM backups_temp.clientes;
DELETE FROM bakups.registos
WHERE r_IDMolde = @IDMolde;
```

Quando todos os moldes tiverem sido armazenados, a tabela registos da base de dados *backups* deve estar vazia. Realiza-se então o *backup* da restante informação dos clientes, moldes, sensores, tipo e fase para efeitos de recuperação do sistema:

```
mysqldump -u backupmanager -pbackup1234 backups_temp >
~/Backups/backup_geral.sql
```

Definiu-se um nome estático para este *backup*. Este será rescrito cada vez que o programa executa enquanto os *backups* individuais dos moldes vão acumulando com o tempo. Termina-se o processo apagando os valores armazenados na base de dados central:

```
DELETE FROM central.registos
WHERE r_data_hora < @datahora_lim;
```

Os *backups* são então transferidos para o repositório *online* no *GitHub*. Esta solução serve apenas para demonstrar a capacidade de mover os *backups* para um sistema diferente. Do ponto de vista prático, não se recomenda guardar informação potencialmente sensível num servidor público.

Na eventualidade de surgir uma falha crítica no sistema central, e este necessitar de ser formatado ou substituído, os registos cessarão de ser transferidos dos sistemas locais. Isto não significa que a informação esteja comprometida, apenas não está a ser transferida. Após re-instalar utiliza-se manualmente no terminal o comando:

```
mysql -u backupmanager -pbackup1234 central <
~/Backups/backup_geral.sql
```

Isto faz com que se recupere a informação dos clientes, moldes e sensores presentes no último *backup* de forma a acelerar o processo de restauro comparativamente a uma inserção manual dos dados.

3.5 Simulador

Para popular as bases de dados locais foi desenvolvido um simples programa que gera valores. Estes seguem o perfil de uma onda sinusoidal com a expressão:

$$v = O + A\sin(\frac{2\pi x}{t} + \gamma) \tag{3.1}$$

Onde v é o valor calculado, O o *offset* da onda, A a amplitude, t o período em segundos, x a hora atual em segundos e γ o desfasamento. Inicia-se uma conexão à base de dados local e calcula-se a hora atual com recurso às funções:

```
struct tm *localtime(const time_t *timer);
int gettimeofday(struct timeval *tv, struct timezone *tz);
```

Os valores das horas, minutos, segundos e milissegundos são guardados nas variáveis `@hora`, `@min`, `@seg` e `@mseg` respetivamente. Aplicando a expressão:

$$x = @hora \times 3600 + @min \times 60 + @seg + @mseg \times 0.001 \tag{3.2}$$

Obtém-se a hora atual do sistema em segundos. Com as expressões 3.1 e 3.2 gera-se um valor para cada sensor. Para cada valor gerado atribuí-se uma fase do processo. Esta atribuição realiza-se de forma cíclica entre as várias opções disponíveis. Com a informação de cada sensor estabelecida insere-se na base de dados local com uma *query* do estilo:

```
INSERT INTO registos VALUES
(molde1, sensor1, fase, NOW(), @mseg, valor11),
```

```
(molde1, sensor2, fase, NOW(), @mseg, valor12),
(molde2, sensor1, fase, NOW(), @mseg, valor21),
...,
(moldeI, sensorN, fase, NOW(), @mseg, valorIN);
```

3.6 Utilizadores

Para minimizar o risco de erros por parte dos utilizadores que interagem com o sistema, são definidas credenciais com permissões específicas para cada base de dados:

- user, password
- transferencia, transferencia1234
- sensores, sensores1234
- backupmanager, backup1234

user representa o utilizador padrão, ou seja, aquele que interage com as bases de dados para gerir os clientes, moldes e sensores bem como consultar a tabela registos. As credenciais *transferencia* utilizam-se no programa de transferência de valores para realizar as conexões com as bases de dados central e locais, *sensores* utiliza-se no simulador para popular as bases de dados locais e, no futuro, pelo sistema de aquisição de dados que substituirá este simulador, *backupmanager* utiliza-se no programa de gestão de *backups*.

Cada conjunto de credenciais serve um objetivo, a Tabela 3.3 contém as permissões destas definidas em cada base de dados.

Estas permissões estabelecem que nenhuma das credenciais estabelecidas pode fazer DROP às bases de dados o que eliminaria com um comando toda a estrutura e a informação nela contida. Além disto, nenhuma tem permissão INSERT e DELETE simultânea na tabela registos das bases de dados central e local protegendo o sistema de adulteração dos valores presentes nesta tabela.

central

clientes/tipo/fase/ moldes/sensores	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user			**X**	**X**	**X**	**X**
transferencia						
sensores						
backupmanager			**X**			
registos	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user			**X**		**X**	
transferencia				**X**		
sensores						
backupmanager			**X**		**X**	

local

clientes/tipo/fase/ moldes/sensores	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user			**X**	**X**	**X**	**X**
transferencia						
sensores						
backupmanager						
registos	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user						
transferencia			**X**		**X**	
sensores				**X**		
backupmanager						

***backups* e *backups* temporária**

clientes/tipo/ fase/moldes/ sensores/registos	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user						
transferencia						
sensores						
backupmanager			**X**	**X**	**X**	

notificações

atualizar	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user						**X**
transferencia						**X**
sensores						
backupmanager						**X**
backups	CREATE	DROP	SELECT	INSERT	DELETE	UPDATE
user			**X**	**X**	**X**	**X**
transferencia						
sensores						
backupmanager			**X**		**X**	

Tabela 3.3: Tabelas com as permissões das credenciais criadas para as várias tabelas das bases de dados

Capítulo 4

Aplicação de Gestão do Sistema

A aplicação foi desenvolvida em ambiente *Web* com o objetivo de ser multiplataforma e permitir acesso remoto e sem recorrer a instalação de *softwares* nos dispositivos dos utilizadores. Corre num servidor *Apache* e foi desenvolvida com *PHP*, *JS* e *HTML*. Este capítulo descreve a adaptação da infraestrutura desenvolvida e as várias funcionalidades da aplicação.

4.1 Adaptação da infraestrutura

A infraestrutura desenvolvida no Capítulo 3 visa uma utilização a baixo a nível. Ainda que funcional, pode haver margem para erros e incoerência dos dados introduzidos manualmente. A aplicação minimiza estas incoerências através da instalação de uma nova base de dados temporária local no servidor local. Aqui os utilizadores têm a liberdade para adicionar, alterar e apagar informação sem consequências no sistema antes desta ser introduzida nas bases de dados central e local como representado na Figura 4.1. Como referido anteriormente, esta base de dados difere das restantes, não contendo em si as tabelas fase e registos.

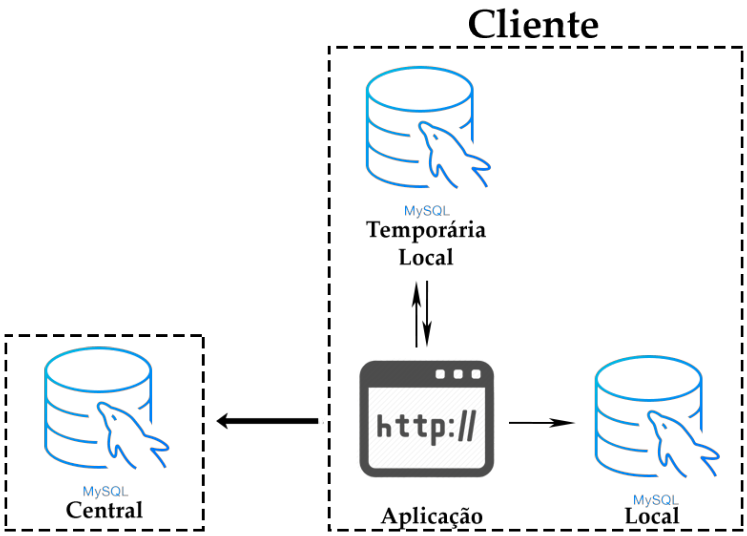


Figura 4.1: Esquema ligação Aplicação-Bases de Dados. A aplicação comunica com a base de dados temporária local e depois regista os seus valores nas bases de dados central e local

4.2 Interface gráfica

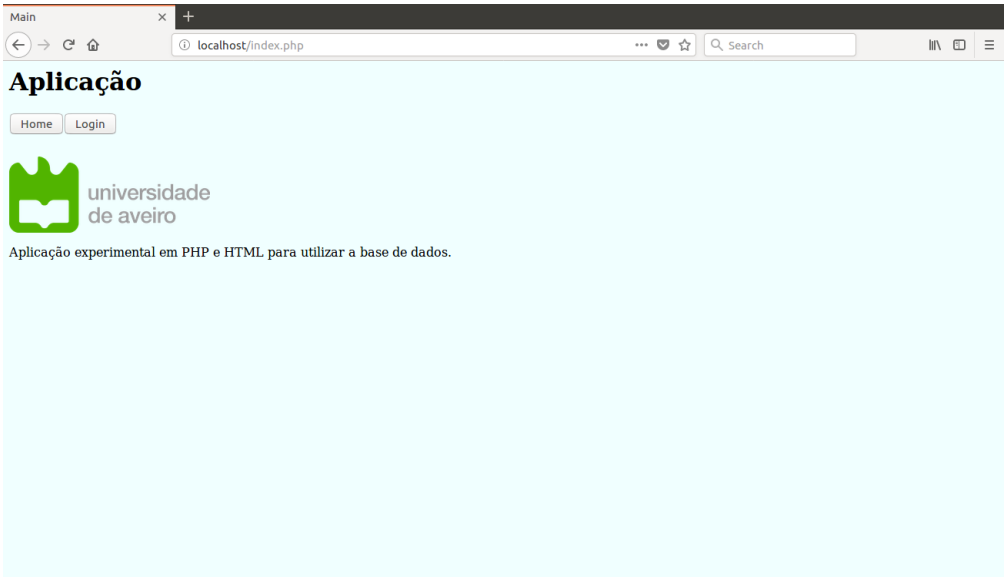
A aplicação divide-se em quatro partes distintas:

- *Main* - Página principal
- *Login* - Página de acesso
- Consultas
- Administração Local

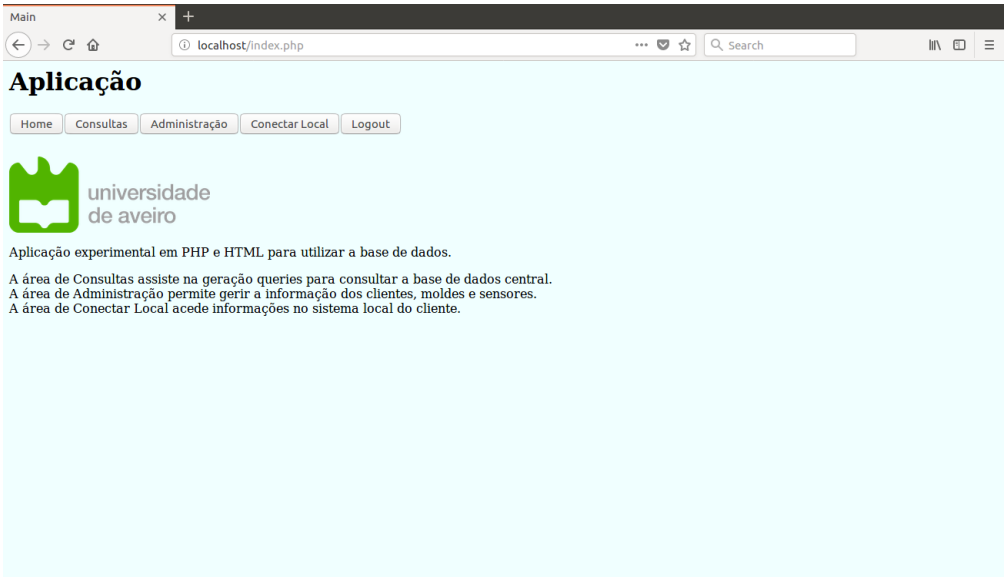
As páginas *Main*, *Login* e Consultas realizadas para uma utilização geral. A página Administração Local foi realizada para uma utilização local. A primeira visa um uso a partir de qualquer dispositivo e acessível a qualquer momento e a segunda foca-se num acesso local com o objetivo de configurar e definir a informação no servidor local. Por outras palavras, para o utilizador usar as funcionalidades desta página tem de aceder à aplicação num *browser* no sistema local que se situa no cliente.

Instalar um molde é o culminar de um projeto de elevada responsabilidade e esta ideia junto com a criação da base de dados temporária local serve para melhorar a qualidade da informação introduzida no sistema e diminuir as falhas no processo de instalação deste.

4.2.1 *Main*



(a) Sem *login*



(b) Com *login*

Figura 4.2: Funcionalidades da página *Main* com e sem *login*

Main serve como página principal da aplicação. Se não houver sessão iniciada, todas as restantes páginas redirecionam o utilizador para aqui. Contém apenas algumas informações gerais sobre a aplicação.

Iniciar sessão na página de *Login* desbloqueia funcionalidades na aplicação, como demonstrado nas Figuras 4.2a e 4.2b. Depois de iniciada a sessão, navega-se com os botões para as páginas de Consultas e Administração Local.

4.2.2 *Login*

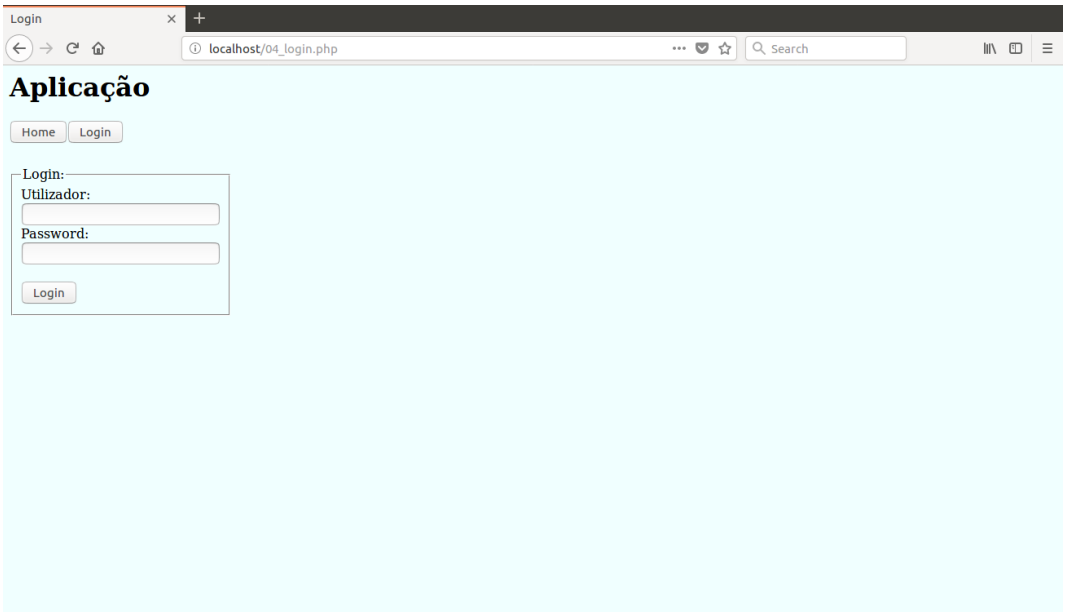
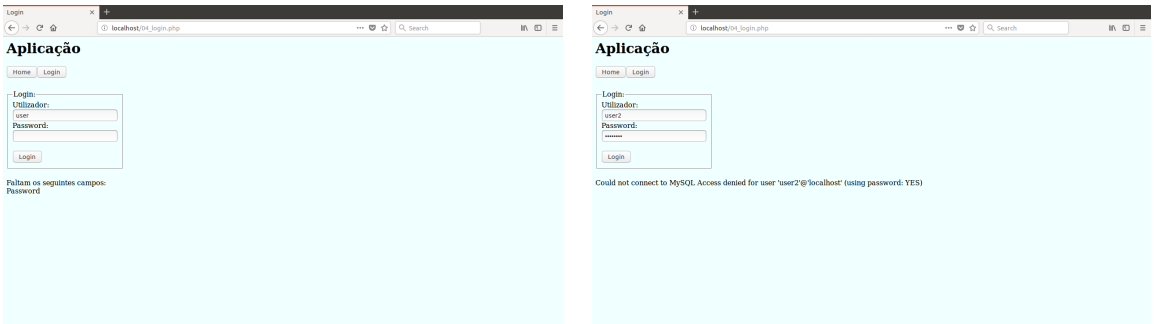


Figura 4.3: Página de *Login* para iniciar sessão na base de dados central

A página de *Login* consiste num simples formulário constituído por duas caixas de texto e um botão, como demonstrado na Figura 4.3. O botão *Login* lê as credenciais introduzidas e realiza uma conexão de teste à base de dados central validando-as diretamente com *MySQL*. Se as credenciais forem validadas com sucesso redireciona-se o utilizador para a página principal e altera-se o botão de *Login* para *Logout*. Se as credenciais introduzidas não forem suficientes ou válidas são retornados erros de forma a informar o utilizador como demonstrado nas Figuras 4.4a e 4.4b.

Quando se acede à página com *Logout* termina-se a sessão e redireciona-se o utilizador para a página principal.

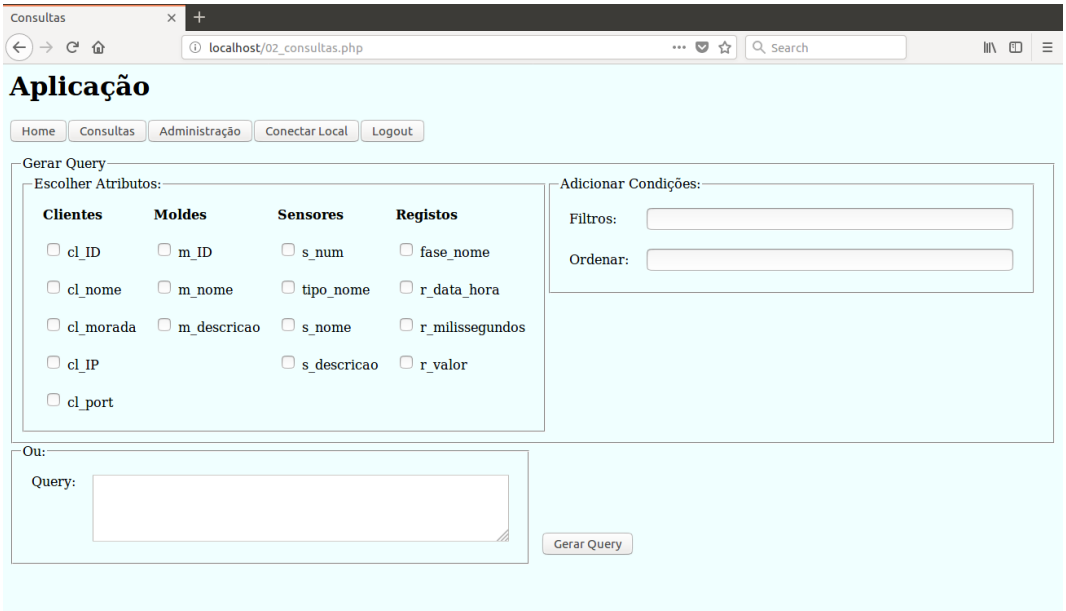


(a) Exemplo de erro de falta de informação

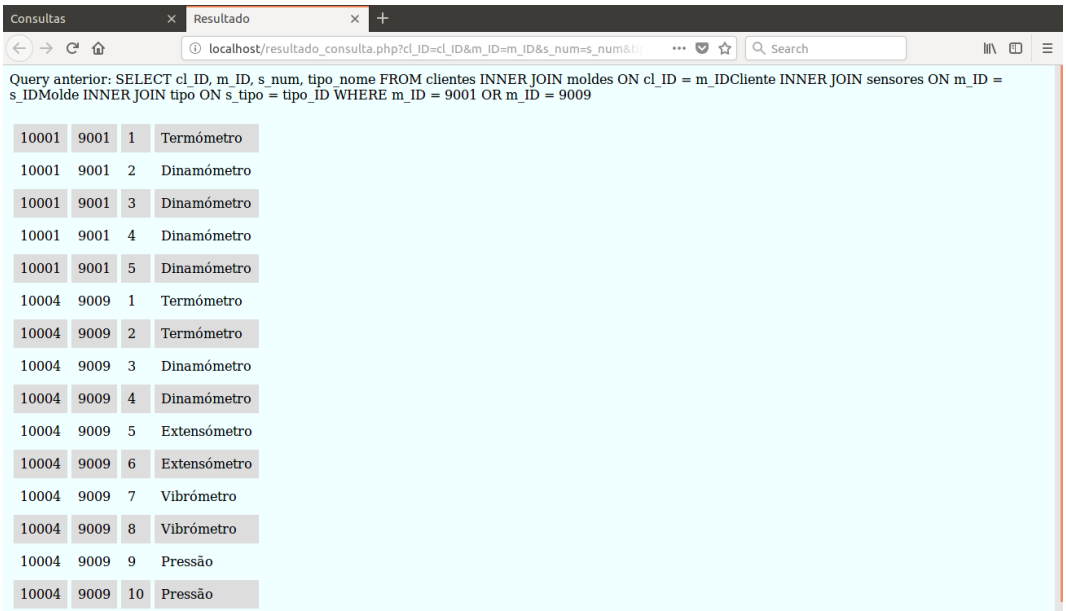
(b) Exemplo de erro *MySQL*

Figura 4.4: Exemplos de erros retornados quando introduzidas credenciais não válidas na página *Login*

4.2.3 Consultas



(a) Página de Consultas



(b) Exemplo de resposta de consulta

Figura 4.5: Página de Consultas e exemplo de resposta a uma consulta

A página de Consultas assiste os utilizadores sem conhecimentos de *SQL* a criarem *queries* para consultar a base de dados central. Na Figura 4.5a observa-se várias *checkboxes* e três caixas de texto. As *checkboxes* permitem selecionar os atributos que se desejam consultar na base de dados; estes atributos são guardados numa variável `@atributos`.

Quando se prime o botão *Query* gera-se uma das seguintes quatro *queries*:

```
1-      SELECT @atributos
        FROM clientes;

2-      SELECT @atributos
        FROM clientes
        INNER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente;

3-      SELECT @atributos
        FROM clientes
        INNER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
        INNER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
        INNER JOIN tipo ON s_tipo = tipo_ID;

4-      SELECT @atributos FROM clientes
        INNER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
        INNER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
        INNER JOIN tipo ON s_tipo = tipo_ID
        INNER JOIN registos ON s_IDMolde = r_IDMolde
        AND s_num = r_numSensor
        INNER JOIN fase ON r_fase = fase_ID;
```

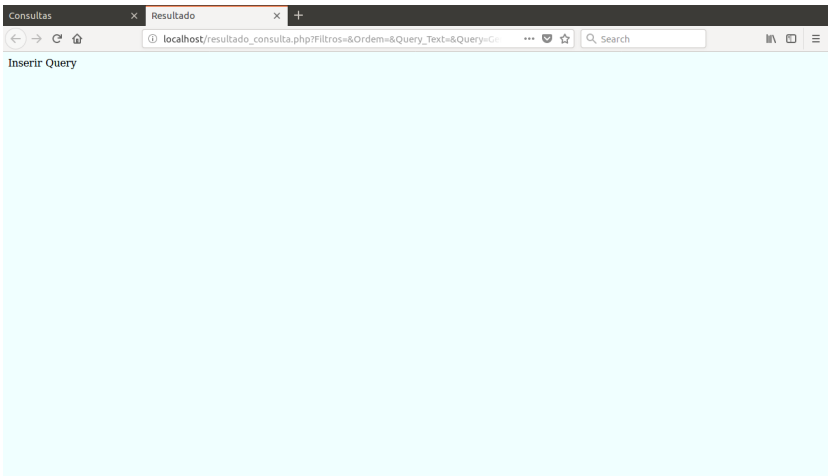
A seleção é feita com base na coluna mais à esquerda a que os atributos pertencem. Explicando melhor com um exemplo: se o utilizador desejar consultar o `cl_ID` e o `cl_nome` da tabela clientes gera-se a primeira *query* no entanto, se o utilizador desejar consultar os atributos `cl_ID`, `m_ID` e `s_num` gera-se a terceira *query*.

Além destas, foram adicionadas três *queries* especificas quando os atributos `tipo_nome`, `fase_nome` e `r_data_hora` são selecionados sozinhos. As primeiras duas permitem consultar as opções disponíveis nos dicionários e a terceira devolve as datas e horas entre o primeiro e último registos.

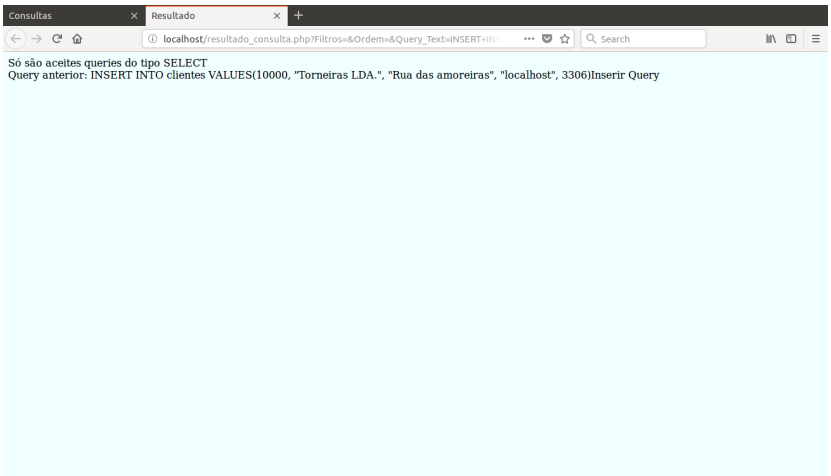
As caixas de texto Filtros e Ordem na Figura 4.5a permitem adicionar às *queries* geradas as cláusulas WHERE e ORDER BY, respetivamente. Para os utilizadores com conhecimentos em *SQL* está disponibilizada a caixa de texto *Query* que permite a criação direta de uma *query*. Este campo está limitado apenas para *queries* do tipo SELECT.

Depois da *query* ser gerada retorna-se uma resposta num novo separador como demonstrado na Figura 4.5b. O *link* desta resposta contém toda a informação da *query* gerada. Este pode ser arquivado ou enviado para outro utilizador sem ser necessário gerar a *query* novamente, isto é útil para *queries* com muitas cláusulas.

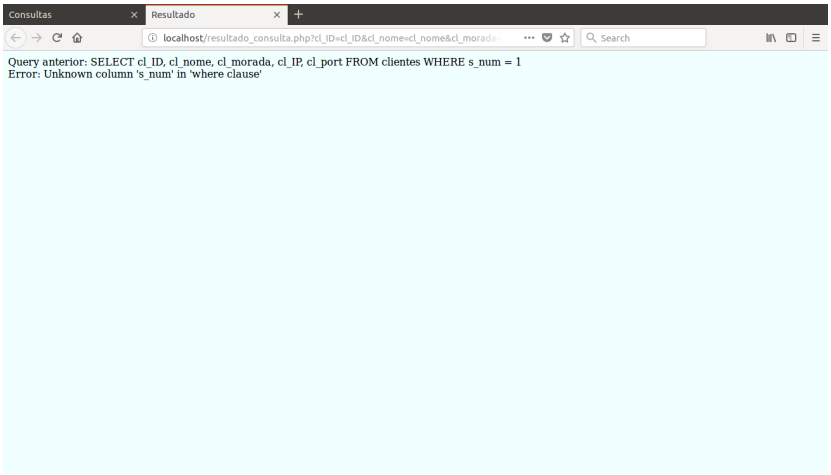
Se a *query* não for válida retorna-se um erro de forma a informar o utilizador, como demonstrado nas Figuras 4.6a, 4.6b e 4.6c.



(a) Erro de informação não introduzida



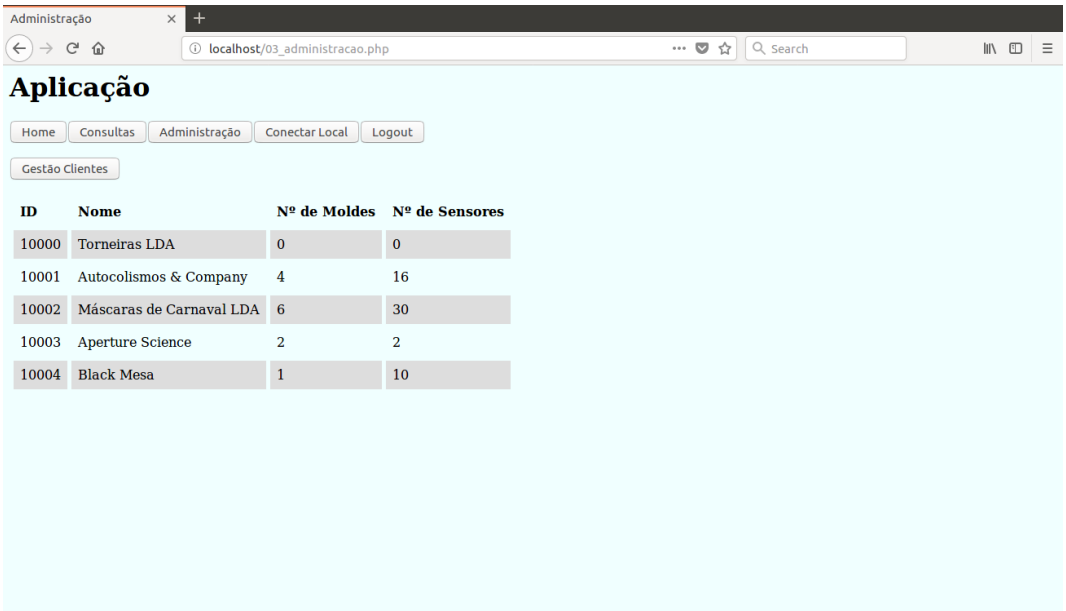
(b) Erro de *query* que não é do tipo SELECT



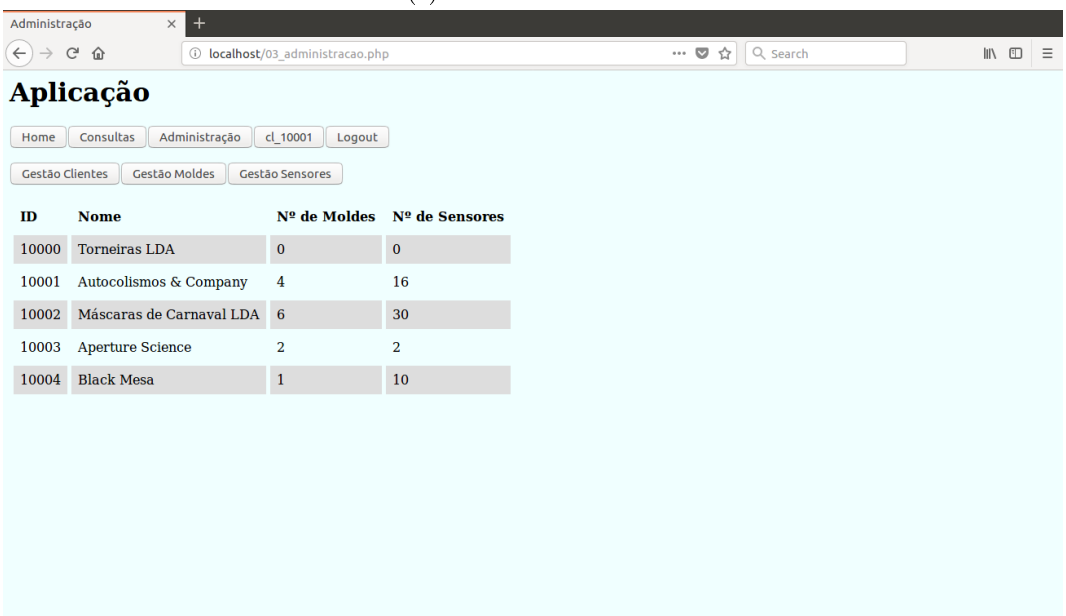
(c) Exemplo de erro *MySQL*

Figura 4.6: Exemplos de erros retornados na página de Resposta da Consulta

4.2.4 Administração Local



(a) Sem conexão local



(b) Com conexão local

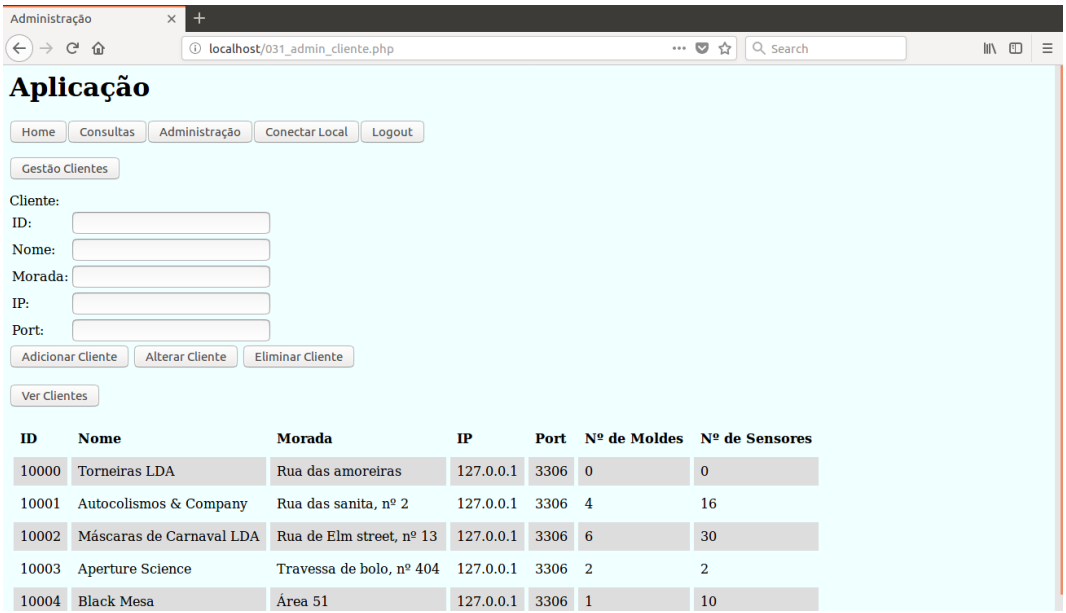
Figura 4.7: Funcionalidades da página Administração com e sem conexão local

Esta área está dividida em duas componentes distintas. A componente de Administração permite ao utilizador alterar informações sobre os clientes, moldes e sensores. A componente de Conectar Local permite realizar uma conexão à base de dados local no servidor do cliente. A componente de Administração só pode ser acedida quando for efetuada uma conexão local. Após a conexão ser bem sucedida observa-se informação do cliente com a *query*:

```
SELECT cl_ID, cl_nome, COUNT(DISTINCT m_ID),
COUNT(DISTINCT s_IDMolde, s_num)
FROM clientes LEFT OUTER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
LEFT OUTER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
GROUP BY cl_ID;
```

Administração

Esta componente está dividida em três áreas: Gestão de Clientes, Gestão de Moldes e Gestão de Sensores como demonstrado na Figura 4.7a. Quando se acede a esta componente redireciona-se o utilizador para a área de Gestão de Clientes. Aqui a informação dos clientes pode ser alterada com o formulário demonstrado na Figura 4.8. Os botões Adicionar Cliente, Alterar Cliente e Eliminar Cliente executam *queries* do tipo INSERT, UPDATE e DELETE, respetivamente. Quando toda a informação tiver sido inserida e registos tiverem a ser gerados deve-se reiniciar o programa de transferência de valores. O botão Atualizar conecta à base de dados notificações e altera o parâmetro atualizar da tabela transferência para 1.



ID	Nome	Morada	IP	Port	Nº de Moldes	Nº de Sensores
10000	Torneiras LDA	Rua das amoreiras	127.0.0.1	3306	0	0
10001	Autocolismos & Company	Rua das sanita, nº 2	127.0.0.1	3306	4	16
10002	Máscaras de Carnaval LDA	Rua de Elm street, nº 13	127.0.0.1	3306	6	30
10003	Aperture Science	Travessa de bolo, nº 404	127.0.0.1	3306	2	2
10004	Black Mesa	Área 51	127.0.0.1	3306	1	10

Figura 4.8: Área de Gestão de Clientes sem conexão local

As áreas de Gestão de Moldes e Gestão de Sensores demonstradas nas Figuras 4.9 e 4.10, permitem ao utilizador criar e apagar moldes e sensores, respetivamente. Estes dados são inseridos na base de dados temporária local, onde o utilizador pode criar e apagar moldes e sensores sem afetar o sistema. Desta forma confirma-se a informação introduzida antes de a inserir no sistema. Os botões de Criar e Apagar nestes formulários realizam *queries* do tipo INSERT e DELETE, respetivamente.

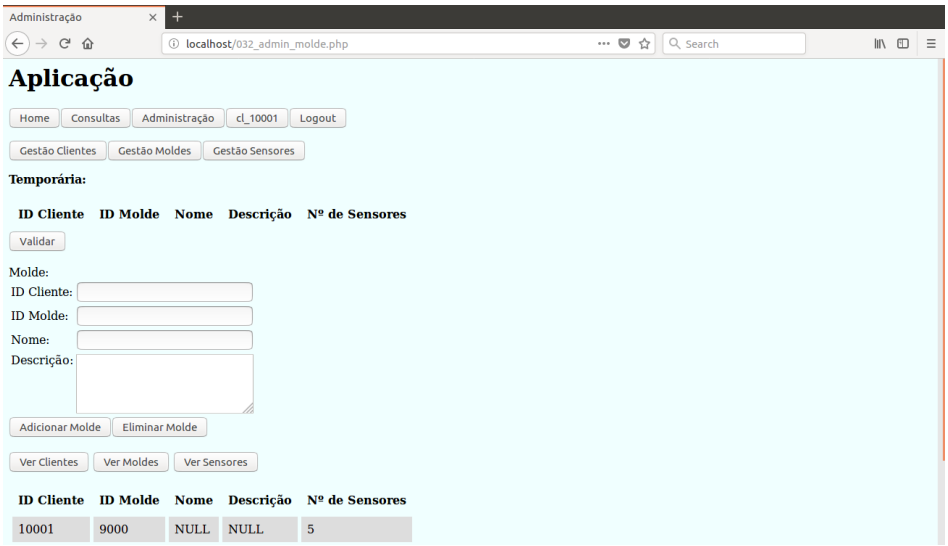


Figura 4.9: Área de Gestão de Moldes

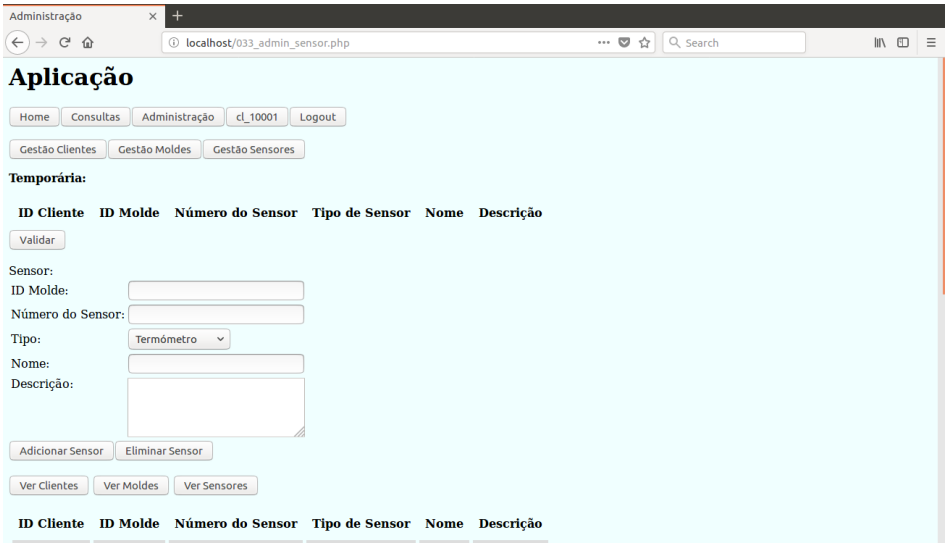
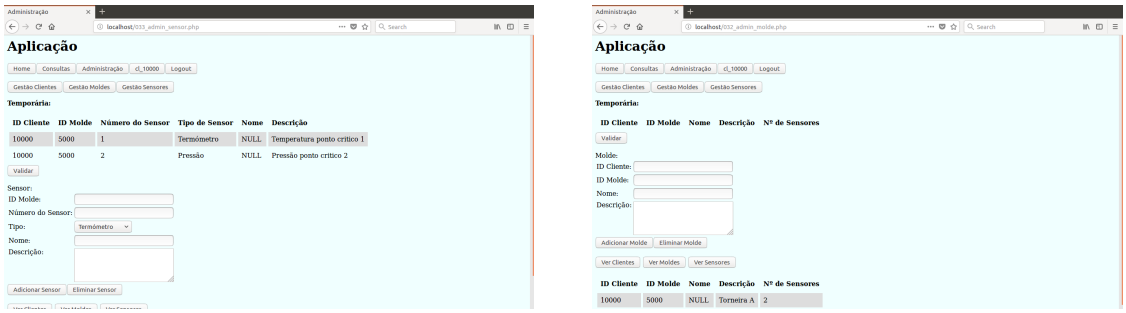


Figura 4.10: Área de Gestão de Sensores

Quando a informação dos moldes e sensores estiver completa, o botão Validar tenta registar os valores presentes na base de dados temporária local nas bases de dados central e local. Se a ação não executar com sucesso é retornado um erro *MySQL* de forma a informar o utilizador. Se a ação executar com sucesso a base de dados temporária local é limpa e os valores são

registados permanentemente nas bases de dados central e local, como representado nas Figuras 4.11a e 4.11b.

Depois de inseridos, moldes e sensores não podem ser eliminados via aplicação. Esta opção foi removida da aplicação para evitar erros, dado que apagar um molde em funcionamento faz com que se percam novos registos.



(a) Dados antes de serem validados (b) Dados após serem validados

Figura 4.11: Função do botão Validar, onde os valores da base de dados temporária local são transferidos de forma permanente para as bases de dados central e local

Nas várias áreas de gestão existem os botões Ver Clientes, Ver Moldes e Ver Sensores que executam respetivamente as *queries*:

```
1-      SELECT cl_ID, cl_nome, cl_morada, cl_IP, cl_port,
        COUNT(DISTINCT m_ID), COUNT(DISTINCT s_IDMolde, s_num)
        FROM clientes
        LEFT OUTER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
        LEFT OUTER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
        GROUP BY cl_ID
        ORDER BY cl_ID

2-      SELECT m_IDCliente, m_ID, m_nome, m_descricao,
        COUNT(DISTINCT s_IDMolde, s_num)
        FROM clientes
        INNER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
        LEFT OUTER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
        GROUP BY m_ID
        ORDER BY m_IDCliente, m_ID

3-      SELECT m_IDCliente, s_IDMolde, s_num, tipo_nome,
        s_nome, s_descricao
        FROM moldes
        INNER JOIN sensores ON m_ID = s_IDMolde
        INNER JOIN tipo ON s_tipo = tipo_id
        ORDER BY m_IDCliente, s_IDMolde, s_num
```

Estas *queries* fornecem algumas informações contextuais para facilitar a navegação do utilizador.

Conectar Local

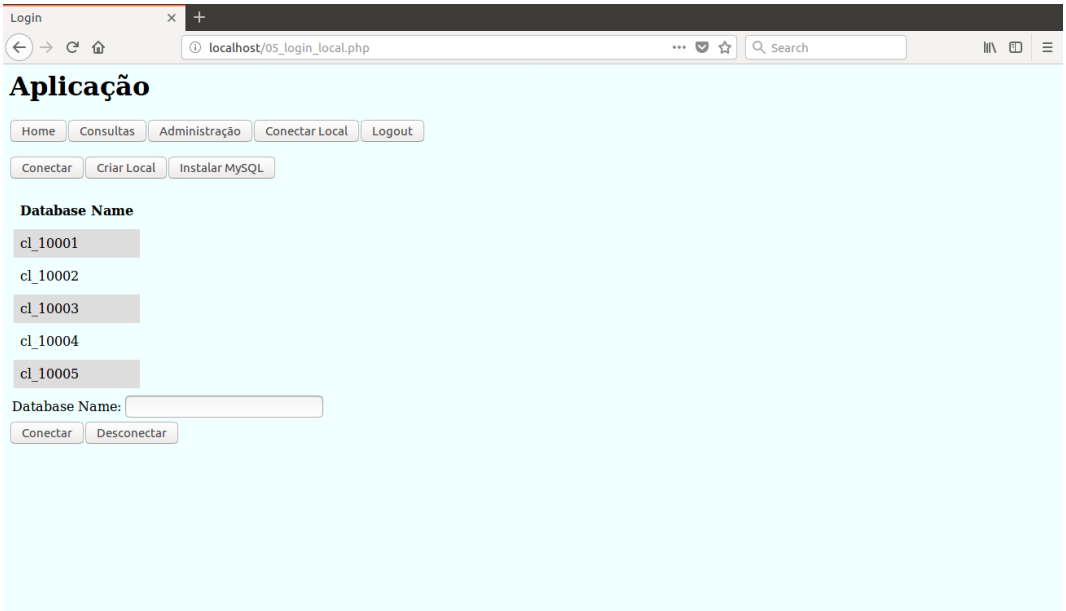


Figura 4.12: Área Conectar Local onde se visualiza as bases de dados instaladas no sistema

A área de Conectar Local na Figura 4.12 permite realizar uma conexão à base de dados local no servidor do cliente. Com recurso à *query*:

```
SHOW DATABASES
```

Obtém-se todas as bases de dados instaladas no servidor local. Do ponto de vista prático, cada cliente só terá uma base de dados local mas, para efeitos de desenvolvimento do projeto adotou-se esta vertente. O botão Conectar inicia sessão na base de dados local escolhida e redireciona o utilizador para a página de Administração como se observar na Figura 4.13. O botão Desconectar termina esta sessão e redireciona o utilizador também para a página de Administração.

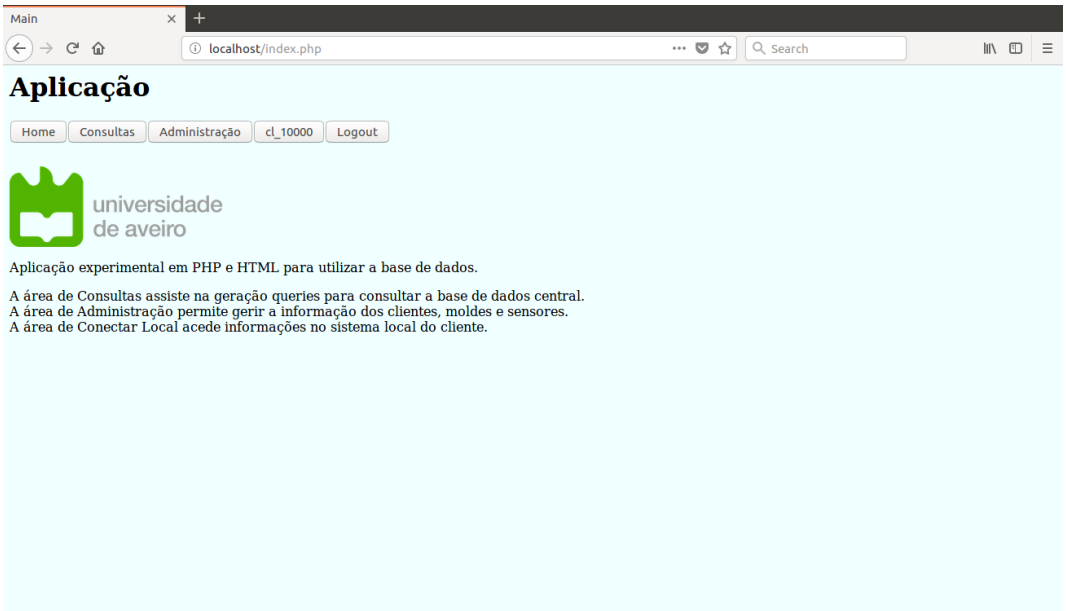


Figura 4.13: *Main* com conexão local

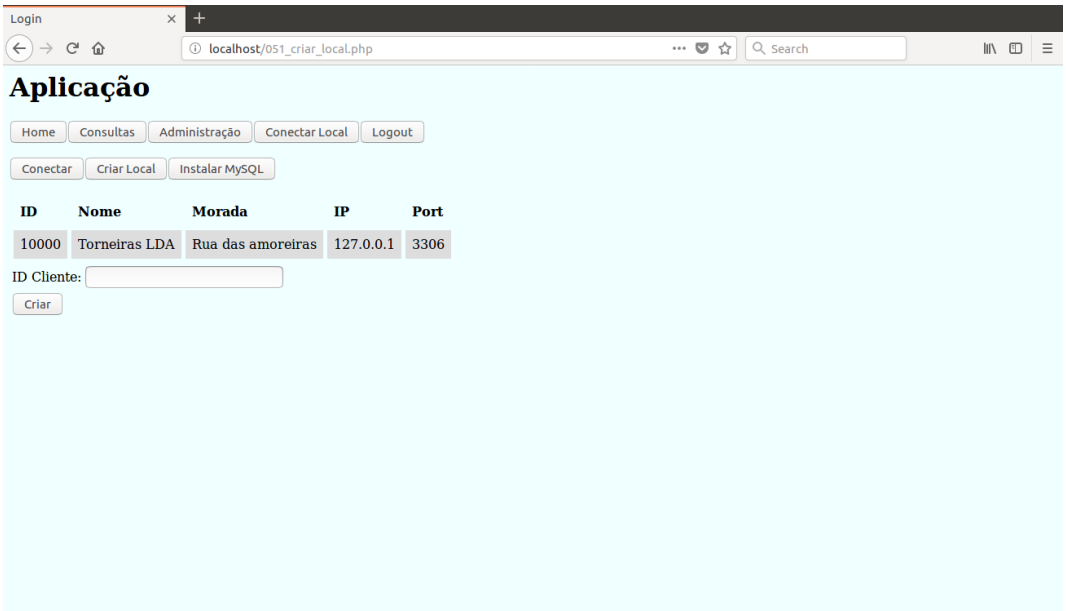


Figura 4.14: Área Criar Local cria a base de dados para o cliente selecionado no sistema em que se acede a aplicação

A área Criar Local na Figura 4.14 permite instalar uma base de dados para um novo cliente. São considerados novos clientes todos os que não tenham moldes associados a si, esta informação obtém-se com a *query*:

```
SELECT cl_ID, cl_nome, cl_morada, cl_IP, cl_port
FROM
        (SELECT cl_ID, cl_nome, cl_morada, cl_IP, cl_port,
        COUNT(DISTINCT m_ID) AS n_moldes
        FROM clientes
        LEFT OUTER JOIN moldes ON cl_ID = m_IDCliente
        GROUP BY cl_ID) AS contagem
WHERE n_moldes = 0
```

Escolhendo um cliente válido o botão Criar gera *queries* para efetuar a instalação da base de dados local e definir as respetivas permissões. Estas *queries* não são visíveis ao utilizador, assim sendo, o botão Copiar Query copia-as para a área de transferência e estas devem ser introduzidas no *MySQL* com o comando colar, como representado na Figura 4.15.

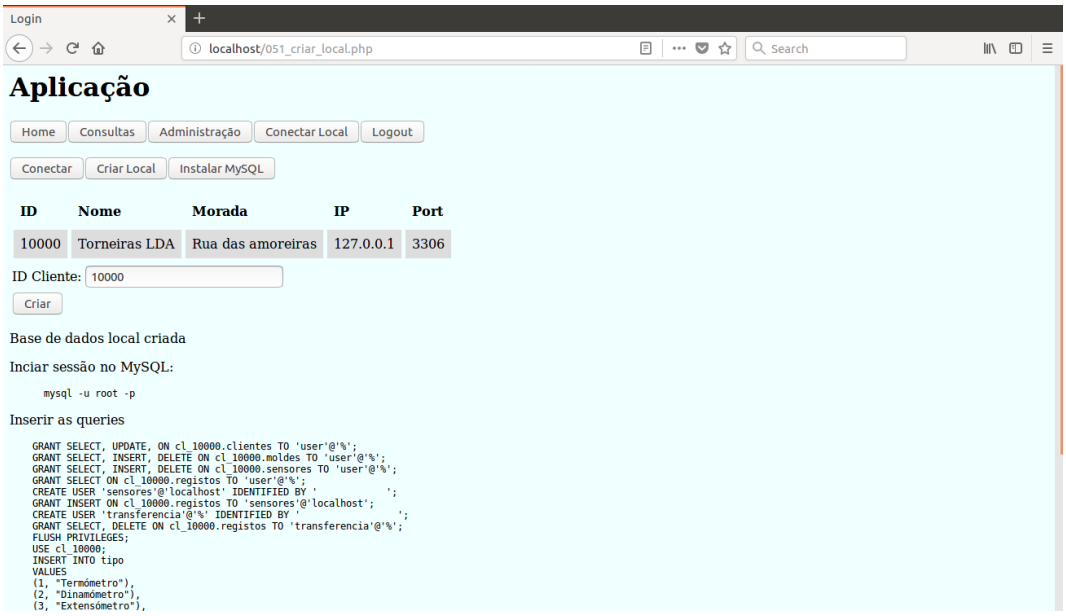


Figura 4.15: *Queries* geradas para completar a instalação da base de dados no sistema local. Consistem nas permissões para os utilizadores que só podem ser garantidas via *root* bem como informação para completar o sistema de dados

Terminado a análise das funcionalidades da aplicação com a área de Instalar *MySQL* na Figura 4.16 que contém os passos para instalar o *MySQL* num sistema *Linux*.

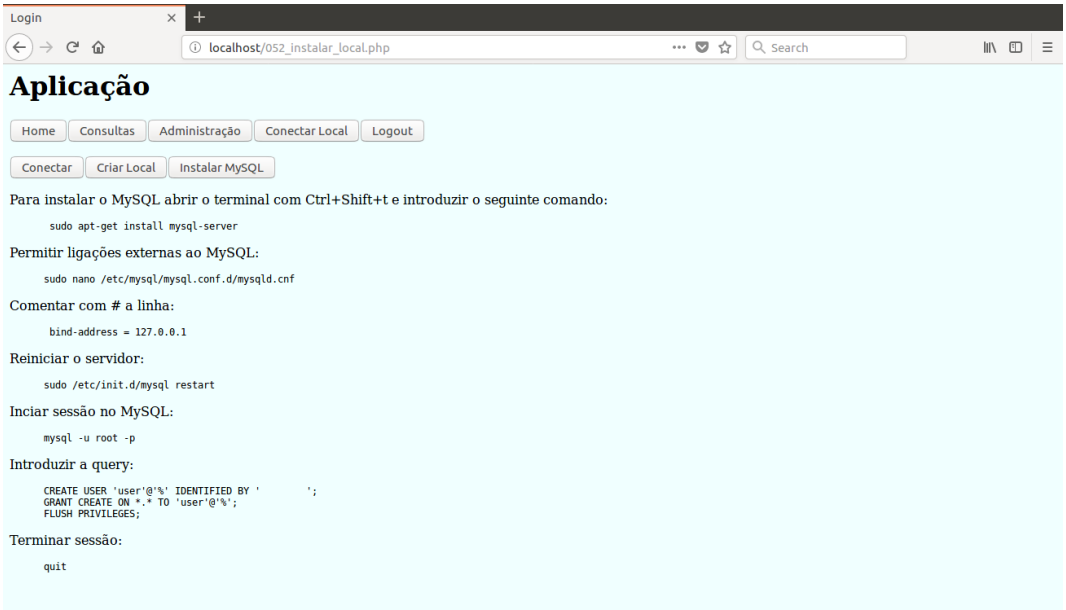


Figura 4.16: Área Instalar *MySQL* para instalar o *software* com os comandos em *Linux*

Capítulo 5

Testes de Usabilidade

Capítulo 6

Conclusões

O desafio proposto consiste em monitorizar sensores remotamente. Para isto definiu-se como objetivos principais desenvolver uma rede de bases de dados e uma aplicação que permitisse interagir com elas. Estes objetivos foram concluídos com sucesso. Este capítulo contém comentários sobre o desempenho da solução desenvolvida e propostas para trabalhos futuros.

6.1 Comentários

6.1.1 Infraestrutura de dados

Em relação à infraestrutura proposta, esta cumpre todos os requisitos propostos de garantir uma transferência segura, confidencial e permanente de valores, criando um histórico dos moldes monitorizados. Consiste numa rede de bases de dados relacionais com uma central e uma local para cada cliente o que minimiza a perda de registos em caso de falha de conexão. Num programa de transferência de valores que coordena a transferência dos registos para o sistema central criando históricos das medições dos moldes. Noutro de gestão de *backups* que limpa a base de dados central dos registos mais antigos e arquiva-os em ficheiros num repositório *online*. Terminando com simuladores que substituem a aquisição de dados reais e permitem popular as bases de dados locais.

Como definido nos objetivos esta solução não impõe restrições na instrumentação dos moldes. Para introduzir dados nas bases de dados locais pode ser utilizado qualquer sistema operativo e linguagem de programação desde que esta tenha protocolos de comunicação com *MySQL* e gere *queries* do tipo:

```
INSERT INTO registos
VALUES
(molde, sensor, fase, data_hora, milissegundos, valor);
```

Na realidade esta infraestrutura pode ser utilizada em qualquer contexto de monitorização remota de sensores desde que seja desenvolvido um modelo de dados apropriado.

Em relação ao programa de transferência de valores, este cumpriu os objetivos definidos, no entanto, o método para reiniciar o programa remotamente pela aplicação pode ser melhorado. Atualmente, o programa verifica com base num temporizador a base de dados notificações, dependendo deste temporizador pode existir alguma latência entre o ato de enviar a notificação e o reiniciar propriamente dito do programa. Seria interessante desenvolver outro método que garanti-se que o programa de transferência reinicia-se sem latência.

Além disto, durante o desenvolvimento do projeto, os simuladores nunca geraram registos com maior taxa do que o que o programa de transferência podia transferir. Se esta taxa for superada, a base local de onde provêm os registos ficará cada vez mais cheia o que pode levar a problemas de desempenho e, o programa, não está preparado para responder a situações destas. Sugere-se para futuros desenvolvimentos adaptar o programa de forma a que este possa aumentar automaticamente a sua taxa de transferência de registos. Duas soluções que podem ajudar a atingir este objetivo:

- Aumentar a capacidade da *string* que guarda os tuplos retornados
- Aumentar a quantidade de subprogramas para cada cliente

Em relação ao programa de gestão de *backups*, este cumpriu todos os objetivos definidos, no entanto, existem algumas limitações quanto ao método de realizar o *backup*. Atualmente, o programa cria os ficheiros de *backup* executando diretamente no terminal o comando `mysqldump` que permite definir a pasta de destino para o ficheiro criado:

```
mysqldump -u backupmanager -pbackup1234 backups_temp >
~/Backups/backup.sql
```

Este comando também pode ser usado via *query* para o *MySQL*. No entanto, este não tem permissões para criar ficheiros fora da sua pasta principal, o que torna difícil mover os *backups* para o repositório *online*, dado que esta pasta principal está protegida com permissões de administrador. Na verdade é possível permitir o *MySQL* criar ficheiros fora da sua pasta principal, só que isto pode constituir uma falha de segurança dado que é possível enviar comandos para o terminal via *query*.

Os ficheiros criados via `mysqldump` contém toda a informação das tabelas e funcionam como ponto de restauro. Isto significa que quando se usa o comando de recuperação a base de dados selecionada é substituída pela que está no ficheiro `.sql`:

```
mysql -u backupmanager -pbackup1234 central <
~/Backups/backup.sql
```

Este comportamento dificulta a concatenação de vários *backups* numa única base de dados, dado que isto requer a utilização de uma base de dados intermédia. No entanto, foi a solução que permitiu a interação com um repositório *online*.

Uma solução explorada inicialmente para criar *backups* consistia em ficheiros `.csv` que continham apenas registos com uma *query* do estilo:

```
SELECT *
FROM backups.registos
WHERE r_IDMolde = @IDMolde
INTO OUTFILE
'backup_@IDCliente_@IDMolde_@dataini_@datafim.csv'
FIELDS TERMINATED BY ','
ENCLOSED BY '"'
LINES TERMINATED BY '\n'
```

Esta solução simplifica o processo de criação e concatenação dos *backups* mas tem algumas desvantagens. A desvantagem principal é o facto de não se puder definir o diretório de criação do ficheiro, como foi referido anteriormente. Além disto, para a informação puder ser carregada para uma tabela só se pode fazer *backup* de uma tabela, o que pode levar à perda de

informação relativa aos clientes, moldes e sensores se o planeamento dos ficheiros não for bem efetuado. Em futuros desenvolvimentos, se for definido que o diretório de criação dos *backups* não é imperativo, deve-se dar ênfase a esta solução dado que este processo é mais simples e consequentemente mais rápido do que a solução usada neste projeto.

6.1.2 Aplicação de gestão do sistema

A aplicação cumpre os objetivos propostos de ser multiplataforma e garantir um acesso remoto à base de dados central, bem como gerir as informações dos clientes, moldes e sensores. Durante o desenvolvimento do projeto e testes de usabilidade verificou-se alguma falta de desempenho por parte da aplicação. Após alguns testes chegou-se à conclusão que esta falta de desempenho se devia ao *hardware* utilizado e que um melhor computador e *router* resolviam este problema.

De momento o processo de instalação dos clientes ainda requer que o utilizador se ligue manualmente ao *MySQL* para introduzir as *queries* para criar os utilizadores e as bases de dados. Seria interessante em futuros desenvolvimentos chegar a uma solução que permitisse uma criação dos clientes diretamente pela aplicação como demonstrado na Figura 6.1.

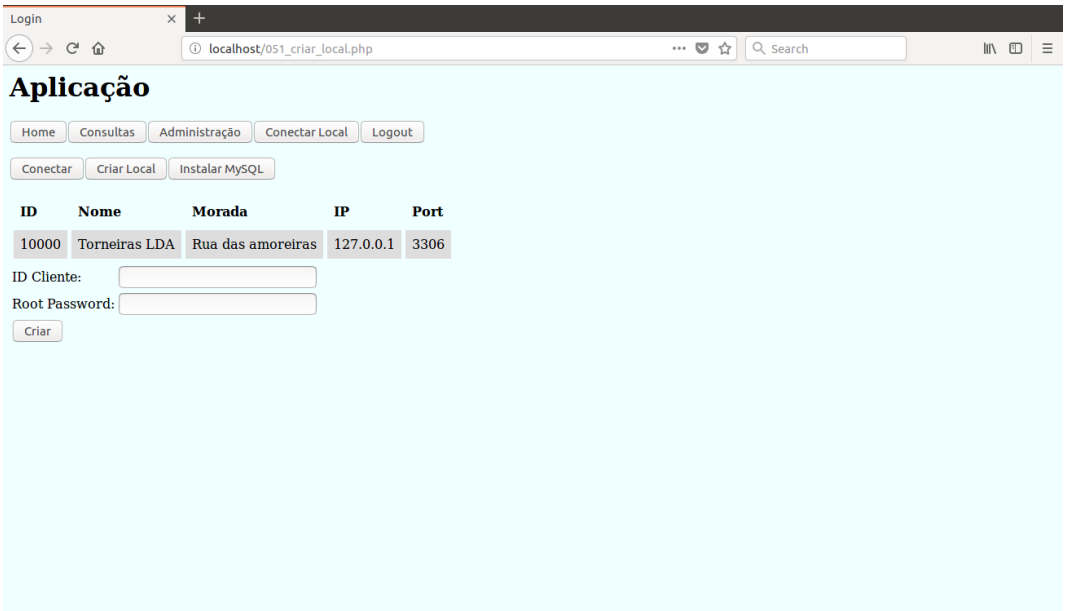


Figura 6.1: Exemplo da área Criar Local com criação das bases de dados e utilizadores via *root* em vez de gerar *queries* para o utilizador inserir manualmente no *MySQL*

Além disto é necessário realizar uma revisão de segurança à aplicação. Um programador com intenções maliciosas pode aceder ao sistema pela aplicação e realizar comandos que podem comprometer o sistema.

Apesar de serem necessários alguns ajustes de forma a melhorar o desempenho, a solução proposta da infraestrutura e aplicação é completamente funcional e pode ser já implementada numa fase experimental.

6.2 Trabalhos Futuros

Quanto à infraestrutura dos dados não foi definido como os sensores dos moldes serão ligados ao servidor local. No desenvolvimento deste projeto assumiu-se que todos os moldes estão ligados diretamente ao sistema local. No entanto, isto pode não ser sempre possível de se realizar por motivos físicos como demonstrado na Figura 6.2.

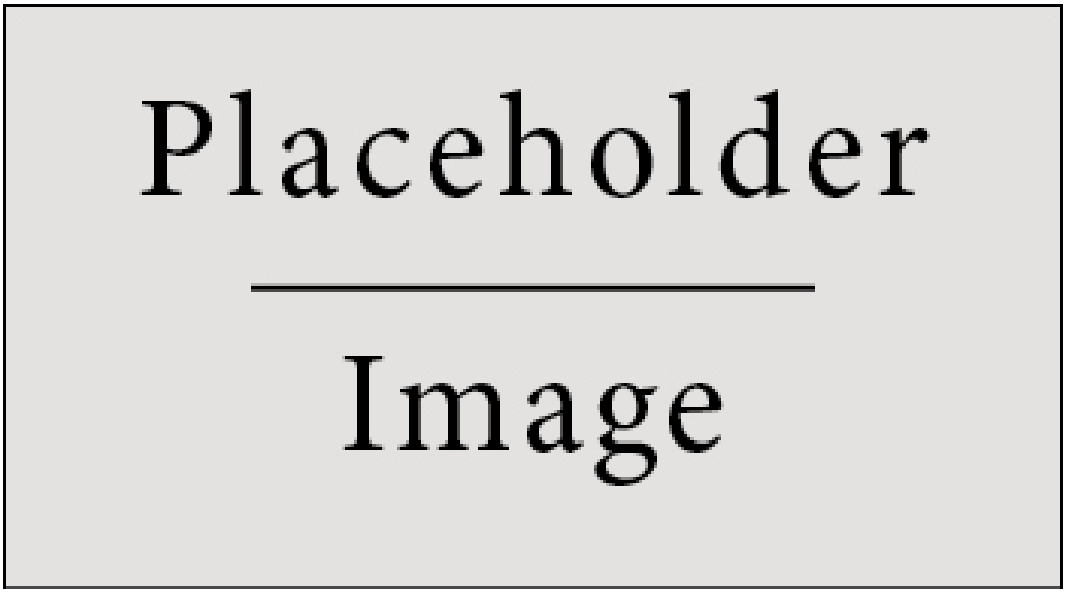


Figura 6.2: Exemplo de problemas fisicos

Se se justificar, em vez de se ter um servidor local no cliente, ter um em cada molde molde. Esta adaptação irá criar uma maior quantidade de bases de dados locais mas isto não é problemático, se o modelo de dados e o programa de transferência forem adaptados para o efeito.

Quanto à aplicação, sugere-se que após uma apresentação inicial à empresa promotora, seja iniciado um processo iterativo de desenvolvimento para escolher e desenvolver novas funcionalidades que possam ser úteis e que não tenham sido abrangidas neste projeto, como por exemplo, a criação de utilizadores baseado no ID de trabalhador demonstrado na Figura 6.3, que pode depois servir para criar históricos das intervenções dos utilizadores nas bases de dados. Culminando numa estilização da aplicação para que esta tenha um aspeto mais amigável ao utilizador.

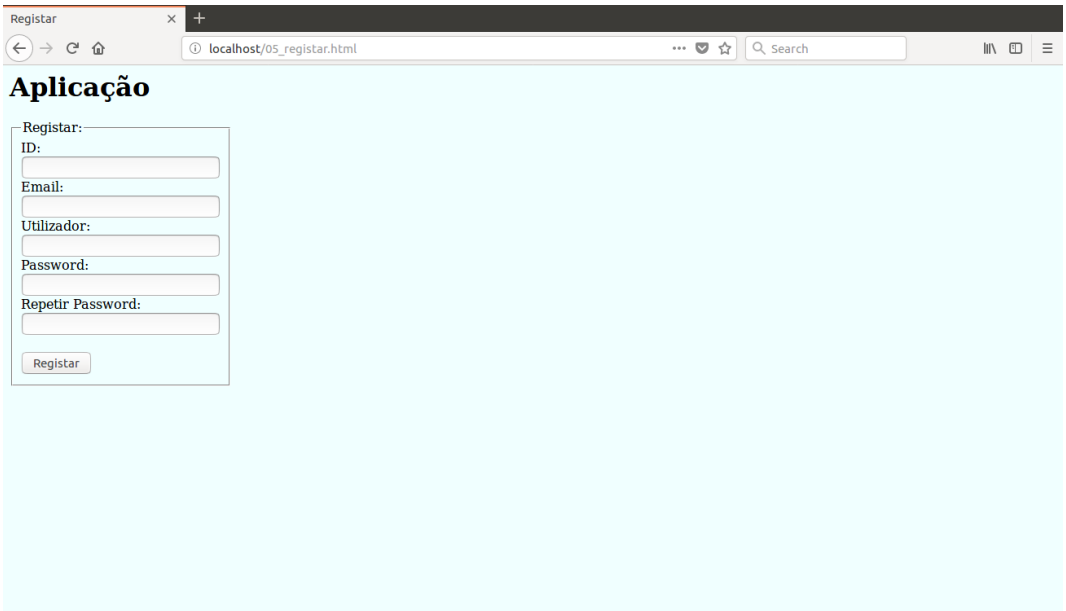


Figura 6.3: Exemplo de área de Registar para criar utilizadores com base no ID de trabalhador e email

Sugere-se a criação de um sistema de notificações e monitorização automático dos moldes. Durante o desenvolvimento do projeto chegou-se à conclusão de que é impossível para um utilizador analisar manualmente milhões de registos de um molde e concluir se este está a funcionar corretamente, como demonstrado na Figura 6.4.

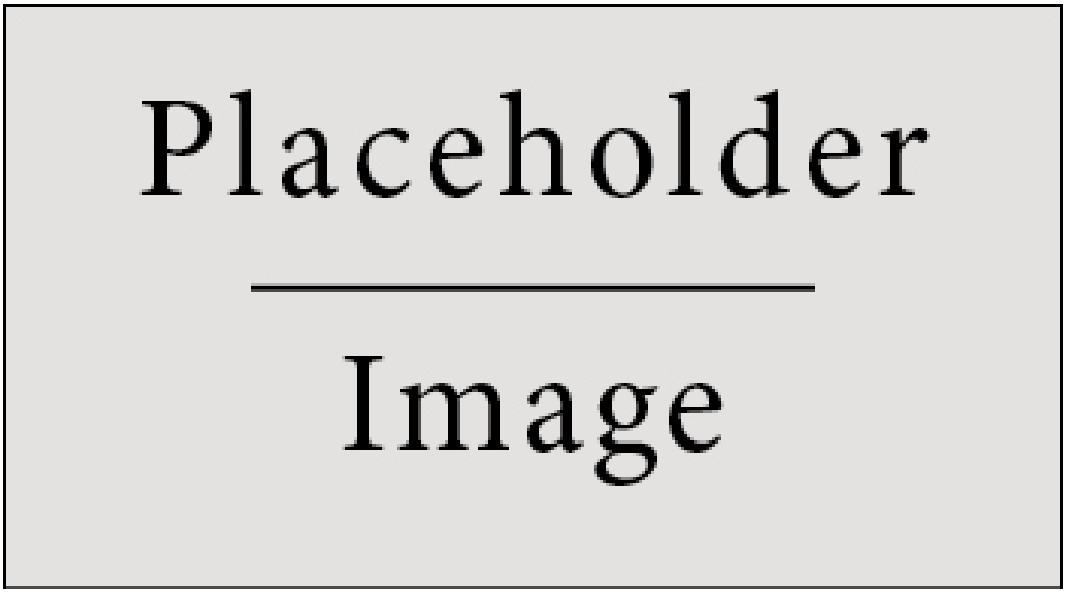


Figura 6.4: Exemplo molde 4 dinamometros a sair da cena

Para auxiliar os utilizadores sugere-se criar um programa capaz de correr algoritmos que

analisem constantemente o comportamento dos moldes. Este programa pode ser desenvolvido em *softwares* mais sofisticados, como por exemplo *MATLAB*, desde que estes tenham protocolos de comunicação com *MySQL*. Mantendo em mente o ambiente *Web*, sugere-se que este programa notifique os utilizadores via aplicação de gestão do sistema ou via email quando um molde começa a demostrar um comportamento errático.

Bibliografia

[1] Web Development PHP HTML Arrows Royalty Free Vector Image.

[2] colored-part-large-mold-with-part.

[3] moldagem in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2018. [consult. 2018-05-22 18:20:35]. Disponível na Internet: https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/moldagem.

[4] moldar in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2018. [consult. 2018-05-22 18:21:22]. Disponível na Internet: https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/moldar.

[5] molde in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2018. [consult. 2018-05-22 16:51:33]. Disponível na Internet: https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/molde.

[6] G. Williams and H. A. Lord. Mold-filling studies for the injection molding of thermoplastic materials. Part I: The flow of plastic materials in hot- and cold-walled circular channels. *Polymer Engineering and Science*, 15(8):553–568, aug 1975.

[7] Michael Trovant and Stavros A Argyropolous. The implementation of a mathematical model to characterize mold metal interface effects in metal casting. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 37(3-4):185–196, jun 1998.

[8] TN) Janney, Mark A. (Knoxville and NG) Omatete, Ogbemi O. (Lagos. Method for molding ceramic powders using a water-based gel casting, jul 1991.

[9] Jiwang Yan, Takashi Oowada, Tianfeng Zhou, and Tsunemoto Kuriyagawa. Precision machining of microstructures on electroless-plated NiP surface for molding glass components. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(10):4802–4808, jun 2009.

[10] Changyu Shen, Lixia Wang, and Qian Li. Optimization of injection molding process parameters using combination of artificial neural network and genetic algorithm method. *Journal of Materials Processing Technology*, 183(2-3):412–418, mar 2007.

[11] K. Shelesh-Nezhad and E. Siores. An intelligent system for plastic injection molding process design. *Journal of Materials Processing Technology*, 63(1-3):458–462, jan 1997.

[12] Babur Ozcelik and Ibrahim Sonat. Warpage and structural analysis of thin shell plastic in the plastic injection molding. *Materials & Design*, 30(2):367–375, feb 2009.

[13] About Injection Molding | Xcentric Mold & Engineering.

[14] *Polymer Process Engineering - R. Griskey - Google Livros.*

[15] hyatt. nov 1872.

[16] Injection molding machine. may 1949.

[17] Suzanne L. B. Woll and Douglas J. Cooper. Pattern-based closed-loop quality control for the injection molding process. *Polymer Engineering & Science*, 37(5):801–812, may 1997.

[18] Ramez Elmasri and Shamkant Navathe. *Fundamentals of Database Systems.* Addison-Wesley Publishing Company, USA, 6th edition, 2010.

[19] base de dados in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2018. [consult. 2018-05-31 18:24:13]. Disponível na Internet: https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/base de dados.

[20] Edgar Frank Codd. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. *Communications of the ACM*, 13(6):377–387, 1970.

[21] Peter Pin-Shan Chen. The Entity-Relationship Unified View of Data Model-Toward a. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1):9–36, 1976.

[22] ubuntu logo.

[23] GNU Compiler Collection logo.

[24] apache-logo.

[25] mysql-logo.

[26] Community | Ubuntu.

[27] MySQL :: MySQL 8.0 Reference Manual.

[28] GCC, the GNU Compiler Collection - GNU Project - Free Software Foundation (FSF).

[29] Welcome! - The Apache HTTP Server Project.

[30] W3Schools Online Web Tutorials.

[31] SQLite vs MySQL vs PostgreSQL: A Comparison Of Relational Database Management Systems | DigitalOcean.