

Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e  
de Computadores  
Bancada Laboratorial Remota para o  
Ensino da Electrónica

Nuno Miguel Moreira de Sousa



Departamento de Engenharia Electrotécnica

2008



Esta dissertação satisfaz, parcialmente, os requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Candidato: Nuno Miguel Moreira de Sousa, 1010911@isep.ipp.pt

Orientação científica: Prof. Doutor Manuel Gradim de Oliveira Gericota,  
mgg@isep.ipp.pt

Co-orientação científica: Prof. Doutor Gustavo Ribeiro da Costa Alves,  
gca@isep.ipp.pt

Empresa: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Supervisão: Prof. Doutor Miguel Fernando Paiva Velhote Correia, mcorreia@fe.up.pt



Departamento de Engenharia Electrotécnica

Setembro de 2008



# Agradecimentos

Embora uma dissertação seja, pela sua natureza académica, um trabalho individual não deixa de ser o resultado de várias contribuições aos mais diversos níveis que culminam num só final. Por este motivo, penso que não devem ser esquecidas as pessoas que com a sua iniciativa, trabalho, apoio e compreensão em muito contribuíram para o sucesso desta ideia. Gostaria então de estender os meus agradecimentos:

E gratidão ao Prof. Doutor Manuel Gericota por toda a atenção, cuidado e disponibilidade apresentadas durante este período, tendo sido incansável e rigoroso em todas as fases deste projecto;

Ao Prof. Doutor Gustavo Alves pela disponibilidade demonstrada logo no início desta iniciativa e pelos esforços desenvolvidos no sentido de me proporcionar todas as condições necessárias;

Ao Prof. Doutor Miguel Correia pelas ideias, pela compreensão, pelo apoio e pela disponibilidade;

Aos meus colegas Rui Fernandes, Daniel Azeredo e Isidro Ribeiro pela tolerância e pela concertação de esforços;

A todos os meus amigos que sempre me encorajaram a seguir em frente e a não desanimar face às adversidades;

A uma pessoa muito especial que além de prescindir de muito tempo comigo, suportou os maus momentos e sempre me apoiou, à Ana;

Aos meus pais, a quem dedico esta dissertação por ainda hoje serem as fundações do meu querer sempre mais.



# Resumo

Os constantes avanços tecnológicos ao nível de equipamentos de desenvolvimento, de infra-estruturas de rede e a difusão de computadores pessoais com custos cada vez mais reduzidos, tem potenciado o aparecimento de novos paradigmas que visam tirar proveito destas evoluções. De entre estes destaca-se o desenvolvido nesta dissertação, os laboratórios remotos. Este paradigma estipula que um utilizador seja capaz de aceder através de uma rede informática a uma ou mais experiências que podem ser virtuais ou reais podendo ou não exercer algum tipo de controlo, mas obtendo sempre algum tipo de informação que de alguma forma permita aumentar o seu conhecimento.

Este paradigma engloba também o conceito de partilha e acessibilidade, não só com o fim de aumentar a rentabilização de equipamentos dispendiosos, mas também, com o de partilhar conhecimento entre instituições, docentes, investigadores ou alunos. A rentabilização pode ser alcançada pelo alargar da disponibilidade dos equipamentos, quer em número de horas, quer em número de utilizadores, ao permitir o acesso a elementos de outras instituições, os quais por sua vez, podem partilhar os seus recursos aumentando assim a sua utilização. No enquadramento da acessibilidade encontra-se não só o acesso por parte de utilizadores com mobilidade reduzida, como também utilizadores que apesar de usufruírem plenamente da sua condição física não se possam deslocar até ao local da experiência, ora por estarem impedidos de o fazer ou porque as distâncias não o permitem.

Para a implementação deste tipo de laboratório é importante definir o tipo de experiência que se pretende partilhar, o nível de interactividade associado e os objectivos a longo prazo, antes de avançar com qualquer outro passo. Isto porque estas decisões determinam um conjunto de parâmetros importantes e o custo dos recursos necessários à sua implementação. Após reflexão sobre estes pontos, é então necessário proceder à selecção da arquitectura mais apropriada, devendo o volume de investimento a efectuar ser sempre ponderado com os proveitos esperados e principalmente com o objectivo de longo prazo, isto é, uma experiência de curta duração não justifica uma estrutura demasiado complexa e robusta com elevados custos associados. Deve-se por isso, primar pela simplicidade. No entanto, com um objectivo de longo prazo facilmente se rentabiliza o esforço inicial. No projecto da arquitectura devem também ser maximizados os recursos que já se encontrem disponíveis, tais como correio electrónico ou aplicações de gestão de conteúdos, tais como o Moodle.

Neste contexto, o Laboratório de Investigação em Sistemas (LABORIS) adquiriu uma plataforma de desenvolvimento (NI-ELVIS) com o objectivo de criar e disponibilizar um sistema estável e reconfigurável que, numa perspectiva de longo prazo, seja capaz

de disponibilizar experiências na área da electrónica. Com este objectivo definido, no âmbito desta dissertação é criada e implementada uma estrutura suportada em várias linguagens de programação, tais como PHP e LabVIEW, que usufruindo da aplicação Moodle já existente no Instituto Superior de Engenharia do Porto permitem a implementação de experiências remotas. Esta estrutura apresenta como grande vantagem a sua modularidade, robustez e expansibilidade, tendo sido desenvolvida como referido numa perspectiva de longo prazo.

Para este fim, é também criado um conjunto de circuitos electrónicos que montados em placa de circuito impresso e dispostos de forma modular permitem alargar o alcance das funcionalidades do NI-ELVIS.

Como caso de estudo, é disponibilizada, recorrendo à estrutura desenvolvida, uma experiência escolhida entre as várias que são leccionadas na disciplina de Electrónica II do curso de Electrónica e de Computadores, cujos resultados são aferidos por docentes, técnicos e alunos.

**Palavras Chave (Tema):** Laboratórios remotos, interfaces, experiências remotas, arquitectura do sistema, placas de expansão.

**Palavras Chave (Tecnologias):** LabVIEW, Moodle, PHP, NI-ELVIS, ELVIS.

# Abstract

The constant technological advances in terms of equipment development, network infrastructure and the spread of personal computers with ever lower costs, have boosted the emergence of new paradigms that seek to take advantage of these trends. Among these is this thesis about remote laboratories. This paradigm stipulates that a user is able to access through a computer network one or more virtual experiments, which may be real or just simulations of reality, and may or may not perform some kind of control, but always getting some kind of information that in some way will increase his knowledge.

This model also incorporates the concept of sharing and accessibility, not only in order to increase the profitability of expensive equipment, but also by enabling the share of knowledge between institutions, teachers, researchers or students. The return is achieved by extending the availability of equipment, whether in number of hours, either in number of users, and by allowing the access to elements of other institutions, which in turn can share their resources thus increasing their use. In the context of accessibility it is not only the access by users with limited mobility that matters, but also by users that can not travel to the place where the experiment is located, either by being prevented from doing so or because the distances do not permit it.

To implement this type of lab it is important to define the type of experiment that will be shared, associated with the level of interactivity and the long-term objectives, before proceeding with any other steps. This is because these decisions determine a set of parameters and the cost of the resources required for their implementation. After discussion on these points, it is then necessary to select the most appropriate architecture. The volume of investment to be made must then be weighed against the expected income and primarily to the long term objectives: if it is a short-lived experiment, then it does not justify a structure too complex and robust with high costs. In this case, simplicity should be pursued. The design of the architecture should also maximize the resources that are already available, such as e-mail or content-management applications, such as Moodle.

In this context, the Laboratório de Investigação em Sistemas (LABORIS) acquired a development platform (NI-ELVIS) for the purpose of creating and providing a stable and reconfigurable system that, in the long term, will be able to provide experiences in the area of electronics. With this goal in mind, in the context of this dissertation is created and implemented a structure supported by different programming languages such as PHP and LabVIEW, which benefits from the application Moodle already available on the Instituto Superior de Engenharia do Porto that allows the deployment

of remote experiments. This structure presents as a great advantage its modularity, robustness and expansion capability.

To this end, a set of electronic circuits were mounted on printed circuit board and arranged in modular form with the aim of extending the range of features of the NI-ELVIS.

As a case study, an experiment chosen among several that are taught in the discipline of Electronics II of the course of Electrónica e Computadores is made available through the developed structure, whose results are confirmed by teachers, technicians and students.

**Key Words (Subject):** Remote laboratories, interfaces, remote experiments, system architecture, expansion boards.

**Key Words (Technologies):** LabVIEW, Moodle, PHP, NI-ELVIS, ELVIS.

# Conteúdo

<b>Agradecimentos</b>	<b>i</b>
<b>Resumo</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract</b>	<b>vi</b>
<b>Índice</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xi</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização . . . . .	1
1.2 Objectivo . . . . .	2
1.3 Calendarização . . . . .	2
1.4 Organização da Dissertação . . . . .	3
<b>2 Experimentação Remota</b>	<b>5</b>
2.1 Contextualização . . . . .	5
2.1.1 Definição . . . . .	6
2.2 Implementações . . . . .	7
2.2.1 Laboratórios reais com controlo remoto . . . . .	7
2.2.2 Laboratórios virtuais com controlo remoto . . . . .	8
2.2.3 Laboratórios reais vs Laboratórios virtuais . . . . .	9
2.3 Vantagens e desvantagens da utilização de laboratórios remotos . . . . .	10
2.4 Funcionalidades . . . . .	11
2.4.1 Gestão de informação . . . . .	12

2.5	Interactividade, Comunicação Síncrona e Assíncrona . . . . .	14
2.5.1	Gestão de recursos e acessos . . . . .	17
2.5.2	Arquitectura . . . . .	18
2.6	Resumo . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Recursos Físicos</b>	<b>23</b>
3.1	Estação de desenvolvimento NI-ELVIS . . . . .	23
3.2	Placas de expansão . . . . .	24
3.2.1	Componentes . . . . .	25
3.2.2	Princípio de Funcionamento . . . . .	27
3.2.3	Comando . . . . .	32
3.2.4	Implementação . . . . .	34
3.3	Resumo . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Recursos de <i>Software</i></b>	<b>39</b>
4.1	Moodle . . . . .	39
4.1.1	Desenvolvimento . . . . .	39
4.1.2	Módulo para Moodle . . . . .	40
4.2	LabVIEW . . . . .	44
4.2.1	Placas de expansão . . . . .	45
4.2.2	Servidor de experiências . . . . .	46
4.2.3	Gestão de Pedidos . . . . .	51
4.2.4	Experiência . . . . .	51
4.3	Resumo . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Discussão de resultados</b>	<b>55</b>
5.1	A experiência . . . . .	55
5.1.1	Seguindo o Guião . . . . .	56
5.1.2	Criar a experiência remota . . . . .	60
5.1.3	Comparação de resultados . . . . .	64
5.2	Resumo . . . . .	70
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>71</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>74</b>
	<b>Anexos</b>	<b>75</b>

# Lista de Figuras

2.1	Pirâmide de aprendizagem . . . . .	6
2.2	Relação entre recurso e acesso . . . . .	7
2.3	Algumas imagens do projecto Ilab do MIT . . . . .	13
2.4	Heatex, implementação remota de uma experiência de transferência de calor . . . . .	14
2.5	Imagens de uma experiência sensorial do MIT . . . . .	15
2.6	Relação entre interactividade e exigência de recursos . . . . .	16
2.7	Implementação de dois níveis . . . . .	18
2.8	Implementação de três níveis . . . . .	19
2.9	Exemplo de uma possível estrutura . . . . .	20
2.10	Servidor de aplicações . . . . .	21
2.11	Servidor de experiência . . . . .	21
3.1	Esquema de componentes do NI-ELVIS . . . . .	24
3.2	Exemplo de um <i>multiplexer</i> . . . . .	25
3.3	Exemplo de um <i>demultiplexer</i> . . . . .	25
3.4	Esquema simplificado de um potenciômetro digital MAX5160 . . . . .	26
3.5	Símbolo de um condensador variável ou <i>varicap</i> . . . . .	27
3.6	Representação de vários tipos de relé . . . . .	28
3.7	Aplicação dos relés na função de voltímetro . . . . .	29
3.8	Aplicação dos relés na função de amperímetro . . . . .	30
3.9	Aplicação dos relés na alteração de resistências inseridas no circuito . . . . .	31
3.10	Fluxograma do <i>firmware</i> do microcontrolador . . . . .	37
3.11	Perspectivas vistas de cima e de baixo das placas desenvolvidas . . . . .	38
4.1	Lista parcial de módulos instalados . . . . .	41
4.2	Perspectiva da configuração de um módulo . . . . .	41
4.3	Perspectiva do módulo depois de adicionado a uma disciplina . . . . .	42

4.4	Perspectiva depois de entrar no módulo . . . . .	42
4.5	Fluxograma do módulo "ontheweb" . . . . .	44
4.6	Implementação de um somador em LabVIEW . . . . .	45
4.7	Implementação de dois somadores recorrendo a sub-programas em LabVIEW . . . . .	45
4.8	Fluxograma da aplicação "Gestor Geral" . . . . .	48
4.9	Fluxogramas das aplicações arrancadas pelo "Gestor Geral" . . . . .	49
4.10	Fluxogramas das aplicações auxiliares do "Gestor Geral" . . . . .	50
4.11	Fluxograma da aplicação auxiliar "Delete Files" . . . . .	50
4.12	Fluxogramas da aplicação "Cliente" . . . . .	53
4.13	Fluxograma da aplicação que executa a experiência . . . . .	54
5.1	Montagem proposta e montagem a implementar . . . . .	56
5.2	Barramento de dados e aspecto final das placas de expansão . . . . .	62
5.3	Estação NI-ELVIS com placas de expansão e circuito montado . . . . .	63
5.4	Interface genérico . . . . .	65
5.5	Interface personalizado . . . . .	66
5.6	Diagramas de blocos possíveis . . . . .	67

# Lista de Tabelas

1.1	Planificação Prevista . . . . .	3
2.1	Métodos síncronos e assíncronos . . . . .	17
3.1	Custo associado à implementação de lógica digital . . . . .	32
3.2	Custo associado à implementação de um microcontrolador . . . . .	33
3.3	Custo associado à construção de uma placa de 1 para 8 . . . . .	35
3.4	Custo associado à construção de uma placa de 1 para 4 . . . . .	36
3.5	Custo associado à construção da base . . . . .	36
5.1	Valores teóricos para $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ , $R_S = [940; 2200] \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	58
5.2	Valores teóricos para $R_C = 100 \Omega$ , $R_S = [940; 2200] \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	59
5.3	Valores teóricos para $R_C = [100; 1000] \Omega$ , $R_S = 2200 \Omega$ , $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ e $V_1 = 14 \text{ V}$ . . . . .	60
5.4	Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ , $R_S = 940 \Omega$ , $R = 220 \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	68
5.5	Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ , $R_S = 2200 \Omega$ , $R = 470 \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	68
5.6	Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para $R_C = 100 \Omega$ , $R_S = 940 \Omega$ , $R = 220 \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	69
5.7	Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para $R_C = 100 \Omega$ , $R_S = 2200 \Omega$ , $R = 470 \Omega$ e $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ . . . . .	69



# Acrónimos

DEE	Departamento de Engenharia Electrotécnica
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
EaD	Ensino à Distância
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LABORIS	Laboratório de Investigação em Sistemas
CMS	Content Management System
DMM	Digital Multimeter
DPDT	Double Pole Double Throw
DPST	Double Pole Single Throw
ELVIS	Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite
FGEN	Function Generator
IC	Integrated Circuit
I/O	Input/Output
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NI	National Instruments
PC	Personal Computer
PCB	Printed Circuit Board
SPDT	Single Pole Double Throw
SPST	Single Pole Single Throw
VI	Virtual Instrument
WWW	World Wide Web



# Capítulo 1

## Introdução

Esta dissertação apresenta o trabalho desenvolvido no âmbito da Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Ao longo desta será explicado e desenvolvido o tema proposto bem como todos os passos seguidos e a justificação das opções tomadas. Com este trabalho pretende-se contribuir para o incremento do conhecimento na área da dissertação.

### 1.1 Contextualização

Sendo o ensino e a sua acessibilidade um dos factores mais importantes no desenvolvimento de uma sociedade, não é de surpreender que sejam despendidas grandes quantidades de recursos financeiros, materiais e humanos nesta área. No entanto, como a realidade dos nossos dias mantém bastante presente, existe uma necessidade de otimizar e rentabilizar estes recursos que cada vez são bens mais preciosos e escassos.

Neste contexto, surgiu o conceito de *e-learning*, ensino à distância, que proporciona uma acessibilidade alargada em termos de locais e de horários aos conteúdos de ensino. No entanto, no que toca a áreas experimentais, ciências e engenharias, este método é muito limitado por inibir o acesso a experiências práticas. Tornou-se assim evidente a necessidade de expandir a capacidade das plataformas disponíveis e avançar com um novo paradigma, o da experimentação remota. Seguindo esta linha, a *Internet* tem-se tornado num recurso fundamental para a disponibilização de conteúdos, apoio às aulas e mesmo ensino à distância, procedimentos aos quais o meio académico já não é estranho.

Ponderando os pontos enunciados surgiu no âmbito dos estudos conducentes à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores a ideia de implementar um conjunto de experiências acessíveis remotamente no Laboratório de Investigação em Sistemas (LABORIS).

Tendo em vista o objectivo referido e devido à recente aquisição de uma plataforma para o efeito da National Instruments (NI), surgiu a proposta de se desenvolverem soluções complementares que permitam a sua utilização no apoio à leccionação da disciplina

de Electrónica II, deixando em aberto o seu alargamento a outras disciplinas, criando assim a oportunidade de os alunos complementarem a formação recebida na sala de aula e, quando necessário, desenvolver experiências para aprofundar conhecimentos.

## 1.2 Objectivo

O objectivo do trabalho passa pelo estudo do estado da arte e pelo desenvolvimento de uma estrutura completa capaz de disponibilizar experiências para acesso remoto a um grupo de utilizadores de tamanho indefinido. É também objectivo deste trabalho o desenvolvimento de módulos que permitam ampliar as capacidades dos equipamentos disponíveis. Estes módulos devem ser facilmente configuráveis e a sua utilização o mais transparente possível para utilizadores pouco familiarizados com a linguagem de desenvolvimento escolhida (LabVIEW).

Considerando o vasto leque de operações a desenvolver, o projecto foi dividido em várias sub-tarefas:

- Expansão das capacidade da plataforma;
- Desenvolvimento de módulo para Moodle;
- Criação de estrutura de suporte e gestão de experiências.

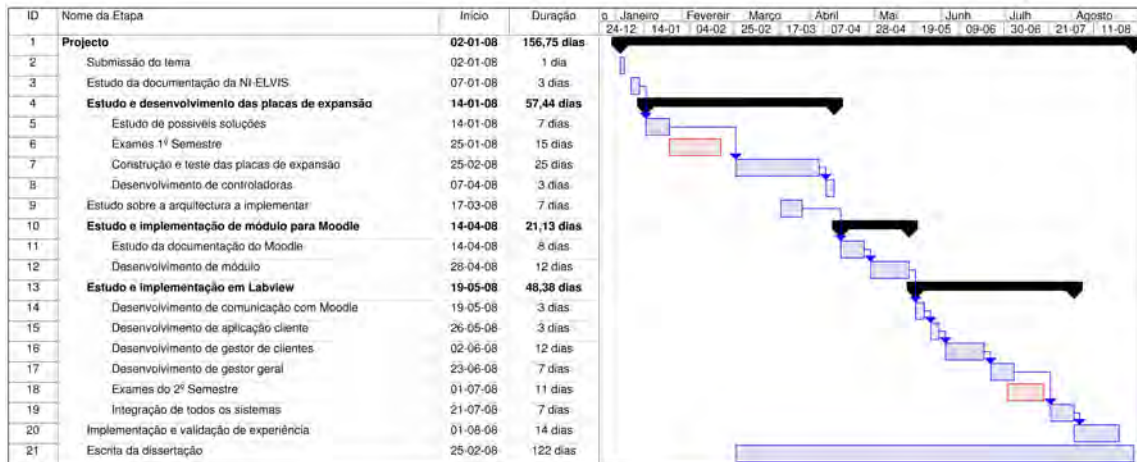
## 1.3 Calendarização

Tendo em conta os objectivos definidos, procedeu-se a uma calendarização do trabalho a desenvolver considerando as seguintes etapas:

- Estudo do estado da arte;
- Estudo da documentação existente;
- Expansão das capacidades da plataforma de desenvolvimento;
- Concepção e desenvolvimento do módulo para Moodle;
- Concepção e desenvolvimento da estrutura de suporte à implementação de experiências remotas;
- Implementação de uma experiência;
- Validação do sistema.

Na tabela [1.1](#) pode-se observar a calendarização do trabalho.

Tabela 1.1: Planificação Prevista



## 1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta os conceitos importantes a reter na área que envolve esta dissertação, sendo estudadas várias soluções possíveis e sendo feita para cada uma a relação entre vantagens e desvantagens. No capítulo 3 é abordado o desenvolvimento de um conjunto de placas de circuito impresso que expandem as capacidades da plataforma de desenvolvimento de forma a satisfazer os requisitos à implementação de uma experiência remota. A implementação das estruturas de *software* necessárias é descrita no capítulo 4. De forma a validar o trabalho desenvolvido, são apresentados no capítulo 5 os resultados obtidos após a implementação de uma experiência escolhida entre os trabalhos laboratoriais da disciplina de Electrónica II. Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e desenvolvimentos futuros sobre o tema. Em anexo, podemos encontrar várias documentações de suporte:

- Manual da estação NI\_ELVIS;
- Esquemas da placa de base, de 1 para 4 e de 1 para 8;
- Implementação em placa de circuito impresso (*Printed Circuit Board*, PCB) de vários esquemas;
- Controladores para as placas: 1 para 4 e 1 para 8;
- Módulo base distribuído pela comunidade;
- Módulo “ontheweb”;
- Guião do trabalho experimental.



# Capítulo 2

## Experimentação Remota

Neste capítulo são abordados os conceitos importantes que delimitam a área em que se insere esta dissertação, procurando definir o que se entende por laboratórios remotos e, dentro destes, as vertentes reais e virtuais. Para cada um são especificadas as áreas de aplicação e feita uma relação de vantagens e desvantagens. São também dados exemplos de aplicações já existentes, algumas das quais em instituições de referência mundial, juntamente com uma exposição sobre os recursos a depender consoante o nível de interactividade desejado e o valor acrescentado ou restrições que advêm dessa opção. São também referidos os cuidados a ter com a gestão de recursos e de acessos consoante o tipo de experiência remota a executar. Para concluir é apresentada a arquitectura e respectiva fundamentação escolhida para o desenvolvimento desta dissertação.

### 2.1 Contextualização

A experimentação é um dos alicerces fundamentais do ensino nas áreas técnicas, das ciências e das engenharias, em que é fundamental dar a conhecer e familiarizar os alunos com a aplicação prática de conceitos, fórmulas ou procedimentos para que estes passem de vagos conhecimentos teóricos a sólido saber prático. Também, de acordo com vários estudos no âmbito das ciências da educação, os alunos apreendem mais ou menos informação consoante a forma como a mesma é apresentada. Observando a figura 2.1 podemos ver uma relação entre vários tipos de interacção e a percentagem de informação apreendida [1]. Reforça-se assim, pela análise deste tipo de dados, a importância da prática experimental por parte dos alunos. Esta ideia é vulgarmente denominada de “aprender fazendo” (*learning by doing*).

Noutra vertente, é hoje essencial que as instituições de ensino disponham de redes informáticas e infraestruturas adequadas para fornecer acesso a todos os seus elementos à *World Wide Web* (WWW) para que estes partilhem de e com outras instituições, organismos, entidades ou pessoas singulares, conhecimentos e saber. Ora, esta infra-estrutura pode ser usada para disponibilizar recursos dentro e fora das entidades permitindo a sua rentabilização. Aliando estes meios ao evoluir ou emergir de novas tecnologias em termos de *software* e de *hardware* à massificação do acesso à WWW,

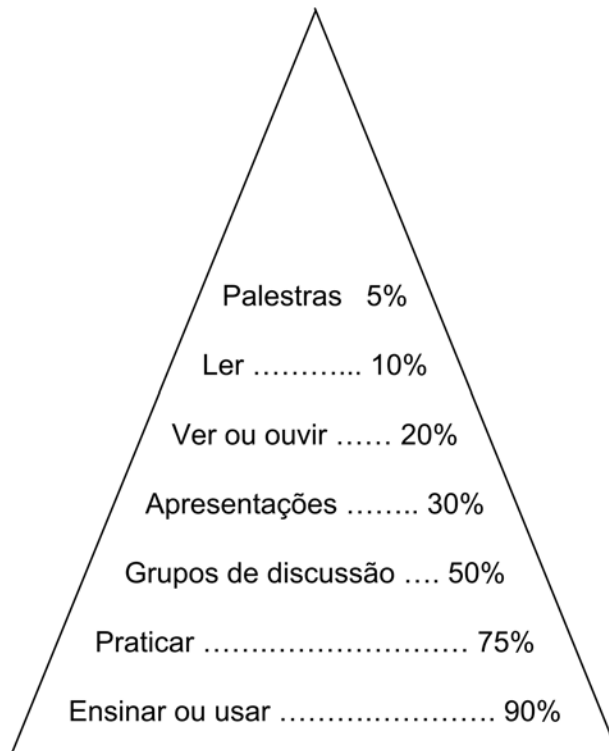


Figura 2.1: Pirâmide de aprendizagem

torna-se possível estender em muito as capacidades de um simples computador pessoal (*Personal Computer*, PC) [2].

Conjugando os pontos anteriores, a necessidade de o aluno interagir com equipamentos e experiências e as potencialidades oferecidas pelo evoluir ou emergir de novas tecnologias, surge o conceito, a oportunidade e a capacidade de disponibilizar ambientes experimentais à distância.

### 2.1.1 Definição

Entende-se, para efeitos desta dissertação, por experimentação remota o acesso, visualização e/ou manipulação de um qualquer ambiente físico ou virtual por intermédio de uma rede informática em que ao utilizador é disponibilizado um interface, onde este pode visualizar e/ou manipular a experiência.

Deve-se evitar associar o conceito de experimentação remota a longas distâncias. Embora seja uma das suas vantagens, que irão ser discutidas no ponto 2.3, não é uma característica intrínseca. Este método pode ser usado, por exemplo, para inserir um aluno num ambiente totalmente controlado, onde as acções que este pode executar estão perfeitamente delineadas pelos orientadores. Assim, o aluno pode estar ao lado da experiência, não interagindo, no entanto, directamente com ela, mas através de uma interface remota. Este tipo de aplicação será desenvolvido no ponto 2.2.1.

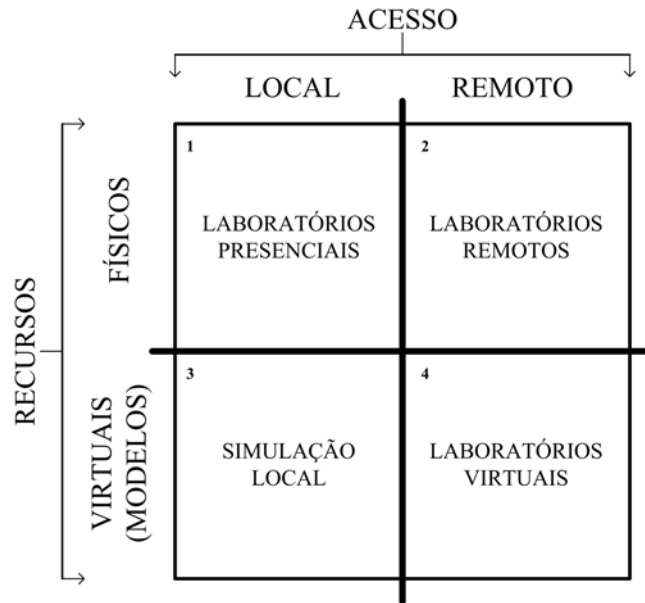


Figura 2.2: Relação entre recurso e acesso

Na figura 2.2 podemos observar a relação entre o tipo de recursos e o modo de acesso. O trabalho a desenvolver encontra-se na conjugação entre o acesso remoto e o recurso físico.

Salienta-se também que de acordo com alguns autores, um laboratório remoto é apenas uma extensão de um laboratório virtual, isto porque, o interface que é disponibilizado ao utilizador é virtual. No entanto, ao longo deste texto serão enunciadas as diferenças entre uma e outra implementação, diferenças que suportam a opinião de que laboratórios remotos virtuais e reais são duas implementações distintas que partilham apenas algumas características.

## 2.2 Implementações

Nesta secção são abordadas as duas implementações já referidas em 2.1.1, as reais e as virtuais, descrevendo-se as suas vantagens e desvantagens, as aplicações mais comuns e dados exemplos de alguns casos.

### 2.2.1 Laboratórios reais com controlo remoto

Denominam-se de laboratórios reais remotos, as aplicações em que ao utilizador é apresentado um interface virtual, no qual este pode inserir dados ou configurações que são transmitidas por meio de uma rede informática até ao servidor da experiência. Aqui, a informação é aplicada a sistemas físicos sendo gerada uma resposta que é adquirida e retornada ao utilizador.

## Áreas de aplicação

Este tipo de implementação é especialmente vocacionada, como referido anteriormente, para as áreas das ciências e das engenharias, mas particularmente em experiências que tenham um elevado grau de risco associado, cujos custos de implementação sejam altos ou então, simplesmente como complemento às aulas.

As aplicações com grau de risco elevado que obrigariam a uma monitorização apertada e em alguns casos impossível, por parte de responsáveis que se encontram limitados pelas capacidades físicas dos laboratórios, horários e disponibilidade, podem ser facilmente implementadas. Ao aluno que se encontra em segurança na frente do seu computador é apresentado um ambiente virtual totalmente conhecido e controlável apenas dentro dos limites de segurança. Assim, não se coloca em risco nenhum ser humano, equipamento ou material, estendendo ainda a disponibilidade do laboratório para 24 horas por dia.

No contexto das limitações físicas e orçamentais, algumas experiências podem-se tornar proibitivas para as instituições se existir a necessidade de as replicar por vários grupos, não esquecendo ainda os eventuais erros de manipulação que as podem danificar. Nestas situações, torna-se também útil disponibilizar os conteúdos remotamente, estando as mesmas disponíveis por períodos de tempo alargado e acessíveis de qualquer lugar, podendo vários grupos de alunos aceder e facilmente usufruir da experiência, adquirindo conhecimento, tendo também as instituições possibilidade de alargar o leque de experiências disponíveis pelo mesmo custo de disponibilizar apenas uma no método tradicional.

Outro factor importante é a escassez do bem “tempo”. Este bem limita o alcance e a complexidade do que pode ser implementado e experimentado numa aula. Então, na linha do que já foi referido, será interessante a possibilidade de os alunos na aula, fazerem a implementação e os testes respectivos até onde o tempo o permitir, ficando com a possibilidade de fora da aula, concluírem o trabalho. Surge então um método de trabalho que consiste na exposição do aluno ao contacto directo com os componentes e equipamentos, complementado pela possibilidade de executarem passos complexos e morosos ao seu ritmo e no seu tempo extra-aula.

### 2.2.2 Laboratórios virtuais com controlo remoto

Designa-se por laboratório virtual remoto o laboratório ao qual o aluno acede por intermédio de uma rede informática, mas em que, do lado do servidor não ocorre qualquer acção real ou física. Ou seja, os dados são processados e gerados por *software* recorrendo a programação específica. Nos casos mais comuns, tratam-se de modelos matemáticos dos conteúdos a implementar.

## Áreas de aplicação

Sendo uma variante da simulação, este tipo de laboratório é muitas vezes desconsiderado. No entanto, tem a sua utilidade e importância face à simples simulação. Por este

meio é possível disponibilizar acesso a *software* restrito ou proprietário que se encontra a ser executado no servidor. É também possível tirar proveito das características do servidor ou dos seus recursos. Pode ainda ser usado como forma de uniformizar o que é apresentado ao aluno, que por este método pode ser protegido da exposição a programas demasiado complexos que apenas serviriam para desviar a atenção do conteúdo realmente útil.

Encontrando-se no domínio do *software*, encontra-se apenas limitado pelos conhecimentos do programador, das capacidades do *software* e da capacidade de processamento, memória, disco ou quaisquer outros, do computador em que vai ser executado. Apesar disso, é apenas aconselhada a sua utilização para visualização de fenómenos que são ou demasiado lentos ou demasiado rápidos para serem observados recorrendo à instrumentação habitual, ou ainda, experiências que são demasiado complexas ou perigosas para serem implementadas, exemplo de uma linha de montagem ou mistura de compostos químicos.

No entanto, são excelentes ferramentas para a visualização de fenómenos destrutivos. Este sistema, apesar de também ser aplicado nas áreas das ciências e engenharia, é cada vez mais usado no ensino de economia, gestão e até de alguns conceitos como liderança [3].

### 2.2.3 Laboratórios reais vs Laboratórios virtuais

Na descrição dos laboratórios remotos reais e virtuais foram apresentadas algumas das suas características e áreas de aplicação sendo abordados alguns dos critérios a ter em conta na escolha da implementação. No entanto, irá ser feita neste ponto uma comparação mais aprofundada sobre quando se deve optar por uma solução real ou virtual, quais os factores a ter em conta e quais as implicações de cada uma das opções.

A implementação de uma experiência virtual é útil quando se pretende usufruir de quaisquer uma das seguintes funcionalidades:

- Capacidade de simplificar um fenómeno real;
- Possibilidade de testar uma experiência impossível ou extremamente difícil de implementar em laboratório (simulação de ausência de gravidade ou atrito, por exemplo);
- Poder de controlar o tempo, acelerando, abrandando ou parando-o;
- Eliminação do risco de danos (na mistura de químicos por exemplo);
- Necessidade de demonstrar um fenómeno destrutivo.

Por seu lado, a experimentação real, deverá ser implementada nas seguintes situações:

- É importante obter, ou validar valores reais;

- Existe possibilidade de retorno de imagem, por exemplo, e interesse em que o utilizador assista às modificações no ambiente remoto;
- É demasiado difícil implementar uma experiência virtual com o mesmo conteúdo ou complexidade.

Analisando os pontos referidos, é possível depreender que um laboratório virtual é útil quando se pretende dar ênfase a fenómenos específicos, ou então, para permitir a interacção com situações difíceis ou impossíveis de implementar, sem esquecer, o importante controlo do tempo, que permite a observação de fenómenos que na realidade seriam de difícil apreensão. Analisando os pontos referentes a experiências reais, denota-se que estas são indicadas para situações em que o contacto com a realidade é importante, porque se necessita de valores reais para validar conteúdos ou porque se quer demonstrar ao utilizador as implicações dos parâmetros inseridos. De referir novamente que este tipo de laboratório também é importante e recomendado sempre que se pretende rentabilizar equipamentos dispendiosos. Ao permitir um acesso independentemente da localização e da hora do utilizador, estes equipamentos podem ser partilhados, aumentando o seu factor de utilização e potenciando a partilha de recursos. Idealmente, será possível que duas instituições adquiram cada uma um equipamento dispendioso diferente, de que ambas podem usufruir. Se adicionarmos ainda o factor do fuso horário, será possível rentabilizá-la ainda mais, ao utilizar parcial ou totalmente o período de descanso local.

## 2.3 Vantagens e desvantagens da utilização de laboratórios remotos

Embora algumas vantagens já tenham sido referidas anteriormente na apresentação dos vários pontos, serão aqui enumeradas:

- Tirando partido do interface virtual, a experiência poderá ser partilhada por vários alunos em simultâneo;
- Alargamento do período de disponibilidade para 24 horas/dia;
- A partilha de recursos dispendiosos ou perigosos é tornada simples e permite a sua rentabilização;
- Extingue-se a necessidade de o utilizador estar presente fisicamente;
- Permite a repetição das experiências, por um número potencialmente ilimitado de vezes;
- Insere o utilizador num ambiente perfeitamente controlado e seguro, podendo ser usado para limitar as acções potencialmente prejudiciais dos utilizadores;
- Poderá ser desenvolvido para aumentar a acessibilidade dos conteúdos.

No entanto, devem ser tidas em conta uma série de desvantagens que surgem da aplicação deste tipo de conceito e da inserção dos utilizadores em ambientes perfeitamente controlados:

- Os utilizadores perdem a noção, ou o respeito pelos componentes e materiais com que trabalham, ignorando desta forma as normas de segurança e podendo mesmo causar estragos materiais ou pessoais quando colocados numa situação real;
- O ambiente virtual inibe a interacção plena dos utilizadores entre si e destes com o docente;
- Perda de sensibilidade para questões práticas, desde a simples disposição dos componentes à estruturação do trabalho, ao serem colocados perante uma experiência já preparada e funcional;
- Inexistência de erros, ou seja, o utilizador não enfrenta adversidades próprias de quem não possui experiência, não comentando erros e, obviamente, não aprendendo com eles.

Nas listas anteriores não foram abordadas as questões relacionadas com custos de recursos humanos e infraestruturas, porque estes custos são sempre necessários, optando por esta solução ou não. Ou seja, na fase de implementação é necessário investir bastante para arrancar com o projecto até este atingir a maturidade, ponto em que se inicia a fase de retorno, ao permitir desde logo a rentabilização dos recursos, mas também ao gerar valor acrescentado nas disciplinas em que é aplicado. Assim, este tipo de aplicação a ser implementado, deve ser visto como um investimento com retorno e não apenas como mais uma despesa.

De salientar ainda, que algumas das desvantagens enunciadas podem ser facilmente esbatidas se o sistema remoto for utilizado como complemento ou extensão das aulas presenciais em laboratório, de tal forma que esta solução é a que se apresenta como mais vantajosa para todos os intervenientes.

## 2.4 Funcionalidades

Nesta secção são apresentadas as funcionalidades normalmente associadas à disponibilização de sistemas experimentais à distância, nomeadamente, a gestão de recursos, recorrendo a sistemas de *booking*, o retorno de informação áudio/visual e gravação de dados, por exemplo. São também abordados vários métodos utilizados para a gestão dos dados que são enviados e recebidos, mais especificamente, se é uma comunicação síncrona ou assíncrona. Sempre que possível, as definições são acompanhadas de exemplos práticos.

### 2.4.1 Gestão de informação

A forma como a comunicação se desenvolve entre o cliente e a experiência pode, de acordo com alguns autores [4], ser definida em três tipos diferentes:

1. Experiências sequenciais;
2. Experiências interactivas;
3. Experiências sensoriais.

#### Experiências sequenciais

São experiências em que é possível definir todos os parâmetros e o protocolo a seguir antes destes serem implementados, recorrendo a uma ferramenta interactiva. Estando tudo definido de acordo com as necessidades do cliente, o pedido é submetido, enviando toda a informação de uma vez. Na eventualidade de existirem vários clientes em simultâneo a utilizar o recurso, é então gerada uma fila de processos, mediante a qual as experiências são implementadas e os resultados obtidos enviados para o respectivo cliente, passando-se então ao pedido seguinte da fila.

Este método permite maximizar a utilização do laboratório uma vez que enquanto existirem trabalhos pendentes, a experiência não tem quaisquer tempos mortos. Por outro lado, em algumas implementações, o cliente não necessita de estar *on-line* para receber os resultados, sendo a recepção feita em diferido.

Em qualquer dos casos a desvantagem inerente a este método é que o cliente possui, na melhor das hipóteses, uma estimativa do período de tempo necessário até à recepção dos dados, uma vez que pode não conhecer qual o seu lugar na fila e, mesmo que conheça, terá apenas um tempo estimado até à implementação da sua configuração e consequente retorno dos resultados.

Como exemplo desta implementação dispomos da experiência do Massachusetts Institute of Technology (MIT) denominada “WebLab” [4]. Na figura 2.3(a) é possível observar a implementação física efectuada com os equipamentos de controlo e de monitorização ligados. Na figura 2.3(b) é apresentado um menu que o cliente configura e submete, obtendo depois o resultado demonstrado na figura 2.3(c).

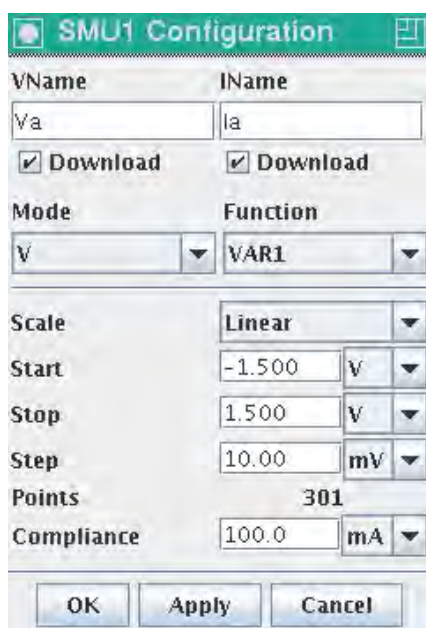
#### Experiências interactivas

Experiências interactivas caracterizam-se pela capacidade do cliente controlar um ou mais parâmetros da experiência enquanto esta decorre e à medida que as medições efectuadas são retornadas.

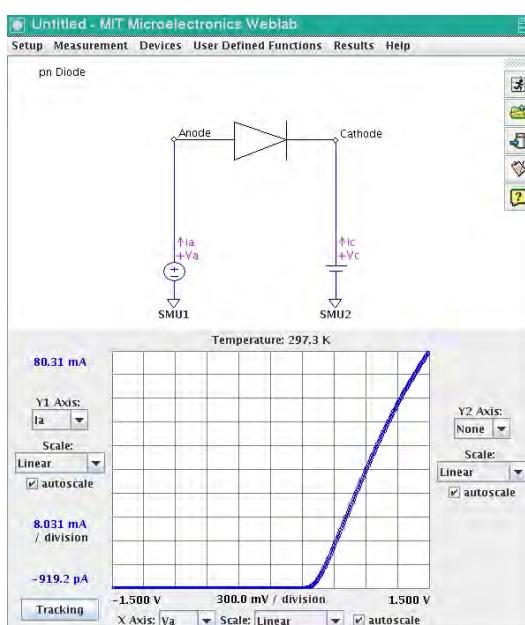
A vantagem desta implementação consiste na interacção do cliente com a experiência, permitindo que o primeiro assista aos efeitos das alterações que submete. Deste modo, este tipo de experiência, do ponto de vista do cliente, é a que mais se assemelha àquilo



(a) Montagem



(b) Definição 2

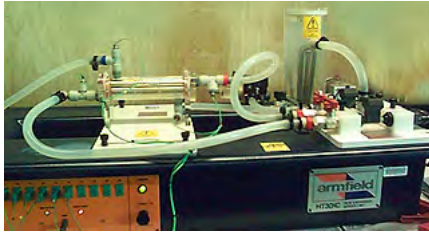


(c) Resultados

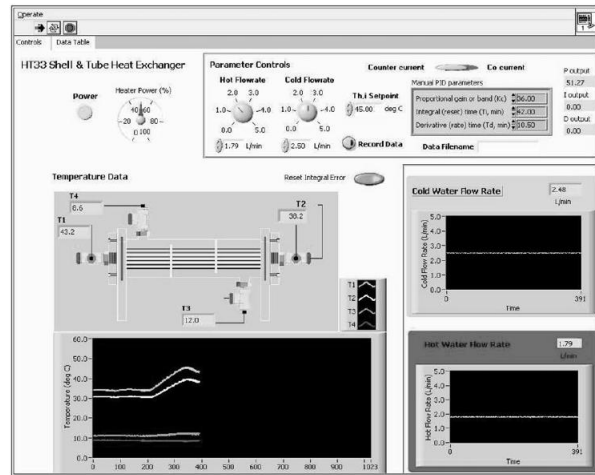
Figura 2.3: Algumas imagens do projecto Ilab do MIT

que seria proporcionado pela implementação real. No reverso, temos a desvantagem de esta solução implicar que o cliente se encontre *on-line*, o que, por sua vez, caso a realização da experiência demore mais que alguns minutos, obriga a instituição a implementar um sistema de gestão de acessos ao recurso, para evitar que um utilizador se demore mais que o necessário e prejudique outros clientes que tentem aceder ao recurso e sejam obrigados a esperar longos períodos de tempo.

Para exemplo desta implementação, podemos observar a figura 2.4 que apresenta uma experiência de transferência de calor do MIT [5]. As imagens mostram o menu de controlo e monitorização que é fornecido aos alunos para que estes possam inserir parâmetros e observar os resultados. Neste exemplo, é possível controlar a quantidade de energia aplicada e o fluxo de líquido de refrigeração. Para este exemplo não é possível apresentar a ferramenta de gestão de acessos pois não foi possível ter acesso à mesma.



(a) Equipamento



(b) Interface gráfico em LabVIEW

Figura 2.4: Heatex, implementação remota de uma experiência de transferência de calor

## Experiências sensoriais

Esta última opção descreve experiências em que o fluxo de dados é unidireccional, ou seja, da experiência para o cliente, não tendo este qualquer influência nos dados adquiridos ou na forma como são medidos.

A característica principal desta topologia é a capacidade de fornecer os dados a um elevado número de clientes em simultâneo. Isto é possível porque, como já foi referido, não existe necessidade de atribuir controlo nem esperar que sejam configurados e submetidos parâmetros para executar a experiência.

Como vantagens, temos o número alargado de clientes e a possibilidade de o equipamento fazer uma monitorização de forma autónoma ao longo do tempo, armazenando os dados adquiridos e fornecendo-os a pedido de acordo com as necessidades dos clientes. Esta configuração foi utilizada entre outras aplicações na experiência representada na figura 2.5. Esta experiência consiste na monitorização de um painel fotovoltaico sendo registados de forma constante vários factores ambientais, tais como a velocidade do vento e a temperatura e, valores da aplicação em si, tais como a potência gerada e a carga da bateria. Ao utilizador é fornecido apenas um menu, onde este escolhe a forma como deseja que sejam apresentados os resultados, não tendo qualquer intervenção na medição em si [6].

## 2.5 Interactividade, Comunicação Síncrona e Assíncrona

Na implementação de estruturas laboratoriais com acesso remoto, não deve ser desprezada, ou esquecida, a comunicação entre os vários intervenientes no processo. A relação

## Current Data

[ Home | Archived Data | Simulation | Current Data ]

### Photovoltaic Station at MIT

Massachusetts Institute of Technology  
Cambridge, Massachusetts

N42.36 W71.10

Friday, February 29, 2008

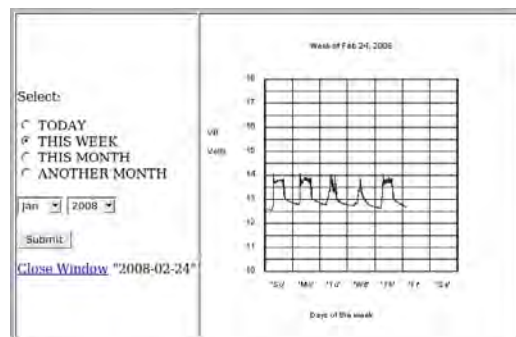
06:33 AM EST

Battery Voltage	12.7 V
Module Temperature	-14.8 deg. C
Short Circuit Current	0.09 A
Maximum Power Output	1.0 W
Air Temperature	-10.7 deg. C
Wind Speed	0.0 MPH

Get current weather data on your computer -- check out our [XML feed](#).

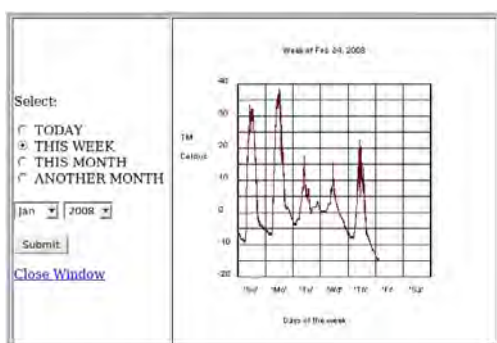
[ Home | Archived Data | Simulation | Current Data ]

Last modified Sun 10 Feb 2008 11:10 EST.

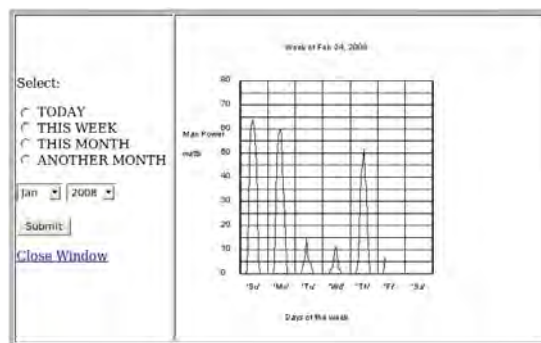


(a) Página inicial

(b) Gráfico da tensão nas baterias



(c) Gráfico da temperatura ambiente



(d) Gráfico da potência gerada

Figura 2.5: Imagens de uma experiência sensorial do MIT

aluno-aluno, aluno-docente deve ser preservada para que não se percam e sejam desenvolvidas as competências sociais de todas as partes [7]. No entanto, a implementação destas estruturas de comunicação consome tempo e recursos, sendo por isso opcional e ficando o seu desenvolvimento dependente dos objectivos a atingir e da metodologia implementada no ensino.

Caso se conclua que é útil e necessária a implementação da estrutura de comunicação, então deve ser definido o nível de interactividade a atingir e considerados os vários métodos possíveis de implementar. Estes de acordo com as suas características serão classificados como síncronos ou assíncronos.

Se a opção consistir em simplicidade, ferramentas de *chat* ou *email* funcionam perfeitamente, são simples de instalar e pouco exigentes a nível de recursos, seja de capacidade de processamento ou de largura de banda. Padecem, no entanto, de limitações ao nível da interactividade entre utilizadores e obrigam a uma utilização cuidada do texto, para que seja possível transmitir correctamente o conteúdo e reduzir o risco de ambiguidades ou de má compreensão por parte do interlocutor. O uso de regras simples que permitem clarificar a mensagem, de frases sucintas e com espaçamentos adequados são um

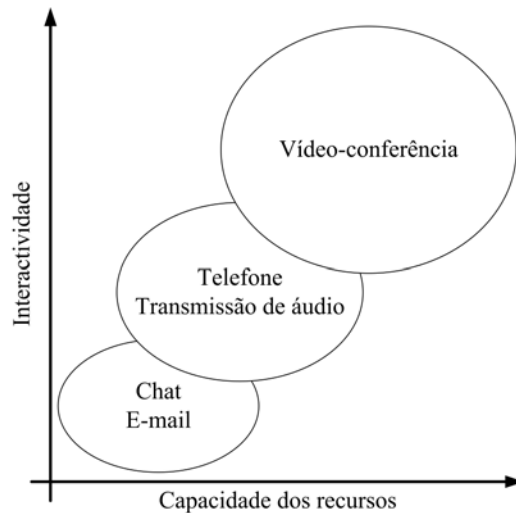


Figura 2.6: Relação entre interactividade e exigência de recursos

exemplo. O recurso a sistemas de áudio, telefone, conferência ou gravação, constituem outra opção válida, estando em termos de interactividade acima das ferramentas de texto, porque permitem transmitir mensagens mais complexas, recorrendo na mesma a pequenos cuidados: é necessário um controlo cuidadoso do volume e da altura da voz, clareza da mensagem e, por exemplo, um pequeno resumo no final. No caso do telefone, normalmente os interlocutores seguem estes cuidados instintivamente, devido à difusão do equipamento e à experiência adquirida. Em termos de interactividade, o máximo possível de alcançar será a vídeo conferência, que é o meio que mais aproxima as pessoas do contacto directo e assume por isso vantagem ao facilitar a transmissão de todo o conteúdo, verbal e corporal das mensagens, e, nesse sentido, aproxima-se daquilo que seria a utilização de um laboratório real, mas simultaneamente é o método que exige mais recursos [8]. Na figura 2.6 podemos observar uma relação simples entre o nível de interactividade e a exigência a nível de recursos.

Os exemplos enunciados distinguem-se entre si pelo seu nível de interactividade, mas também, como referido anteriormente, pelo seu tipo de sincronismo. No caso das comunicações síncronas é estabelecida uma linha de comunicação entre dois ou mais interlocutores em tempo real, habilitando assim os utilizadores a efectuar trabalhos de grupo de forma mais eficaz e aproximando mais ainda a experimentação remota da convencional. Isto é feito à custa da perda de flexibilidade, já que, obrigatoriamente, todos os clientes necessitam de estar *on-line* simultaneamente. Outra questão importante associada à comunicação síncrona é a volatilidade da informação, ou seja, é efémera, apenas válida naquele instante, perdendo-se de seguida.

Outra abordagem passa por uma comunicação assíncrona, onde é dada total flexibilidade aos utilizadores para colocarem perguntas e respostas a seu tempo. Implica portanto um necessário desfasamento entre o surgimento da dúvida e a chegada da resposta. Factor importante será a definição do que é um desfasamento apropriado. Uma resposta fora de tempo, poderá ser o equivalente a uma falta de resposta. Estes factores levam a um afastamento daquilo que será o laboratório convencional obtendo como retorno um aumento da flexibilidade e a possibilidade de armazenamento para

consulta futura dos conteúdos trocados. Na tabela 2.1 podemos observar os métodos de comunicação referidos devidamente agregados de acordo com o sincronismo.

Tabela 2.1: Métodos síncronos e assíncronos

Síncrono	Assíncrono
<i>Chat</i>	<i>Email</i>
Telefone / conferência	Ficheiros áudio
Vídeo conferência	Ficheiros vídeo

### 2.5.1 Gestão de recursos e acessos

Com excepção das experiências sensoriais que não necessitam de qualquer controlo de acesso ao recurso, por o fluxo de dados ser unidireccional, as restantes implementações necessitam que pelo menos a gestão de acessos seja implementada. Isto porque é necessário limitar o acesso ao equipamento a quem dele necessita e, acima de tudo, a quem está habilitado a manuseá-lo.

No caso das experiências sequenciais o simples controlo de acesso será suficiente, já que a gestão do recurso é automaticamente implementada pelo sistema, que executa as configurações e obtém os resultados de forma sequencial. Nesta situação, os clientes necessitam apenas de se autenticar para que o sistema os reconheça e saiba quais as permissões que possuem, podendo ser facultados vários níveis diferentes de configuração, aumentando a profundidade e alcance das alterações pedidas, por exemplo, em função do grau de conhecimento e de responsabilidade do cliente.

Nas já referidas experiências interactivas é necessário impedir o acesso concorrente de vários clientes e eventuais conflitos na configuração dos equipamentos. Assim, além da necessária gestão de acessos, pelas razões enunciadas no caso das experiências sequenciais, é necessário proceder a um escalonamento da utilização do equipamento, que impeça usos abusivos (demasiado tempo reservado) e que dê aos clientes um elevado grau de confiança quanto à previsibilidade da disponibilidade do equipamento, evitando que este seja obrigado a ficar agarrado ao sistema à espera de uma oportunidade para trabalhar. Surge então, a implementação de um sistema de gestão de recursos, que, mediante o acesso, agenda e reserva o equipamento para um cliente em particular. Desta forma, o cliente sabe com elevado grau de confiança que vai ter oportunidade de efectuar o seu trabalho e quando essa oportunidade vai ocorrer. Dentro desta implementação, existe ainda uma outra solução que passa pela atribuição do acesso ao cliente que reservou o recurso, mas permitindo o acompanhamento do trabalho por um grupo mais alargado que pode apenas assistir e trocar ideias com o cliente que possui o controlo.

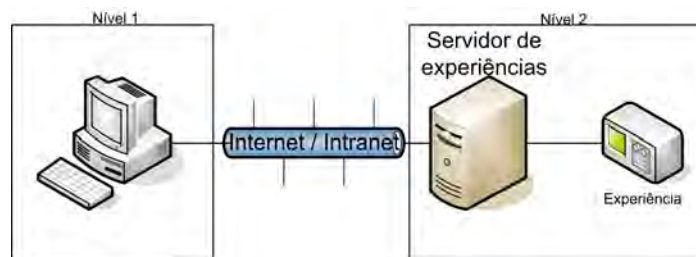


Figura 2.7: Implementação de dois níveis

## 2.5.2 Arquitectura

A implementação do laboratório remoto implica a construção de uma estrutura dividida em níveis, mediante as suas características. Estruturas simples recorrem a dois níveis como, cliente e servidor (figura 2.7). No entanto, estruturas mais complexas necessitam de três ou mais.

Tendo em conta o exemplo de figura 2.8 em que observamos três níveis, as funções por nível são descritas da seguinte forma:

**Nível 1** Atribuindo funções próprias aos níveis, o nível 1 será sempre o nível do cliente. É aqui que são executados os interfaces que permitem ao cliente manipular a experiência, submeter parâmetros e observar resultados.

**Nível 2** Neste nível será implementado o controlo de acessos dos clientes e, se possível, centralizada a gestão dos recursos. Será então responsável pelo interface entre clientes e experiências ou servidores de experiências. Do ponto de vista dos clientes, existe apenas um ponto de acesso visível, sendo comum a todos os utilizadores. Do lado das experiências, existe apenas uma origem e um destino para os dados recebidos ou enviados.

**Nível  $n$**  Experiências ou agregadores de experiências. Se estiver implementada apenas uma experiência, o servidor da camada anterior liga-se directamente à experiência. Se por outro lado existirem várias experiências, poderá ser necessário usar um agregador local, ficando então apenas visível o agregador para o servidor e vice-versa.

Um sistema de  $n$  níveis é útil porque permite agregar as experiências de forma transparente para os clientes e dá ao gestor a possibilidade de centralizar as bases de dados com todos os registos necessários, evitando assim a replicação de dados por vários servidores de experiências.

Analisando as aplicações, estas serão necessariamente aplicações distribuídas, ou seja, aplicações constituídas por componentes distintos que são executadas em ambientes separados. Desde logo, temos a aplicação do cliente, do servidor de acessos e do servidor de experiências que actua e controla a experiência.

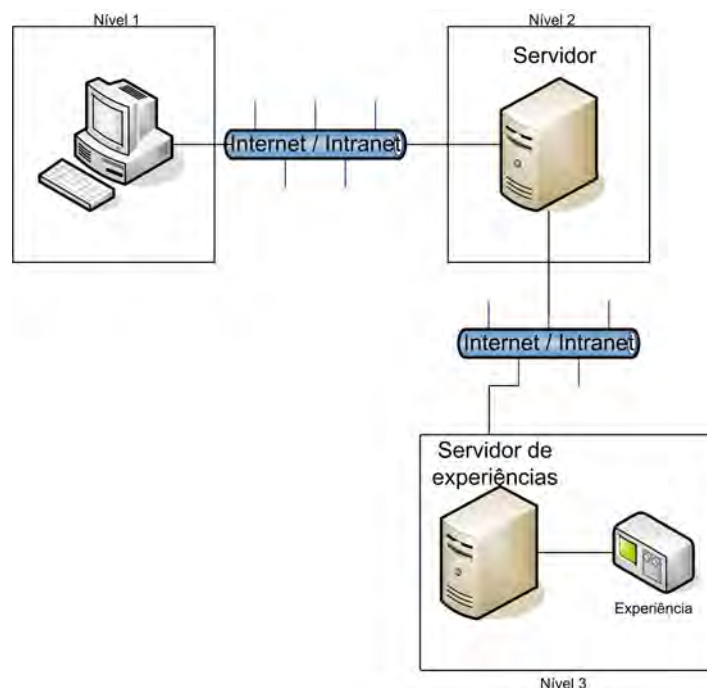


Figura 2.8: Implementação de três níveis

### Arquitectura implementada

De acordo com os objectivos a médio e longo prazo definidos pelo LABORIS é de todo o interesse que a estrutura implementada no âmbito desta dissertação seja o mais modular possível, prevendo já a implementação de futuras experiências a criar. Deve igualmente ser tido em conta que existe um número muito limitado de endereços públicos disponíveis, pelo que na prática se deve usar apenas um para tornar a aplicação disponível ao público.

Tendo ponderado os pontos anteriormente referidos, concluiu-se que a melhor arquitectura passaria por um sistema de três níveis tal como é apresentado na figura 2.9. Nesta figura os clientes representam o nível um, estando a ocupar o nível dois um servidor de aplicações que no fundo acumula duas tarefas distintas ilustradas na figura 2.10. Este nível é responsável por disponibilizar uma aplicação de Moodle, responsável pela gestão centralizada de acessos, e uma aplicação em LabVIEW que fará o interface entre os clientes e as experiências dentro do laboratório ou simplesmente dentro do ISEP. Desta forma é possível disponibilizar um número teoricamente ilimitado de experiências aos clientes através de um só endereço público, o único que é visível para o exterior. No entanto, as aplicações de Moodle e de LabVIEW devem comunicar de uma forma que permita num futuro próximo separar as duas, sendo o objectivo final a utilização do servidor Moodle do ISEP como gestor de clientes e controlo de acessos, ficando depois o servidor de aplicações apenas responsável pela gestão e disponibilização das experiências, existindo neste caso dois endereços públicos visíveis para os clientes. Para concluir, o nível três corresponde neste caso à experiência em si (figura 2.11). Este nível consiste num computador que recebe pedidos do gestor, implementa-os e retorna os respectivos resultados. Nas figuras indicadas, onde surge a indicação

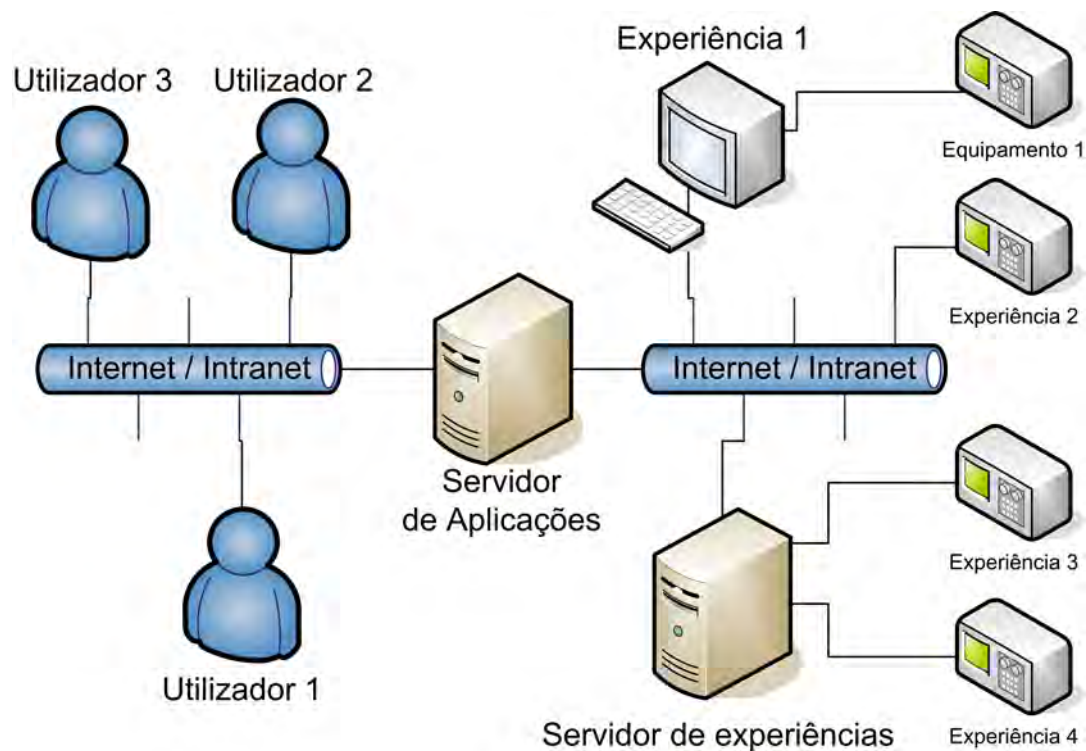


Figura 2.9: Exemplo de uma possível estrutura

de “VI”, este acrónimo refere-se a Instrumento Virtual (*Virtual Instrument*) e é uma aplicação desenvolvida em LabVIEW, pelo que será abordado no capítulo 4.

## 2.6 Resumo

No ensino é importante expor os alunos a experiências práticas e, existindo o interesse de expandir a disponibilidade de equipamentos ou experiências permitindo um acesso remoto é necessário ponderar qual o nível de interactividade desejado, nível que estará sempre limitado pelos recursos disponíveis. Também, mediante o tipo de recurso a criar poderá ser necessário implementar sistemas de gestão de acessos, com o consequente aumento da complexidade final do sistema e custo associado. Por fim, a arquitectura a implementar será delineada pelos objectivos a médio/longo prazo da instituição, podendo a escolha recair numa estrutura mais compacta e mais limitada em número de experiências possíveis de associar, ou passar por uma estrutura mais complexa e mais fácil de expandir, rentabilizando assim o maior investimento inicial.

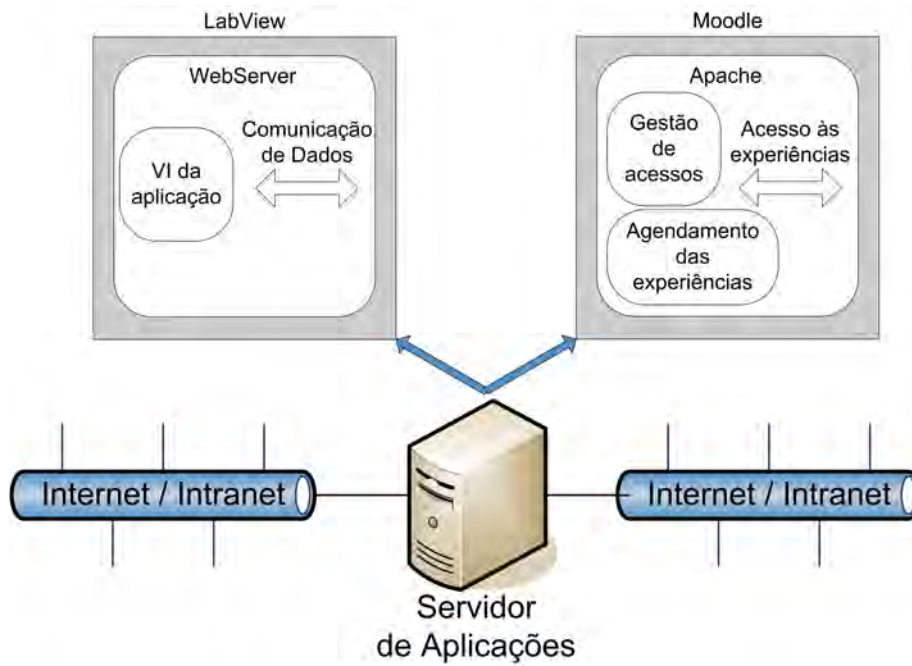


Figura 2.10: Servidor de aplicações

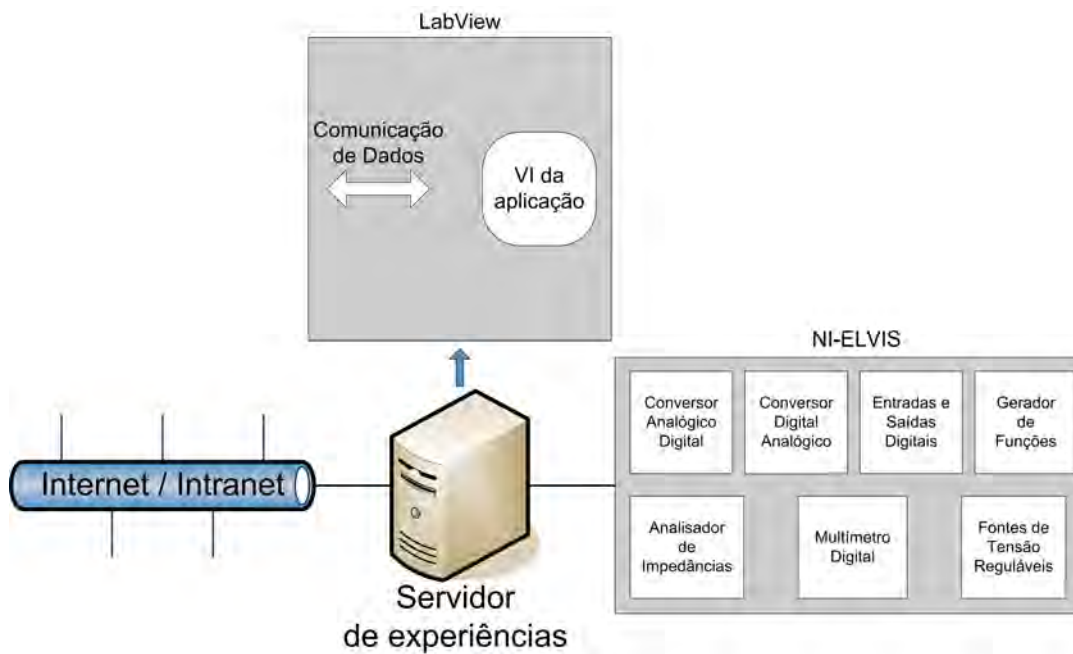


Figura 2.11: Servidor de experiência



# Capítulo 3

## Recursos Físicos

Ao longo deste capítulo é desenvolvido todo o processo percorrido durante a fase de projecto e implementação dos recursos físicos necessários à expansão das capacidades da estação de desenvolvimento. São apresentadas as várias opções disponíveis para cada um dos pontos e quais os fundamentos que levaram à selecção de uma em detrimento de outras. Também se apresentam os esquemas básicos que fundamentaram o desenvolvimento das versões mais complexas cujos esquemas se encontram em anexo. Por fim, é feita uma apresentação do resultado final.

### 3.1 Estação de desenvolvimento NI-ELVIS

Para o desenvolvimento desta dissertação foi utilizada uma estação de desenvolvimento e instrumentação da NI, comumente denominada de NI-ELVIS, ou apenas ELVIS, recentemente adquirida pelo LABORIS para o desenvolvimento e implementação de experiências remotas. A plataforma propriamente dita consiste num equipamento multifunções capaz de substituir um grande conjunto de equipamentos laboratoriais [9], tais como:

- Gerador de sinal aleatório;
- Leitura de um barramento digital;
- Escrita de um barramento digital;
- Multímetro digital (*Digital Multimeter*, DMM);
- Gerador de Funções (*Function Generator*, FGEN);
- Osciloscópio;
- Fontes de alimentação variáveis.

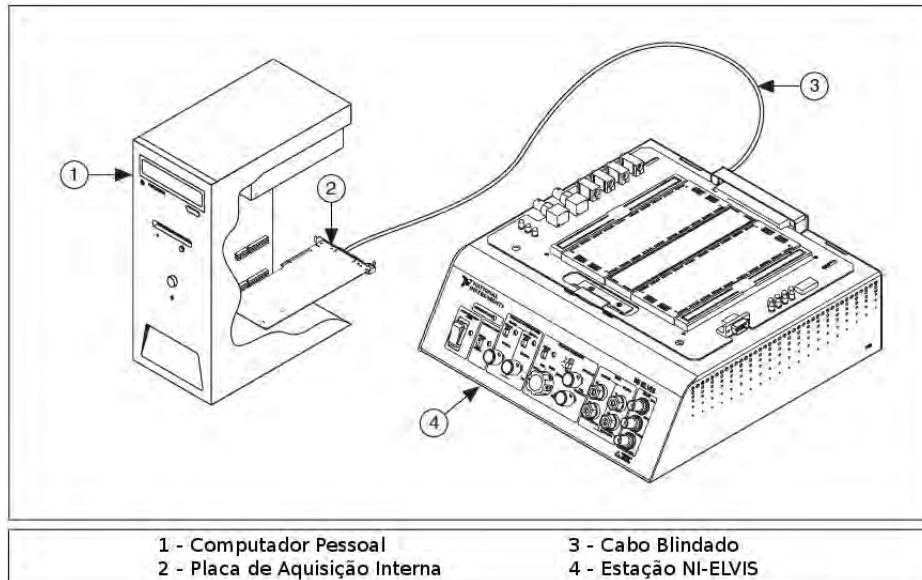


Figura 3.1: Esquema de componentes do NI-ELVIS

Este equipamento, na versão presente no LABORIS, consiste numa estação de trabalho externa, que permite a ligação de um conjunto de dispositivos, e numa placa de aquisição que é colocada dentro de um computador fazendo o interface entre este e o dispositivo. A placa e a estação de trabalho estão ligados por intermédio de um cabo blindado. Este esquema [9] pode ser observado na figura 3.1.

O controlo da plataforma é efectuado através de um conjunto de funções fornecidas pelo fabricante juntamente com o equipamento que permitem o seu controlo e monitorização através do *software* LabVIEW. Este *software* será abordado no capítulo 4.

Para informações mais detalhadas sobre este dispositivo deve ser consultado o manual de utilizador disponível em anexo.

## 3.2 Placas de expansão

Embora o NI-ELVIS possua recursos variados, tornou-se necessária a sua expansão. Isto porque nos casos em que, por exemplo, é necessário medir mais que uma queda de tensão, apenas um DMM não tem capacidade para responder ao pedido. Por outro lado, tornou-se necessário dotar a plataforma de desenvolvimento de um sistema que fosse capaz de inserir, ou substituir componentes remotamente num circuito a pedido do cliente. Tornou-se então evidente que seria necessário desenvolver uma solução capaz de executar estas operações que fosse controlada pela aplicação, se possível, de forma transparente para o cliente.

Após uma pesquisa pelas possíveis soluções disponíveis no mercado, concluiu-se que das aplicações encontradas nenhuma era capaz de solucionar o problema apresentado.

Decidiu-se então passar ao desenvolvimento de uma estrutura em cascata de forma a

maximizar o pouco espaço disponível, sendo esta constituída por um conjunto de um ou mais tipos de placas cuja função seria expandir as já referidas funcionalidades da estação NI-ELVIS.

### 3.2.1 Componentes

#### Multiplexers

Uma das soluções mais óbvia é o recurso a *multiplexers*. Estes componentes simples consistem em circuitos integrados (*Integrated Circuit*, IC) que mediante um código colocado nos *bits* de controlo ligam uma das entradas disponíveis à saída ou vice-versa. Este sistema é exemplificado na figura 3.2 e 3.3 onde “sel” representa a selecção do canal desejado.

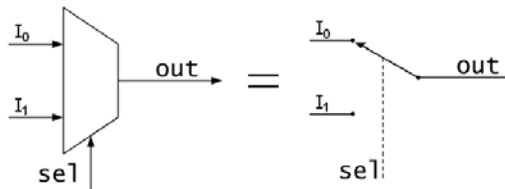


Figura 3.2: Exemplo de um *multiplexer*

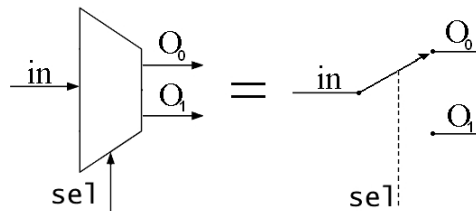


Figura 3.3: Exemplo de um *demultiplexer*

Aplicando estes componentes seria possível usar apenas um DMM que ficaria habilitado a medir vários pontos de um circuito, variando apenas os *bits* de selecção do *multiplexer*, ficando assim o DMM ligado à linha de saída e os vários pontos a medir distribuídos pelas várias entradas. No entanto, apesar de ser uma solução simples, apresenta grandes desvantagens devido às limitações e características dos vários IC abordados.

Como principais desvantagens apresentam-se as não idealidades dos circuitos, ou seja, idealmente os IC teriam resistência e capacidade interna de valor nulo, o que não acontece na realidade. Todos os modelos abordados possuem resistências e capacidades internas que introduzem distorções não desprezáveis nos sinais. Outra não idealidade, é o designado tempo de atraso, que representa o espaço de tempo que decorre entre a aplicação de uma variação na entrada e o reflexo dessa variação na saída.

No entanto, o principal problema associado ao uso destes tipo de componente é a sua limitação em termos de tensões e correntes admitidas. As tensões máximas suportadas estão limitadas à tensão de alimentação do próprio IC que no caso dos *multiplexers* é bastante reduzida sendo desta forma um factor restritivo demasiado forte.

## Resistências e Condensadores variáveis

Como foi referido, é necessário que o utilizador remoto possua a capacidade de alterar as características ou inserir componentes novos no circuito. São exemplos desta aplicação, a alteração do valor de uma resistência ou a inserção de um condensador em determinado ponto de um determinado circuito. Para o caso da resistência a solução mais óbvia passa pelo uso de um potenciómetro, neste caso digital para ser possível controlá-lo de forma automática. Esta solução oferece duas vantagens importantes: a fácil aplicação e o resultado que mediante a escolha do componente pode oferecer uma larga gama de valores possíveis com elevada precisão. No entanto, estes componentes apresentam as mesmas limitações já referidas no caso dos *multiplexers*: as capacidades parasitas e a limitação na gama de tensões admitidas. Isto deve-se em parte ao próprio funcionamento destes dispositivos que internamente incorporam os anteriormente referidos *multiplexers*. Observando a figura 3.4, que se refere ao caso específico de um MAX5160 [10], é possível verificar esta situação.

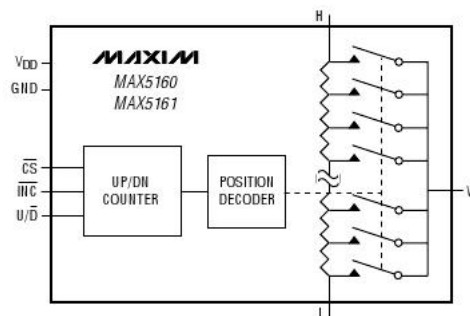


Figura 3.4: Esquema simplificado de um potenciómetro digital MAX5160

Outro componente comum cujo valor pode necessitar de ser alterado é o condensador. Este componente porém é o que acarreta mais problemas, isto porque as versões controláveis electronicamente só se aplicam na área das telecomunicações devido às suas características. Convém referir que estes condensadores variáveis são simples díodos fabricados de forma especial, tal que, quando inversamente polarizados, a capacidade da junção varia de acordo com a tensão que lhe é aplicada. O símbolo deste componente pode ser observado na figura 3.5.

Estando esta solução eliminada, resta implementar um sistema semelhante ao usado nos potenciómetros digitais. Recorrendo a *multiplexers* seria possível seleccionar digitalmente um conjunto de condensadores diferentes acarretando dessa forma todas as desvantagens anteriormente enunciadas.



Figura 3.5: Símbolo de um condensador variável ou *varicap*

## Relés

Outra solução óbvia é o recurso a relés, existindo duas opções principais para a sua forma de actuação. A mais comum consiste em relés electro-mecânicos que são actoados pela aplicação de uma pequena corrente na bobine, a qual, por sua vez gera um campo magnético. Este campo vai actuar sobre um braço metálico que ao mover-se abre ou fecha um contacto. Eliminando a corrente que alimenta a bobine, o campo magnético extingue-se e por acção de uma mola o braço metálico retorna ao estado inicial. Nesta versão, as capacidades parasitas são muito baixas e a resistência interna é quase nula por se estabelecerem contactos directos. No entanto, a velocidade de actuação é normalmente baixa quando comparado com equipamentos digitais.

Na sua versão em estado sólido, os relés consistem num conjunto de circuitos electrónicos que actuam de forma semelhante ao electro-mecânico. Quando comparados com este, apresentam vantagens ao nível da durabilidade devido à ausência de peças móveis. No entanto, ao contrário dos electro-mecânicos, são sensíveis a transientes e partilham das mesmas limitações anteriormente atribuídas aos *multiplexers*, nomeadamente as capacidades parasitas, a resistência interna e tempo de atraso, não esquecendo os limites às tensões aplicáveis.

Na figura 3.6 são apresentados alguns tipos de relés, tais como:

- SPST - *Single Pole Single Throw* (uma entrada, uma saída normalmente aberta);
- SPDT - *Single Pole Double Throw* (uma entrada, uma saída normalmente aberta e outra normalmente fechada);
- DPST - *Double Pole Single Throw* (duas entradas, uma saída normalmente aberta por entrada);
- DPDT - *Double Pole Double Throw* (duas entradas, uma saída normalmente aberta e outra normalmente fechada por entrada).

### 3.2.2 Princípio de Funcionamento

Após terem sido analisados todos os prós e contras enunciados, a escolha recaiu nos relés de actuação mecânica, tendo pesado o facto de as limitações destes satisfazerem plenamente as capacidades da estação de desenvolvimento, quer em termos de tensões

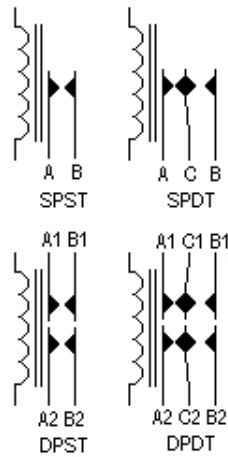


Figura 3.6: Representação de vários tipos de relé

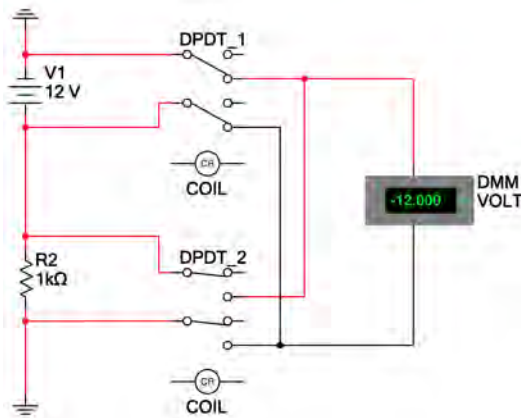
e correntes aos seus terminais, sendo de fácil controlo e como referido possuindo capacidades e resistência internas desprezáveis tornando simples a sua integração no circuito. Convém também referir que devem ser respeitados os seus tempos de actuação, o que no caso não causa transtorno devido à implementação utilizada.

Por outro lado, esta opção permite a criação de um sistema modular e universal recorrendo ao uso de relés do tipo *Double Pole Double Throw* (DPDT). Estes relés possuem a capacidade de, quando desejado, comutar dois contactos independentes em simultâneo. É assim possível com apenas um DMM efectuar várias medições em modo diferencial em pontos distintos. Torna-se também possível, a inserção ou substituição de componentes no circuito. Convém referir, que os relés mecânicos não só têm uma baixa velocidade de actuação, como também têm um tempo de actuação diferente na entrada e na saída de acção, sendo o tempo de saída normalmente mais elevado que o de entrada. Este ponto é importante sendo necessário assegurar que quando vários relés são comutados em simultâneo não existe o risco de se estabelecer um curto-circuito entre dois pontos: o ponto que se pretende ligar e o ponto de onde se pretende desligar. Para garantir que esta situação não ocorre, torna-se necessário seguir um procedimento específico, nomeadamente:

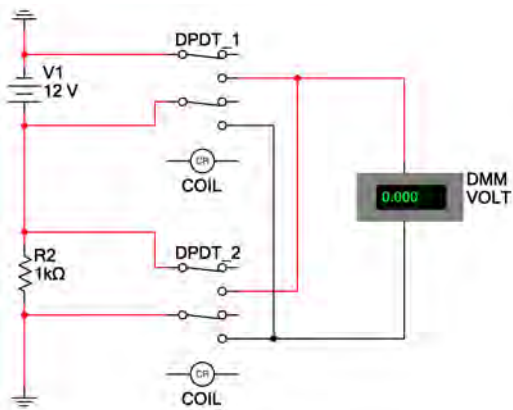
1. Desactivar o relé que está activo;
2. Aguardar um período de tempo suficiente para que o relé saia de serviço;
3. Activar o novo relé desejado.

Nas figuras 3.7, 3.8 e 3.9 são apresentadas as ligações a executar e o modo de procedimento que deve ser seguido para alcançar determinado objectivo.

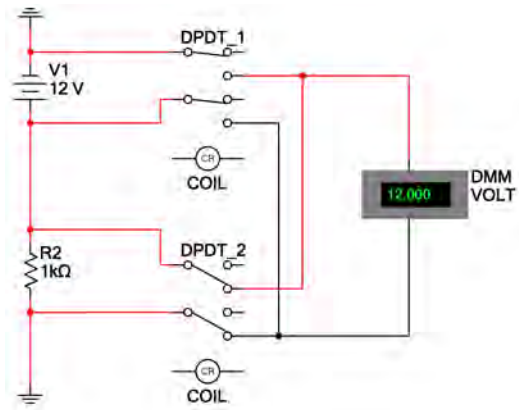
Para o caso do voltímetro é possível com o sistema demonstrado na figura 3.7 medir com um só DMM dois pontos distintos, bastando para isso ligar o voltímetro em paralelo com as saídas normalmente abertas de todos os relés a usar. De seguida, basta seleccionar o relé correspondente ao ponto que interessa medir (3.7(a)). Querendo medir outro ponto, deve-se, seguindo o procedimento correcto, desactivar o relé anterior (3.7(b)), aguardar e activar o relé referente ao novo ponto de interesse (3.7(c)). Obtendo então os valores das tensões nos dois pontos. É de realçar que a referência do voltímetro também comuta, permitindo assim que sejam efectuadas medições em relação a qualquer ponto, mantendo assim as potencialidades de medição diferencial do voltímetro.



(a) Actuando o primeiro relé



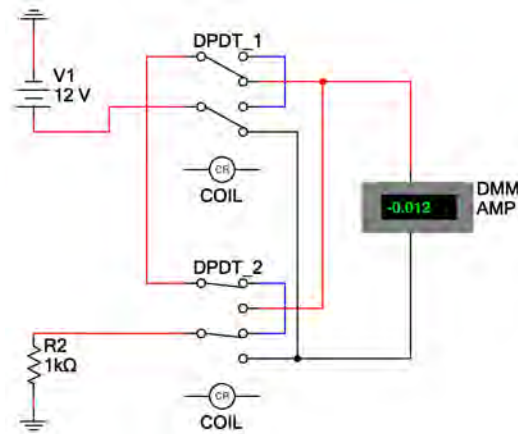
(b) Não actuando nenhum relé



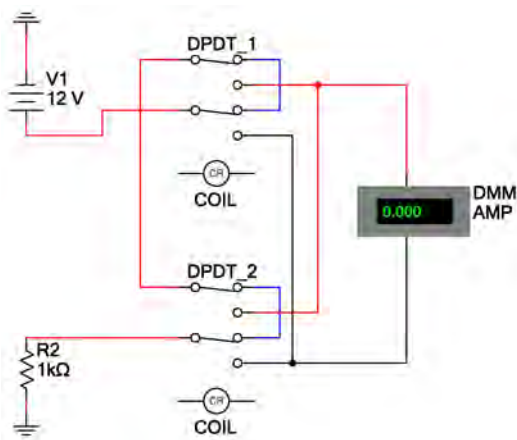
(c) Actuando o segundo relé

Figura 3.7: Aplicação dos relés na função de voltímetro

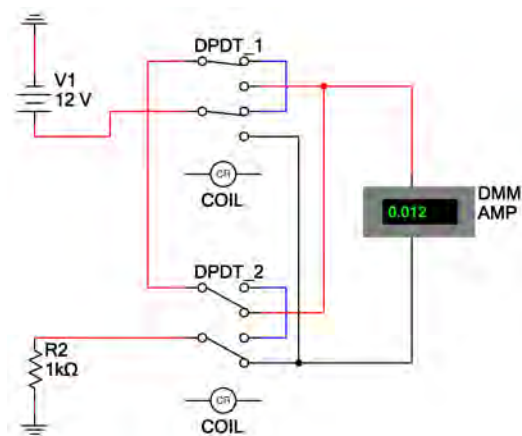
Embora não seja considerado “boa prática” medir correntes directamente, para fins didácticos e em algumas aplicações particulares pode ser necessário recorrer a este método. Assim, para aplicações com um amperímetro, o procedimento mantém-se, sendo necessário apenas acrescentar um *shunt* entre os terminais normalmente fechados dos relés a utilizar. Na figura 3.8 este *shunt* encontra-se representado por um fio a azul. Esta ligação permite que quando não se esteja a medir um determinado ponto, a ligação nesse ponto não se encontre interrompida, permitindo assim o normal fluir da corrente eléctrica.



(a) Actuando o primeiro relé



(b) Não actuando nenhum relé



(c) Actuando o segundo relé

Figura 3.8: Aplicação dos relés na função de amperímetro

Outra aplicação necessária e possível de implementar com este sistema é a possibilidade de inserir ou alterar um qualquer componente no circuito. Na figura 3.9 podemos observar a forma como é alterado o valor de uma resistência num pequeno circuito. Na figura 3.9(a) podemos verificar que com os dois relés desarmados o circuito encontra-se em aberto, verificando-se facilmente que quando se activa o primeiro relé, figura 3.9(b), o circuito fica fechado através da resistência que foi inserida. Na figura 3.9(c) podemos verificar a alteração depois de termos substituído a resistência inicial por outra de valor diferente, bastando para isso seguir o procedimento normal e activando o segundo relé. Por fim, na figura 3.9(d) é possível observar outra das potencialidades deste sistema, ou seja, a actuação de dois relés em simultâneo. Esta aplicação permite visualizar os efeitos de colocar, por exemplo, duas ou mais resistências ou condensadores em paralelo.

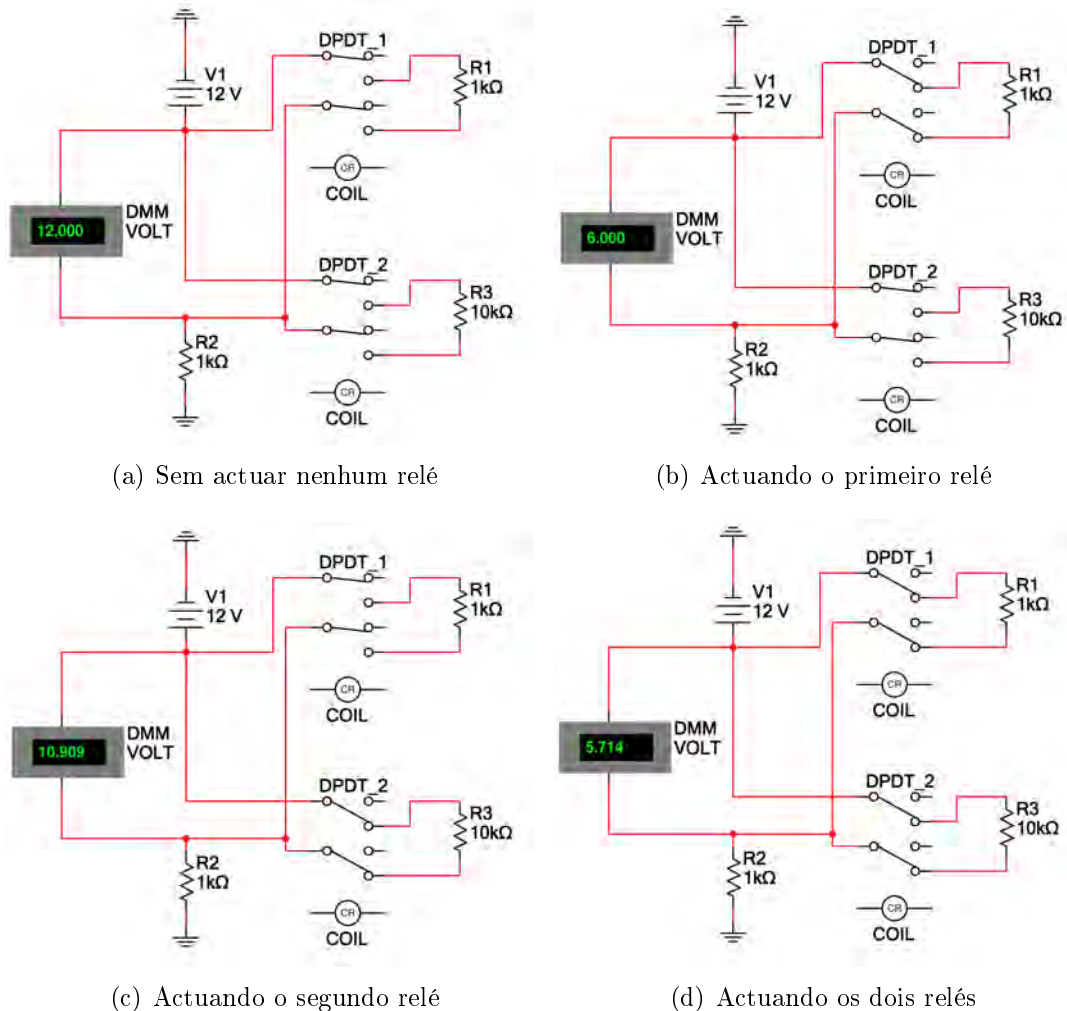


Figura 3.9: Aplicação dos relés na alteração de resistências inseridas no circuito

### 3.2.3 Comando

Estando o princípio de funcionamento e a forma de comunicação escolhidas torna-se necessário solucionar a questão do comando destes dispositivos. Como já referido no ponto 3.2.1, para que os relés mudem de estado, comutem, basta aplicar uma corrente na bobine interna do relé pretendido.

Ora, após o estudo das características da estação NI-ELVIS, seleccionou-se como sendo mais apropriado para este processo de *on/off* o uso do barramento (BUS) digital. Este barramento consiste em oito linhas de dados e quatro linhas de endereçamento. Permitindo, em princípio, o comando de dezasseis conjuntos diferentes de um a oito relés cada um. A estes dezasseis endereços devem ser subtraídos alguns que já se encontram reservados pela própria plataforma NI-ELVIS, restando doze endereços possíveis.

Tendo em vista a maximização das potencialidades da plataforma, torna-se interessante explorar a possibilidade de possuir vários conjuntos a operar em simultâneo. Para que isso seja possível torna-se necessário implementar um sistema de descodificação dos *bits* de endereçamento e de retenção em memória dos dados transmitidos a determinado conjunto em especial.

#### Lógica Digital

A primeira solução possível e aquela que normalmente se aborda primeiro é a da lógica digital. Em circuitos simples, pode ser uma forma prática e de baixo custo de solucionar um problema. Neste caso particular a solução passaria pelo uso de um *demultiplexer* de quatro para dezasseis linhas, o qual teria a função de, mediante os *bits* do barramento de endereços, activar um *enable* de uma *latch* por cada *bit* do barramento de dados. Esta *latch* aplicaria então o estado transmitido pela linha de dados ao relé respectivo através de um conjunto de transístores em configuração Darlington. Isto é necessário porque a *latch* não é capaz de fornecer corrente suficiente à bobine do relé. Como vantagem adicional, o IC escolhido para implementar esta função já contém díodos de *freewheeling* que permitem a descarga da energia da bobine de forma segura. Na tabela 3.1 pode-se observar a relação de componentes que seriam necessários, bem como as referências e os custos [11] associados.

Tabela 3.1: Custo associado à implementação de lógica digital

Função	Referência	Quantidade	Custo
DEMUX	CD74HC154EN	1	1,28 €
LATCH	M74HCT373B1R	1	0,34 €
DARLINGTON	ULN2803ADW	1	0,66 €
			Total = 2,28 €

## Microcontrolador

Outra solução possível passa pelo recurso a microcontroladores. Estes dispositivos oferecem desde logo inúmeras vantagens tais como versatilidade, variedade e disponibilidade. No que toca à versatilidade a sua função e modo de operar pode ser mudado facilmente bastando alterar a sua programação de acordo com o desejado. Por variedade, deve-se entender a panóplia de fabricantes no mercado, possuindo cada um deles um vasto leque de opções em que cada dispositivo está dotado de um ou mais conjuntos de funções. Por fim, a disponibilidade destes dispositivos cujo custo é bastante reduzido sendo fáceis de adquirir.

Por outro lado, com um só dispositivo é possível implementar a descodificação de endereços e a transição da informação do barramento de dados para os relés, reduzindo assim a complexidade das ligações a executar e reduzindo o espaço necessário. Recorrendo a este IC passa também a ser possível embutir na sua programação protocolos de segurança que seriam difíceis ou impossíveis de implementar com mera lógica digital, tal como a função de desarmar todos os relés antes de aplicar a nova configuração desejada, evitando assim o risco já referido no ponto 3.2.1 de se estabelecerem curto-circuitos através dos relés. Ao implementar esta função no *firmware* do dispositivo, simplifica-se a função do programador e minimiza-se o risco de acidente.

Para a selecção de um dispositivo específico, atendeu-se ao número de pinos de entrada/saída (*Input/Output*, I/O) desejados, neste caso, quatro *bits* para endereçamento mais oito *bits* de dados, somados aos quatro *bits* necessários para a selecção do endereço respectivo da placa a desenvolver e os oito *bits* de saída para os relés, totalizando um mínimo de vinte e quatro pinos. Para a escolha da família de microprocessadores a utilizar, atendeu-se à familiarização e experiência com microcontroladores da Microchip. De referir que também neste caso é necessário usar um IC com a função de Darlington para fornecer corrente suficiente à bobine e proteger o microcontrolador dos picos de corrente aquando do desarme dos relés. Na tabela 3.2 pode-se observar a relação de componentes seleccionados, bem como as referências e os custos [11] associados.

Tabela 3.2: Custo associado à implementação de um microcontrolador

Função	Referência	Quantidade	Custo
Microcontrolador	PIC18F2221	1	2,77 €
DARLINGTON	ULN2803ADW	1	0,66 €
			Total = 3,43 €

## *Firmware*

Para que o dispositivo funcionasse de acordo com o desejado foi necessário desenvolver e implementar *firmware* para o microcontrolador. De acordo com as especificações desejadas este *firmware* deve ser capaz de executar a função mostrada no fluxograma da figura 3.10.

Recorrendo à aplicação MPLAB disponibilizada pelo próprio fabricante do microcontrolador, a Microchip, foi possível implementar o funcionamento desejado em linguagem de programação tipo C++ adaptada a este microcontrolador. Em seguida é apresentado um pequeno excerto do código desenvolvido onde se apresenta o principal ciclo da função.

```
1 do{
  (...)
3   if (PLACA == pedido)
    {
5     PORTCbits.RC7=1; //activa led vermelho
      if(registo != PORTA)
6     {
9       registo=PORTA;
        for(i=0;i <=20000;i++)
10      {
11         PORTB = 0x00; //desliga todas as saídas
12      }
13      PORTB = registo;
14    }
15  }
16  else PORTCbits.RC7=0; //desactiva led vermelho
17 }while(1);
```

### 3.2.4 Implementação

Depois de analisados os pontos anteriores e de se ter optado pela utilização de relés e microcontroladores procedeu-se ao desenvolvimento das referidas placas de expansão. Para otimizar o espaço e os recursos decidiu-se que a melhor opção passaria por uma estrutura em cascata, onde as várias placas se encontrariam sobrepostas partilhando entre si as alimentações e o barramento de dados. Esta implementação permite que com um simples cabo de ligação do tipo *flat-cable* se consigam ligar todos os dispositivos ao mesmo tempo enquanto se maximiza o pouco espaço disponível.

Sendo um dos objectivos o desenvolvimento de uma ou mais placas, possivelmente uma para cada tipo de aplicação, não deixa de ser interessante a possível simplificação e integração de mais que uma função por placa, aumentando assim a sua modularidade e funcionalidade.

Após um pequeno estudo mais atento dos esquemas apresentados nas figuras 3.7, 3.8 e 3.9 verificou-se que a mesma implementação do voltímetro é capaz de executar as funções do comutador de resistências já que as ligações entre os relés são iguais alterando apenas as ligações aos contactos destes consoante o objectivo. Verificou-se também que entre este esquema e o do amperímetro a única diferença é um simples curto-circuito entre os dois contactos normalmente fechados de cada relé. Esta função pode ser facilmente obtida por intermédio de um interruptor. Em suma, conclui-se que é possível com uma só placa implementar as três funções referidas em 3.2.2.

Atendendo aos esquemas já referidos e às considerações anteriores foi possível implementar uma configuração onde existem oito entradas/saídas para uma saída/entrada, consoante a aplicação desejada. Outra variante possível, é uma implementação em que se dividem os oito relés em grupos de quatro, duplicando assim as aplicações possíveis com uma só placa à custa do número de pontos ou variáveis, ou seja, criando dois blocos de quatro entradas/saídas para uma saída/entrada. Para concluir esta estrutura falta apenas a base que tem por função fazer a adaptação das saídas digitais e da alimentação do NI-ELVIS para o *flat-cable*, servindo ainda de estrutura de suporte a todas as outras placas já referidas. É de salientar que as ligações da base foram desenvolvidas de forma a simplificar as ligações nas restantes placas, desta forma simplificando o seu desenho e reduzindo o risco de erros no desenho e montagem. Tanto os esquemas completos como a implementação em PCB encontram-se disponíveis em anexo.

O resultado final desta implementação pode ser observado nas figuras 3.11(a) a 3.11(f).

O custo total por placa é apresentado nas tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 [11].

Tabela 3.3: Custo associado à construção de uma placa de 1 para 8

Função	Referência	Quantidade	Custo
Microcontrolador	PIC18F2221	1	2,77 €
DARLINGTON	ULN2803ADW	1	0,66 €
Relés	MT2-C93416	8	15,28 €
<i>Switch</i>	MCDP04	3	1,89 €
Conector fêmea	1803277	9	4,41 €
Conector macho	1827127	9	12,87 €
Porta-fusível	MCHTC-50M	1	0,85 €
Suporte PCB	1106842	1	1,82 €
Díodo emissor de luz	-	1	0,27 €
Resistências	-	5	0,11 €
Condensadores	-	4	0,18 €
PCB	Placa 1 - 8	1	5,00 €
			Total = 46,11 €

### 3.3 Resumo

A estação NI-ELVIS apesar de dispor de recursos variados não se encontra preparada para as necessidades inerentes à implementação de experiências remotas, sendo necessário o desenvolvimento de soluções auxiliares capazes de complementar e expandir as capacidades existentes. Nesse sentido, recorrendo à criação de placas de expansão modulares torna-se possível colmatar as lacunas detectadas e avançar para a implementação das experiências desejadas.

Tabela 3.4: Custo associado à construção de uma placa de 1 para 4

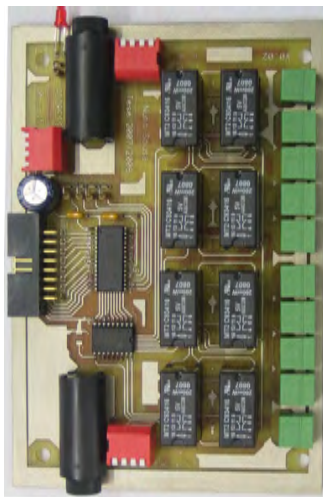
Função	Referência	Quantidade	Custo
Microcontrolador	PIC18F2221	1	2,77 €
DARLINGTON	ULN2803ADW	1	0,66 €
Relés	MT2-C93416	8	15,28 €
<i>Switch</i>	MCDP04	3	1,89 €
Conector fêmea	1803277	10	4,90 €
Conector macho	1827127	10	14,30 €
Porta-fusível	MCHTC-50M	2	1,70 €
Suporte PCB	1106842	1	1,82 €
Díodo emissor de luz	-	1	0,27 €
Resistências	-	5	0,11 €
Condensadores	-	4	0,18 €
PCB	Placa 1 - 4	1	5,00 €
			Total = 48,88 €

Tabela 3.5: Custo associado à construção da base

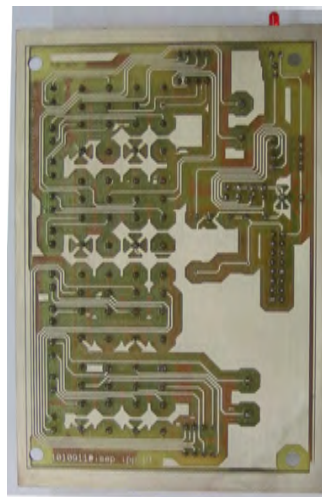
Função	Referência	Quantidade	Custo
Suporte PCB	1106842	1	1,82 €
PCB	Base	1	5,00 €
			Total = 6,82 €



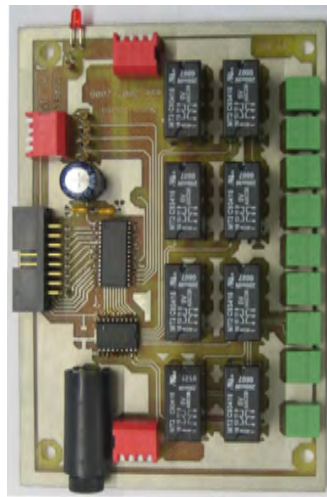
Figura 3.10: Fluxograma do *firmware* do microcontrolador



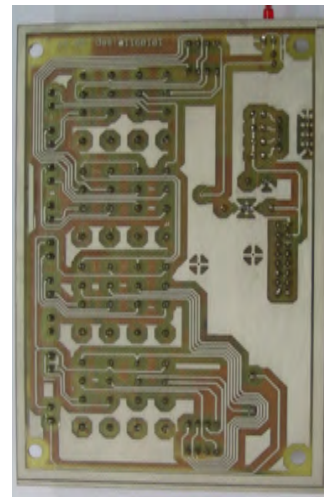
(a) Versão 2 \* 1 para 4 de cima



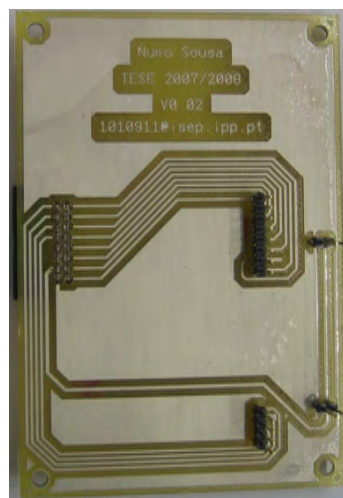
(b) Versão 2 \* 1 para 4 de baixo



(c) Versão 1 para 8 de cima



(d) Versão 1 para 8 de baixo



(e) Base de suporte vista de cima



(f) Base de suporte vista de baixo

Figura 3.11: Perspectivas vistas de cima e de baixo das placas desenvolvidas

# Capítulo 4

## Recursos de *Software*

Neste capítulo são apresentados os recursos de *software* desenvolvidos ao longo desta dissertação. Mais especificamente, um módulo para Moodle, cuja função é gerar o endereço de acesso à experiência e permitir que o docente disponibilize todos os dados necessários para que o aluno a realize. Também é abordado o desenvolvimento e implementação das várias aplicações em LabVIEW, que desempenham funções diversas, desde a gestão das placas de expansão apresentadas no capítulo anterior à gestão dos pedidos concorrentes por parte dos alunos. Para melhor compreensão são apresentados vários fluxogramas e apenas alguns excertos de código para exemplificação.

### 4.1 Moodle

Conforme foi referido no capítulo 2, existe o interesse de implementar a gestão de acessos na aplicação Moodle do ISEP. No entanto, nesta fase de desenvolvimento será usado um Moodle instalado num computador local associado à experiência com uma versão compatível com a que está instalada no servidor da instituição.

A aplicação Moodle é um sistema de gestão de conteúdos (*Content Management System*, CMS) e consiste num *software* desenvolvido de forma modular essencialmente em linguagem PHP, recorrendo, no entanto, para algumas aplicações em que se revelam mais apropriadas, a outras linguagens tais como XML. É de referir que esta aplicação é distribuída de forma livre, de acordo com a licença GNU-GPL [12], e pode ser instalada em qualquer sistema operativo na condição de que este seja capaz de executar PHP.

#### 4.1.1 Desenvolvimento

A melhor forma de expandir a plataforma Moodle para que satisfaça as necessidades desta dissertação passa pelo desenvolvimento de um módulo que desempenhe as funções desejadas. Estas funções são:

- Capacidade de disponibilizar várias experiências;

- Gestão dos acessos à experiência;
- Disponibilização dos conteúdos necessários aos alunos;
- Geração do endereço único de ligação à experiência;
- Transmissão de todos os dados necessários para a experiência ou servidor de experiências.

### 4.1.2 Módulo para Moodle

Para o desenvolvimento de um módulo é necessário seguir uma estrutura rígida pré-definida na documentação do Moodle. Esta estrutura permite que o módulo seja adicionado a qualquer instalação bastando para isso copiá-lo para o interior de uma pasta específica, normalmente denominada de *mod*, que se encontra dentro da raiz da instalação. Isto só é possível devido à referida modularidade do sistema. Embora esta estrutura seja rígida, pode depois ser expandida para acomodar as necessidades particulares de cada implementação. De forma a simplificar o desenvolvimento e devido à complexidade da estrutura necessária foi utilizado um módulo base, desenvolvido e distribuído pela vasta comunidade de utilizadores [13], bastando fazer um pequeno conjunto de alterações para que esteja pronto a ser instalado. De seguida, podem ser acrescentadas as funções específicas que cada programador necessite.

Depois de adicionado ao Moodle, o módulo que para esta implementação se denomina de “ontheweb”, surge na lista de módulos instalados (figura 4.1), ficando depois disponível para que qualquer docente o adicione à sua disciplina. Aquando desta selecção, é apresentado ao docente o menu representado na figura 4.2. Neste menu, o docente deve de forma obrigatória:

1. Dar um nome à experiência em particular;
2. Preencher os dados relevantes à execução por parte do aluno;
3. Inserir o endereço IP da experiência ou servidor de experiências;
4. Inserir o endereço por omissão da página onde a experiência está disponível.

É de referir que isto pode ser feito o número de vezes necessárias, já que o módulo recorrendo à base de dados do Moodle é capaz de gerir várias experiências em simultâneo, atingindo assim a primeira das funções desejadas.

Depois de executados estes passos, passará a estar disponível no curso o módulo que disponibilizará aos alunos os dados submetidos e o acesso à experiência remota (figura 4.3). A perspectiva do aluno depois de aceder ao módulo é apresentada na figura 4.4.

Analisando o código apresentado verifica-se que a maior parte deste pertence ao módulo base fornecido pela comunidade. No entanto, do código desenvolvido especificamente para esta dissertação destaca-se este excerto:

## Activities

Activity module	Activities	Version	Hide/Show	Delete	Settings
Assignment	0	2007101511		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Chat	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Choice	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	
Database	0	2007101513		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Forum	1	2007101512			<a href="#">Settings</a>
Glossary	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Hot Potatoes Quiz	0	2007101511		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Journal	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	
Label	0	2007101510		<a href="#">Delete</a>	
LAMS	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	<a href="#">Settings</a>
Lesson	0	2007101509		<a href="#">Delete</a>	
ontheweb	2	2008090626		<a href="#">Delete</a>	

Figura 4.1: Lista parcial de módulos instalados

**General**

ontheweb Name\*

ontheweb Intro\*

Trebuchet | 1 (8 pt) | Lang | **B** | *I* | U | **S** |

Versão de teste para o icarus.  
Aqui o docente pode inserir alguns dados relevantes.

Path:

Format HTML format

IP da experiência\*

URL base do cliente\*

**Custom example fieldset**

**Common module settings**

Group mode

Visible

ID number

There are required fields in this form marked\*

Figura 4.2: Perspectiva da configuração de um módulo

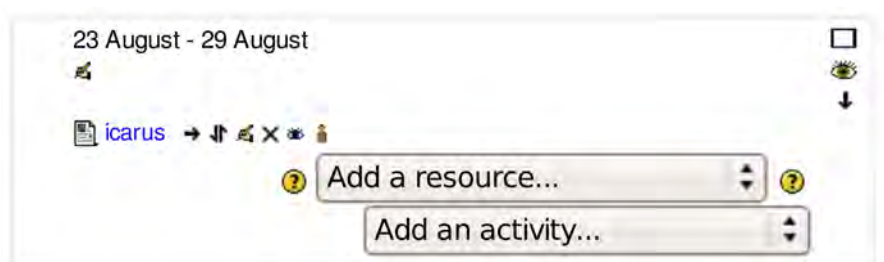


Figura 4.3: Perspectiva do módulo depois de adicionado a uma disciplina

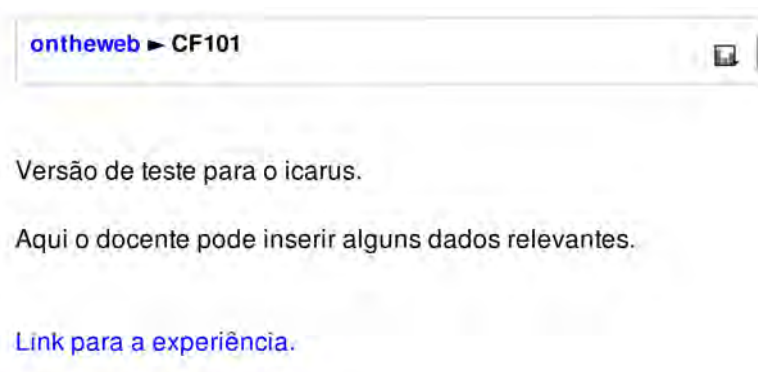


Figura 4.4: Perspectiva depois de entrar no módulo

```

1 echo '<a_href="http://',
2     $ontheweb->url . session_id() . $USER->id . ".html" ,
3     '>Link_para_a_experiência.</a>';

```

Esta linha de código mostra como é gerado o endereço único que é apresentado a cada aluno. Este passa por concatenar o endereço por omissão fornecido pelo docente aquando da configuração com o *session\_id*, ou seja, é adicionado o identificador único associado à ligação que está a ser usada naquele instante. Esta identificação é relativa ao *browser* usado e é gerada de novo de cada vez que o *browser* é reiniciado. Desta forma, insere-se um elemento aleatório na equação obtido de forma simples. No entanto, esta apresenta um problema: dois alunos que partilhem o mesmo computador e a mesma sessão do *browser* iriam obter o mesmo endereço. Para eliminar este problema, foi adicionado mais um factor à equação: a identificação do utilizador perante o Moodle. Esta identificação consiste no número de utilizador e não na identificação que o utilizador utiliza para aceder ao sistema, sendo uma informação que normalmente só está disponível aos administradores. Assim, mesmo que dois utilizadores diferentes utilizem a mesma sessão, será sempre gerado um endereço único para cada um. Como resultado desta implementação obtemos, por exemplo, este endereço: “http://icarus.fe.up.pt:8000/8217708333f3e323a14532b70d1e3fe72.html“, onde ‘8217708333f3e323a14532b70d1e3fe7’ é o *session\_id* e ”2“ é o número do utilizador.

Desta forma, é possível gerir através do Moodle os acessos, isto porque, só têm acesso à ferramenta os alunos que se encontrem inscritos à disciplina. Aos alunos que cumpram

este requisito são apresentados todos os conteúdos disponibilizados pelo docente bem como o endereço que deve ser usado para usufruírem da experiência. Por outro lado e de forma oculta, um conjunto de dados importantes são transmitidos por intermédio de *sockets* para a experiência ou servidor de experiências. Esta comunicação é necessária porque a experiência ou servidor de experiências só vai gerar a página a que o aluno pretende aceder a pedido, isto obviamente, devido à natureza aleatória do endereço gerado.

O módulo para Moodle cumpre como referido com uma série de regras rígidas mas também com um conjunto de restrições denominadas de "boas práticas", isto para que a ferramenta ao ser disponibilizada à comunidade seja de fácil integração e de fácil interpretação caso outro programador deseje expandi-la ou alterá-la.

Assim, uma das principais regras é o recurso a funções que devem ser agregadas dentro do ficheiro "lib.php" que se encontra dentro da raiz do módulo. Dentro deste ficheiro as funções devem ser declaradas começando pelo nome do módulo e com um nome específico de fácil associação à função desempenhada. Dentro da declaração devem também ser declaradas todas as variáveis que possam ser passadas pela chamada da função. Depois, dentro desta, é colocado o código que se pretende executar. O recurso a esta biblioteca de funções não só é considerada boa prática, como também simplifica a programação daquilo que se pretende apresentar aos clientes. Possuindo as funções necessárias devidamente organizadas é possível avançar para o desenvolvimento do ambiente que é apresentado aos clientes recorrendo, quando necessário, às funções previamente definidas. Para este fim o código deve ser criado no ficheiro "view.php" que também se encontra dentro da raiz do módulo. Este ficheiro é executado apenas quando um cliente acede ao recurso no Moodle e sempre de acordo com os parâmetros definidos pelo docente que disponibilizou o recurso. Exemplo de uma chamada dentro deste ficheiro é este pequeno excerto de código:

```
1 //função que lê os dados de um dado cliente
2 ontheweb_get_clients($USER->id);
```

Cuja função presente do ficheiro "lib.php" corresponde a:

```
1 function ontheweb_get_clients ($campo1){
2     echo "<br_/>_Dados_existentes_na_base_de_dados._<br_/>";
3     $result = get_record('ontheweb_clients', 'user_id', $campo1);
4     print_r($result);
5     return $result;
6 }
```

A representação do programa implementado no ficheiro "view.php" é apresentada na figura 4.5.

Outro ficheiro importante é denominado de "mod\_form.php". Aqui são definidas as variáveis que o docente deve preencher, sendo este ficheiro executado apenas quando um novo módulo é adicionado, ou então, quando um módulo já existente é alterado. Um pequeno excerto de código é apresentado em seguida:

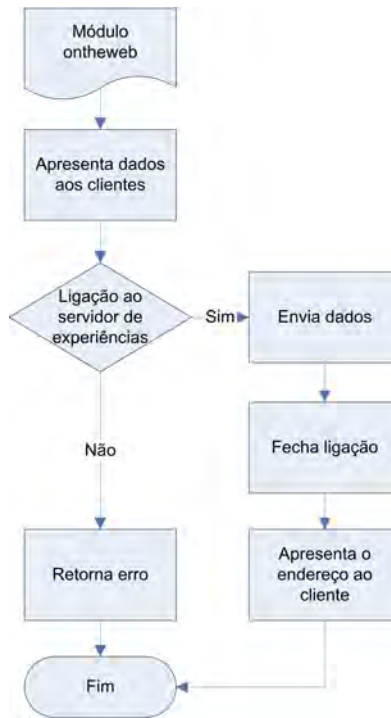


Figura 4.5: Fluxograma do módulo "ontheweb"

```

1 //url base da máquina onde está a experiência
2 $mform->addElement('text', 'url', 'URL_base_do_cliente',
3   get_string('forumname', 'forum'));
4 $mform->addRule('url', null, 'required', null, 'cliente');
5 $mform->addElement('header', 'onthewebfieldset',
6   get_string('onthewebfieldset', 'ontheweb'));
  
```

Neste pequeno excerto é solicitado ao docente que insira o endereço por omissão da experiência ou servidor de experiências, parâmetro que se define como sendo de preenchimento obrigatório.

## 4.2 LabVIEW

Este *software*, embora necessite de uma licença, é de utilização obrigatória por estar associado à plataforma de desenvolvimento adquirida. Mas, este facto está acautelado por o ISEP possuir uma licença que cobre todo o *Campus*, já que, devido à sua versatilidade é usado em vários departamentos. Outro facto importante é que, para o cliente aceder remotamente à experiência necessita de instalar um *plug-in* que pode ser obtido de forma livre e gratuita na página do fornecedor, a NI [14].

Esta é também uma linguagem de programação gráfica capaz de ser desenvolvida e executada em vários sistemas operativos, particularmente, Windows e Linux. Como referido anteriormente as aplicações de LabVIEW denominam-se de instrumentos virtuais (VI) e são compostas por dois elementos: o painel frontal, que serve de interface,

e o diagrama de blocos que contém a programação gráfica denominada de "G". Esta programação apesar de gráfica, não é executada recorrendo a um interpretador, mas sim compilada e só depois executada, sendo comparável em tempo de execução a outras linguagens de programação de alto nível. A título de exemplo, na figura 4.6(a) é possível observar o aspecto do painel frontal de uma aplicação cuja função é somar um número à escolha do utilizador com uma constante, neste caso, o número dois. Na figura 4.6(b) é apresentado o código necessário no diagrama de blocos para implementar esta função.

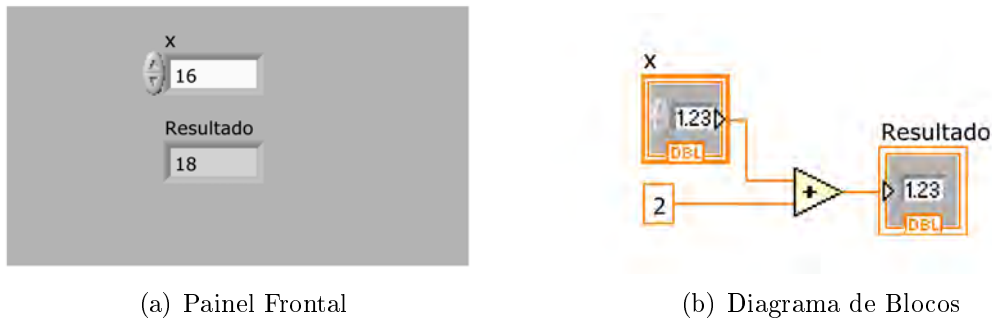


Figura 4.6: Implementação de um somador em LabVIEW

Uma propriedade interessante das aplicações VI, é que estas podem ser executadas directamente, mas também como sub-programas, ou seja, numa comparação algo livre, como funções que são chamadas por um programa principal. Observando a figura 4.7(b) é possível observar a presença de dois blocos intitulados "SOMA". Estes blocos não são mais que o VI apresentado na figura 4.6 que desta forma funciona como um sub-programa desta aplicação mais complexa. O interface apresentado ao utilizador é demonstrado na figura 4.7(a).

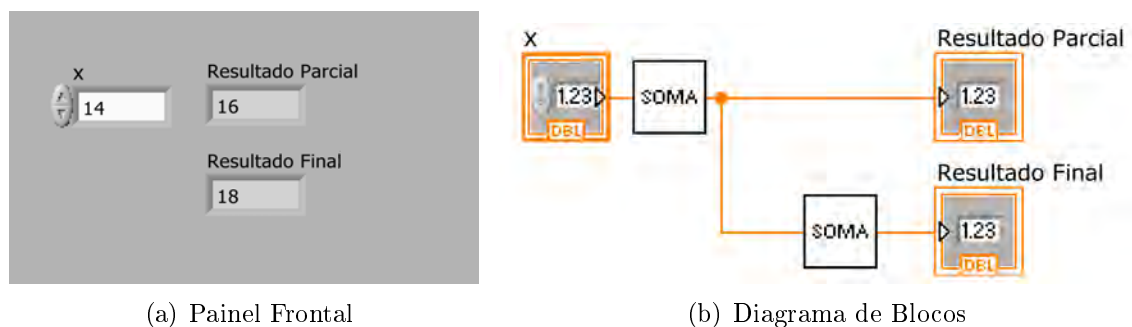


Figura 4.7: Implementação de dois somadores recorrendo a sub-programas em LabVIEW

## 4.2.1 Placas de expansão

Todas as funcionalidades da plataforma NI são plenamente suportadas pelo *software* LabVIEW existindo um conjunto de VI's associados ao controlo das várias funções disponíveis. Entre eles, o controlo do barramento de dados e de endereços, barramento que é necessário para o controlo das placas de expansão descritas no capítulo 3.

Sendo um componente essencial para o pleno funcionamento das placas foi necessário desenvolver um conjunto de VI's que tornassem transparente o controlo. Assim, foram desenvolvidas as aplicações denominadas de "controlador\_1\_8" e "controlador\_1\_4" que se encontram em anexo. Possuindo os controladores para as placas de expansão é possível avançar para a implementação dos passos seguintes.

## 4.2.2 Servidor de experiências

O servidor de experiências tem por função implementar um interface total entre os clientes e as experiências que se encontrem a montante. Por este motivo, deve ser capaz de executar as seguintes tarefas:

1. Receber pedidos do Moodle;
2. Criar e disponibilizar os ficheiros necessários para que os clientes consigam aceder à experiência;
3. Gerir os pedidos dos clientes;
4. Monitorizar o estado dos clientes e eliminar os inactivos.

Para atingir os pontos referidos foi criado um programa cuja estrutura está representada no fluxograma da figura 4.8, onde a aplicação "Gestor Geral" é responsável por arrancar duas outras funções que serão executadas de forma paralela à principal. A primeira função a ser arrancada é a "Moodle Com". Esta aplicação tem por finalidade receber os dados que são remetidos pelo servidor Moodle, que dizem respeito aos clientes que devem ser criados, e inseri-los numa fila. O fluxograma desta aplicação pode ser observado na figura 4.9(a).

A segunda aplicação a ser arrancada é a "Row Manage". Esta função tem por finalidade gerir a ordem de implementação dos pedidos dos clientes recorrendo ao uso de semáforos do sistema operativo. O fluxograma que descreve esta aplicação é apresentado na figura 4.9(b) sendo descrito de forma mais detalhada no ponto 4.2.3.

A aplicação "Gestor Geral" não se limita a arrancar duas outras aplicações, sendo também responsável por monitorizar o estado da fila de clientes a criar e de acordo com os dados obtidos gerar e disponibilizar os ficheiros necessários para que o cliente possa aceder à experiência. Para executar esta operação recorre ao sub-programa intitulado de "Create Files" (figura 4.10(a)). Este sub-programa, mediante um conjunto de parâmetros que lhe são remetidos, gera ficheiros de acordo com a experiência pedida e com os endereços de acesso essenciais correctos. Depois de criados os ficheiros, os dados dos clientes são retirados da fila a criar e são inseridos numa lista de clientes activos.

Além de monitorizar a fila de clientes a criar, sempre que esta esteja vazia, o "Gestor Geral" vai verificar um a um o estado dos clientes que se encontrem na lista de clientes activos. Sempre que seja detectado um cliente inactivo, é usado o sub-programa "Delete

Files“ (figura 4.11) para eliminar os ficheiros associados a esse cliente e os seus dados são retirados da lista. Um ponto de interesse é que esta função denominada de ”Manage Client“, figura 4.10(b), apesar de poder testar toda a lista só elimina um cliente de cada vez, mais precisamente o primeiro que encontra, isto para diminuir o tempo que o ”Gestor Geral“ está a executar outras operações que não a de gerar ficheiros para os clientes.

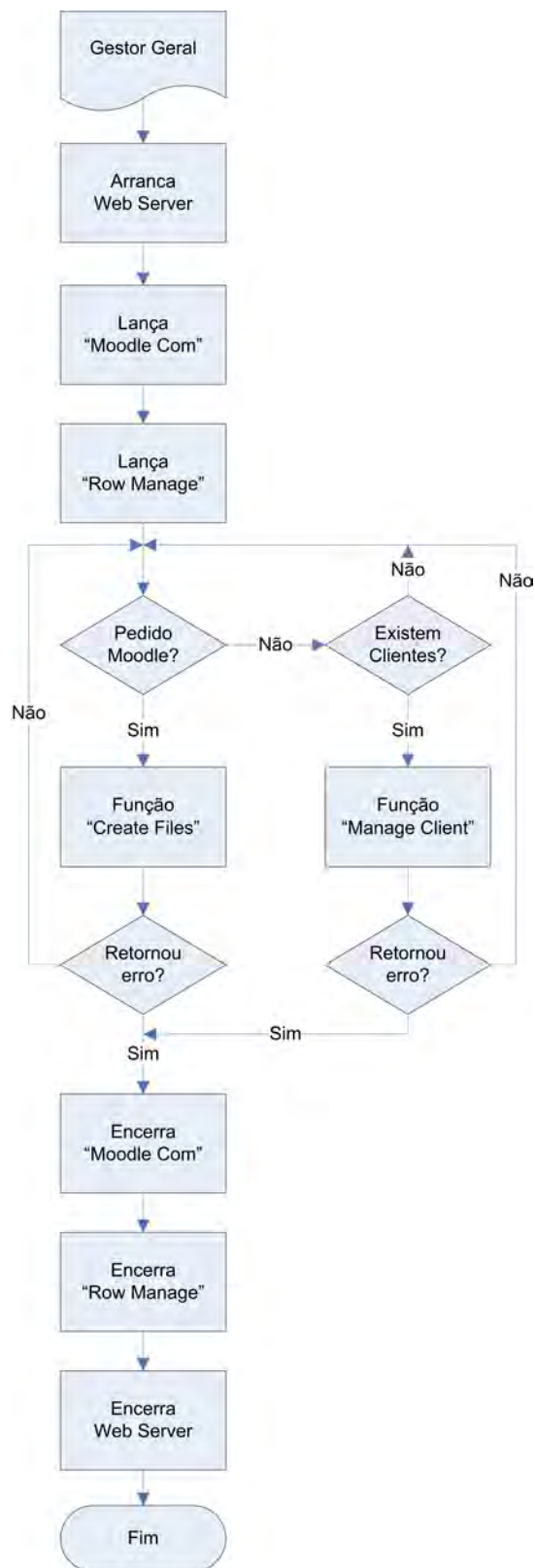
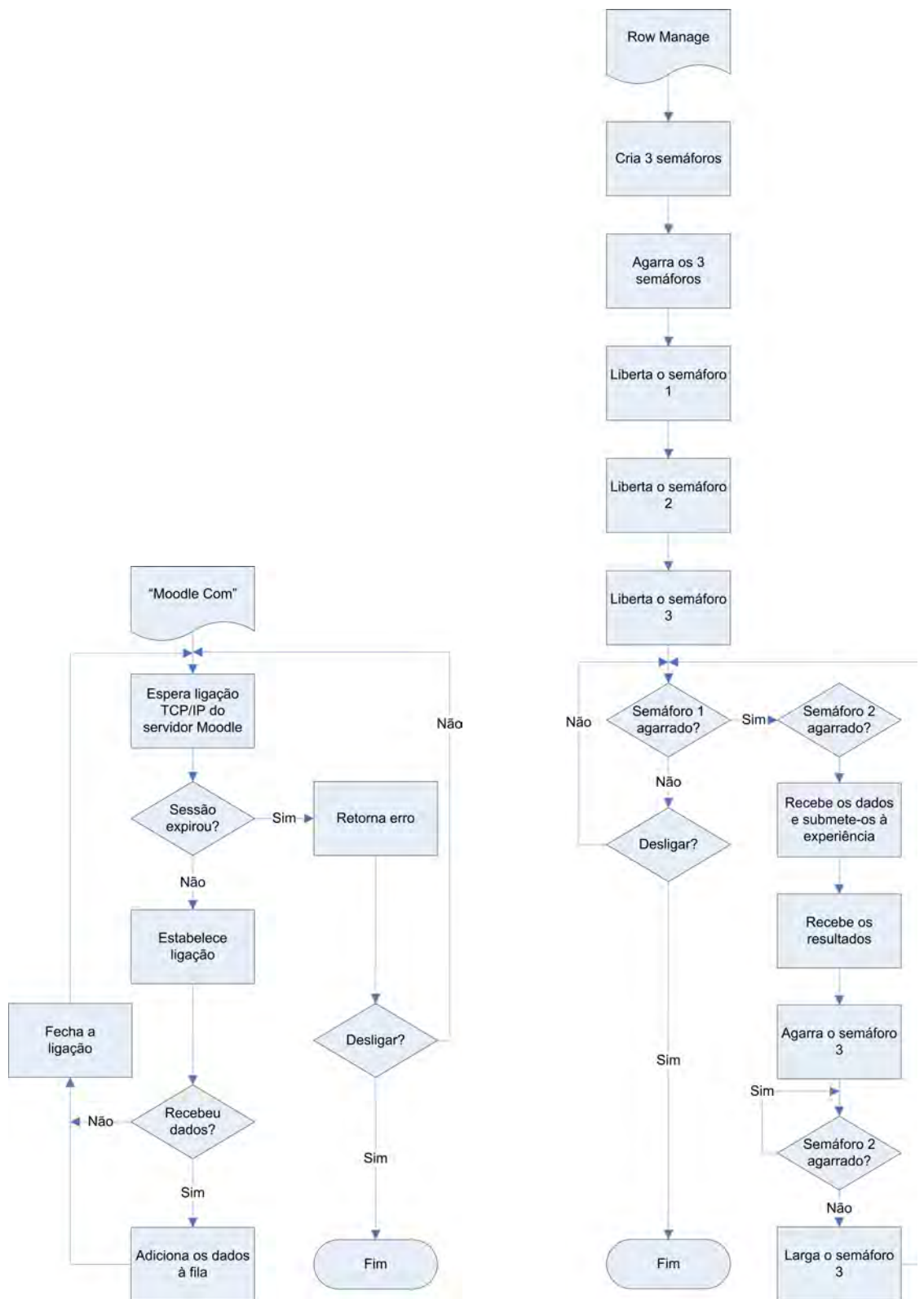


Figura 4.8: Fluxograma da aplicação "Gestor Geral"



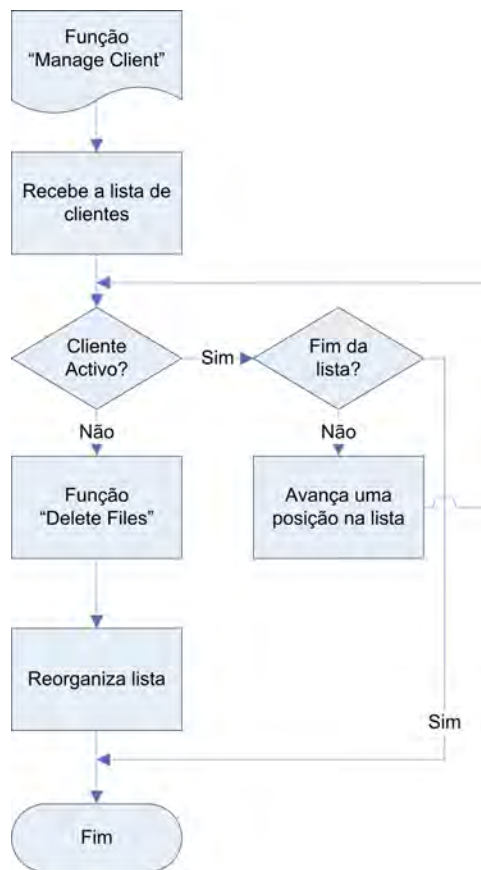
(a) Fluxograma da aplicação "Moodle Com"

(b) Fluxograma da aplicação "Row Manage"

Figura 4.9: Fluxogramas das aplicações arrancadas pelo "Gestor Geral"



(a) Fluxograma da aplicação "Create Files"



(b) Fluxograma da aplicação "Manage Client"

Figura 4.10: Fluxogramas das aplicações auxiliares do "Gestor Geral"

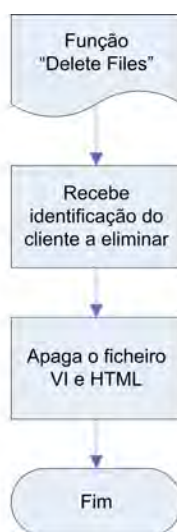


Figura 4.11: Fluxograma da aplicação auxiliar "Delete Files"

### 4.2.3 Gestão de Pedidos

Sempre que um aluno acede no Moodle a uma experiência remota, como referido nos pontos anteriores, é necessário gerar um conjunto de ficheiros, nomeadamente, um VI que será integrado na página *web* em HTML também gerada para o efeito. Assim, para cada aluno, existirão estes dois ficheiros. Devido à arquitectura escolhida para implementar este sistema, é necessário que este VI obedeça a alguns parâmetros, primeiro terá de ser capaz de se articular com a função "Row Manage" para que possa implementar as opções seleccionadas pelo cliente e obter os resultados respectivos, mas também necessita de uma opção de *timeout*. Esta opção, tem por obrigação desligar o cliente caso o aluno não efectue nenhuma implementação dentro de um tempo definido pelo docente, a sessão expira, isto é essencial para evitar que o cliente permaneça a correr indefinidamente caso o aluno encerre a aplicação de forma incorrecta ou simplesmente perca a ligação. Na figura 4.12(a) é apresentada a representação em fluxograma do código desenvolvido.

Voltando à interligação com o "Row Manage", esta é executada pela função "Comunica", figura 4.12(b), esta é chamada sempre que o aluno decide implementar uma qualquer configuração. Sendo a gestão dos pedidos efectuada através de semáforos do sistema, o primeiro passo desta função é agarrar o semáforo 1, este só se encontra disponível caso não esteja a ser implementado nenhum outro conjunto de definições de outro aluno, se estiver ocupado, então toma um lugar na fila e aguarda que todos os pedidos efectuados antes deste sejam atendidos. Assim que consegue agarrar o semáforo, transmite as configurações e recebe os resultados, concluindo o processo largando o semáforo 1 para que outro cliente possa implementar as suas configurações.

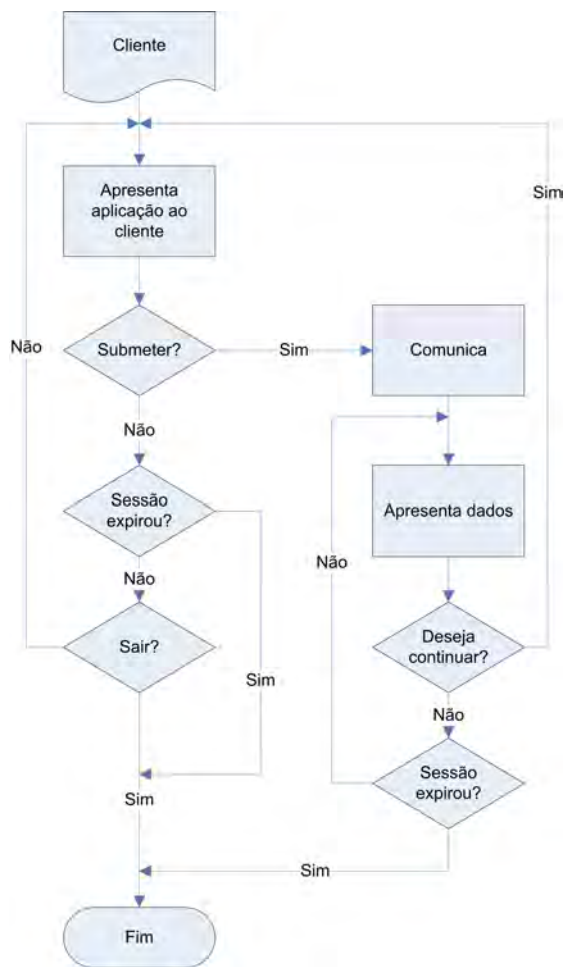
### 4.2.4 Experiência

Para concluir o conjunto de aplicações desenvolvidas em LabVIEW falta apresentar o trabalho desenvolvido do lado da experiência, apesar de ser a aplicação encarregue de implementar, registar e submeter os resultados é uma aplicação bastante simples que se limita a implementar os parâmetros que são remetidos pela função "Row Manage" e retornar à mesma função os resultados obtidos. É assim uma aplicação que se limita a executar o mesmo procedimento a pedido e por tempo indefinido. Pode ser observada uma representação em forma de fluxograma para esta aplicação na figura 4.13.

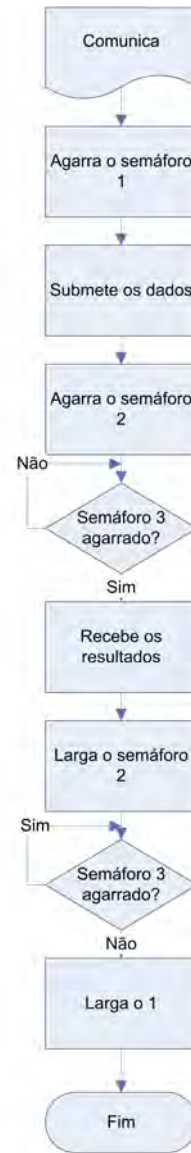
## 4.3 Resumo

Neste capítulo foram abordados e descritos os tópicos relativos ao *software* desenvolvido tanto para Moodle em PHP como em LabVIEW para o servidor de experiências e para a experiência em si. Pela observação dos fluxogramas apresentados é possível concluir que estão criadas todas as condições para que seja possível implementar com sucesso e de forma simples uma experiência de acesso remoto. Ao disponibilizar ao docente um método simples que no Moodle permite adicionar e disponibilizar um

novo recurso acessível aos alunos e tornando transparente a implementação da própria experiência não comprometendo em nada a flexibilidade da implementação que permite reduzir ao mínimo os recursos necessários e maximizar a segurança contra acessos indesejados, estimula-se o desenvolvimento e anulam-se alguns dos principais obstáculos à implementação deste tipo de solução.



(a) Fluxograma da aplicação "Cliente"



(b) Fluxograma da aplicação "Comunica"

Figura 4.12: Fluxogramas da aplicação "Cliente"



Figura 4.13: Fluxograma da aplicação que executa a experiência

# Capítulo 5

## Discussão de resultados

De forma a validar o trabalho apresentado e as decisões tomadas foi seleccionado de entre o conjunto de experiências normalmente elaboradas na disciplina de Electrónica II, uma para implementar no laboratório remoto desenvolvido. É objectivo desta implementação verificar a funcionalidade e resultados obtidos por parte dos utilizadores, resultados que serão comparados com os adquiridos recorrendo à implementação tradicional. Ao longo deste capítulo é também explicada e desenvolvida a experiência escolhida, sendo descritos os passos necessários à sua disponibilização e analisados os resultados obtidos. Por fim, é feita a validação da experiência e da estrutura desenvolvida.

### 5.1 A experiência

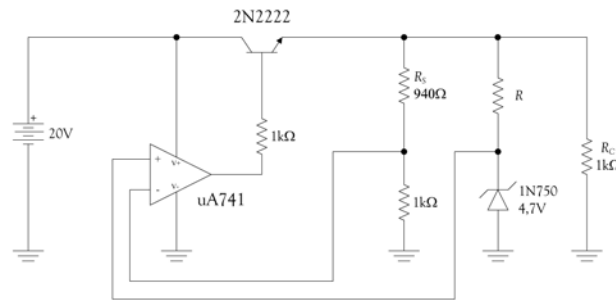
A experiência escolhida, cujo guião se encontra em anexo, é a de um regulador de tensão onde é solicitado ao aluno que implemente um conjunto de passos tais como [15]:

1. Medir tensões;
2. Calcular correntes;
3. Introduzir alterações no circuito;
4. Refazer as medições.

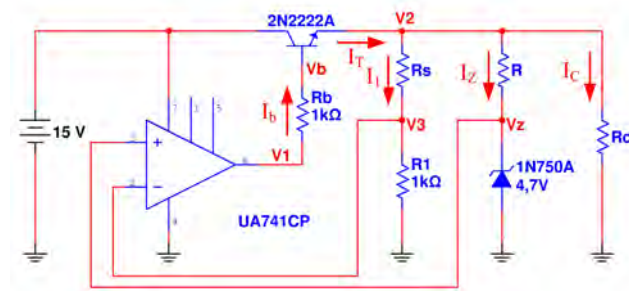
Ao longo deste guião é pedido ao aluno que implemente três esquemas diferentes. Destes três foi escolhido o primeiro, como sendo o mais apropriado para demonstrar todas as potencialidades do trabalho desenvolvido ao invocar várias potencialidades da plataforma, como a medição de tensões e correntes bem como a substituição de componentes por outros de valor diferente. O esquema escolhido encontra-se representado na figura 5.1(a). Todavia foi necessário proceder à alteração da tensão de alimentação do circuito

para que se encaixe dentro das capacidades da estação NI-ELVIS. Assim, este valor passou de 20 para 15 V, isto porque é a tensão máxima que a fonte de alimentação da estação é capaz de fornecer.

O esquema a implementar na aplicação remota é representado na figura 5.1(b).



(a) Esquema do circuito proposto



(b) Esquema do circuito a implementar

Figura 5.1: Montagem proposta e montagem a implementar

### 5.1.1 Seguindo o Guião

De acordo com o guião o aluno deve executar os seguintes passos:

1. Analisar o circuito alvo utilizando o modelo do amplificador operacional ideal, devendo determinar o valor da resistência  $R$  tendo em conta o correcto funcionamento dos componentes do circuito e considerando que tem apenas disponível a série E12 de resistências (1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2 e 10,0);
2. Determinar todos os valores da tensão em todos os nós do circuito e das correntes em todos os seus ramos operacionais;
3. Variando o valor da resistência  $R_S$  de  $940 \Omega$  para  $2,2 \text{ k}\Omega$  recalculer  $R$  e determinar os valores da tensão em todos os nós do circuito e das correntes em todos os ramos operacionais;

4. Para os dois valores da resistência  $R_S$  (940  $\Omega$  e 2,2 k $\Omega$ ) calcular a corrente na resistência  $R_C$  para o valor de 1 k $\Omega$  e para 100  $\Omega$ ;

### Resolução

Resolvendo teoricamente e considerando que o amplificador possui características ideais, assume-se que a impedância aos seus terminais de entrada é infinita. Então:

$$V_3 = V_Z = 4,7 \text{ V} \quad (5.1)$$

Do circuito retira-se que:

$$V_3 = I_1 * R_1 \Leftrightarrow I_1 = \frac{V_3}{R_1} \quad (5.2)$$

Logo:

$$V_2 = I_1 * (R_S + R_1) \Leftrightarrow V_2 = \frac{V_3}{R_1} * (R_S + R_1) \Leftrightarrow V_2 = \frac{V_3 * (R_S + R_1)}{R_1} \quad (5.3)$$

Podemos agora concluir que a expressão que permite determinar  $R$  é:

$$R * I_Z = V_2 - V_Z \Leftrightarrow R = \frac{V_2 - V_Z}{I_Z} \quad (5.4)$$

Depois deste cálculo, pode ser necessário aproximar o valor calculado da resistência a uma das existentes na série E12. Se tal for necessário, a corrente no ramo do Zener será obtida pela expressão:

$$I_{Zreal} = \frac{V_2 - V_Z}{R} \quad (5.5)$$

Também se pode deduzir que a corrente na carga pode ser calculada recorrendo directamente à lei de Ohm:

$$I_C = \frac{V_2}{R_C} \quad (5.6)$$

Estando calculadas todas as correntes, a corrente total será igual à soma das correntes nos ramos, tal que:

$$I_T = I_1 + I_Z + I_C \text{ ou } I_T = I_1 + I_{Zreal} + I_C \quad (5.7)$$

Daqui pode-se determinar que:

$$I_T = (1 + \beta) * i_b \Leftrightarrow i_b = \frac{I_T}{1 + \beta} \quad (5.8)$$

Por fim, a tensão  $V_1$  é o resultado de:

$$V_1 = R_B * i_b + V_{BE} + V_2 \quad (5.9)$$

Tabela 5.1: Valores teóricos para  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = [940; 2200] \Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		$R_S$	
		940 $\Omega$	2,2 k $\Omega$
Valores Teóricos	$V_1$ (V)	9,99	15,95
	$V_B$ (V)	9,82	15,74
	$V_2$ (V)	9,12	15,04
	$V_3$ (V)	4,70	4,70
	$V_Z$ (V)	4,70	4,70
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	169,00	209,00
	$I_1$ (mA)	4,70	4,70
	$I_{Zreal}$ (mA)	20,08	22,00
	$I_C$ (mA)	9,12	15,40
	$I_T$ (mA)	33,90	41,74
	$R$ ( $\Omega$ )	220,90	517,00
	$R_{aproximado}$ ( $\Omega$ )	220	470

Agora que se possuem todas as expressões necessárias à resolução teórica do circuito, é apenas necessário proceder às substituições devidas. Assim, no seguimento dos pontos 2, 3 e 4, considerando após consulta da folha de características do: diodo Zener, uma corrente inversa nominal de 20 mA [16]; transístor, um ganho em tensão contínua, igual a 200, obtêm-se os valores teóricos apresentados na tabela 5.1 para  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$  e na tabela 5.2 para  $R_C = 100 \Omega$ . Convém salientar que nestas tabelas é apresentado o valor exacto que foi calculado para a resistência  $R$ . No entanto, o valor que é usado para os cálculos seguintes é a aproximação aos valores disponíveis na série E12, sendo a aproximação feita por defeito, para que a corrente que percorre o diodo seja superior ao valor nominal garantindo assim que este se encontre na zona de funcionamento de Zener.

Tabela 5.2: Valores teóricos para  $R_C = 100 \Omega$ ,  $R_S = [940; 2200] \Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		$R_S$	
		940 $\Omega$	2,2 k $\Omega$
Valores Teóricos	$V_1$ (V)	10,40	16,63
	$V_B$ (V)	9,82	15,74
	$V_2$ (V)	9,12	15,04
	$V_3$ (V)	4,70	4,70
	$V_Z$ (V)	4,70	4,70
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	580,00	886,00
	$I_1$ (mA)	4,70	4,70
	$I_{Zreal}$ (mA)	20,08	22,00
	$I_C$ (mA)	91,18	150,40
	$I_T$ (mA)	115,96	177,10
	$R$ ( $\Omega$ )	220,90	517,00
	$R_{aproximado}$ ( $\Omega$ )	220	470

### Análise de resultados

Nas tabelas 5.1 e 5.2, para  $R_S = 2,2 \text{ k}\Omega$ , o valor de  $V_1$  assume-se como sendo superior à própria tensão de alimentação do amplificador, o que obviamente não é uma situação possível. Após constatação deste facto, torna-se necessário recalcular os valores para um  $V_1$  máximo que no limite atinge os 15 V. No entanto, um amplificador possui quedas de tensão internas, que podem levar a que exista uma diferença entre a tensão de alimentação e a tensão máxima à sua saída de 1 a 4 V. De forma a aproximar os cálculos teóricos dos valores reais vai-se adoptar o valor de 14 V como sendo  $V_1$  máximo. Ao assumir esta limitação, assume-se também que a equação 5.1 deixa de ser válida. Isto acontece porque o circuito deixa de ser capaz de fornecer corrente suficiente  $I_1$  para que a tensão  $V_3$  atinja os 4,7 V. É então necessário recalcular os valores das tensões e das correntes partindo de princípios diferentes. A forma de o fazer é recorrendo a um sistema de equações que permita calcular o valor de  $V_2$  e de  $i_b$ . Este sistema é obtido manipulando as equações 5.8 e 5.9 tal como se demonstra:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_b = \frac{I_T}{1+\beta} \\ V_1 = R_b * i_b + V_{BE} + V_2 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} i_b = \frac{V_2 + I_Z + I_1}{1+\beta} \\ V_2 = V_1 - R_b * i_b - V_{BE} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} i_b = \frac{V_2 + \frac{V_2}{R} + \frac{V_Z}{R} + \frac{V_2}{R_S + R_1}}{1+\beta} \\ \text{-----} \end{array} \right. \quad (5.10)$$

Agora que se possuem as equações utiliza-se um método iterativo para estimar os valores de  $V_2$  e  $i_b$ . Para dar início ao método arbitra-se um valor inicial para  $V_2$  e calcula-se  $i_b$ . Depois com  $i_b$  calcula-se o novo  $V_2$ , repetindo esta sequência o número de vezes necessárias até obter um valor estável.

Tendo seguido o método, e após apenas três iterações, obtém-se os valores para  $V_2$  e  $i_b$ . Todos os outros valores são calculados partindo destes e os resultados apresentados na

tabela 5.3. Pela análise dos seus valores é possível verificar que a tensão  $V_3$  se encontra próxima do valor desejado de 4,7 V todavia não o atingindo, podendo-se concluir que o sistema perdeu a capacidade de regular a tensão  $V_2$  até ao valor desejado.

Tabela 5.3: Valores teóricos para  $R_C = [100; 1000] \Omega$ ,  $R_S = 2200 \Omega$ ,  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$  e  $V_1 = 14 \text{ V}$

		$R_C$	
		100 $\Omega$	1 k $\Omega$
Valores Teóricos	$V_1$ (V)	14,00	14,00
	$V_B$ (V)	13,66	13,91
	$V_2$ (V)	13,01	13,21
	$V_3$ (V)	4,07	4,13
	$V_Z$ (V)	4,70	4,70
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	337,00	90,00
	$I_1$ (mA)	4,06	4,13
	$I_{Zreal}$ (mA)	17,69	18,11
	$I_C$ (mA)	130,14	13,21
	$I_T$ (mA)	151,89	35,46
	$R$ ( $\Omega$ )	470	470

### 5.1.2 Criar a experiência remota

Assim que se possuem todos os valores teóricos, o passo seguinte é verificar que os mesmos estão dentro das características dos equipamentos de medição da NI-ELVIS. De acordo com o manual [9], o DMM admite tensões entre  $-20$  e  $20 \text{ V}$  e correntes entre  $-250$  e  $250 \text{ mA}$  o que, comporta perfeitamente os valores esperados. Verifica-se também que o DMM não tem sensibilidade suficiente para medir directamente a corrente  $i_b$ . Isto implica que seja medida de forma indirecta de acordo com a equação 5.11.

$$i_b = \frac{V_1 - V_b}{R_b} \quad (5.11)$$

Atendendo a estes factores fica assim assegurado que é possível implementar esta experiência na plataforma e consequentemente disponibilizá-la para acesso remoto.

### Implementação

Antes de passar à montagem da experiência deve-se fazer uma pequena planificação do número e tipo de placas de expansão que vão ser necessárias. Isso deve ser feito em função do número de componentes que o utilizador remoto terá capacidade de alterar e do número e tipo de medições a efectuar. Neste caso particular, o utilizador necessita

de alterar o valor de três componentes, necessitando para o caso das resistências  $R_S$ ,  $R_C$  e  $R$  de dois valores diferentes, [940  $\Omega$ ; 2,2 k $\Omega$ ], [100  $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ] e [220  $\Omega$ ; 470  $\Omega$ ] respectivamente. É ainda necessário medir as tensões em cinco pontos e as correntes em quatro ramos.

Conhecendo as características das placas de expansão, pode-se concluir que é possível responder às necessidades com duas placas na versão de 1 para 4 (cada uma possui dois conjuntos de entradas e saídas independentes) mais uma de 1 para 8. No entanto, é recomendado que se atribuam todas as funções do DMM a placas de 1 para 8, isto para que o sistema fique desde logo habilitado a satisfazer as necessidades de circuitos mais complexos que venham a ser implementados.

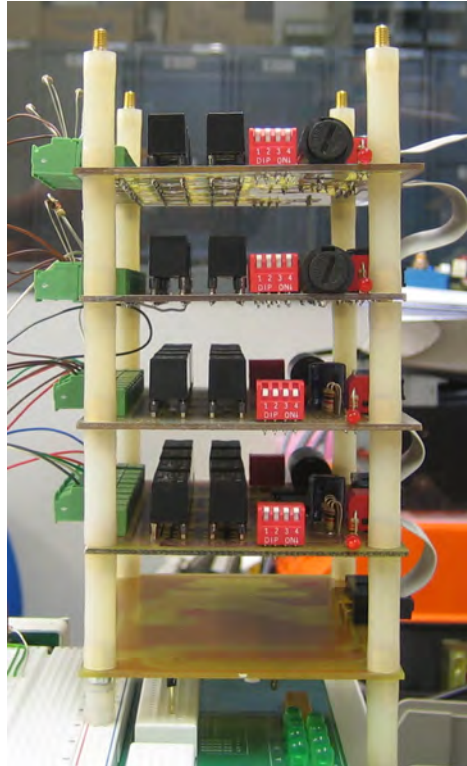
Pode-se colocar agora a questão sobre a facilidade do trabalho uma vez que ao aluno basta seguir os procedimentos referidos e tomar nota dos valores resultantes, isto porque mesmo para as resistências que ele deve dimensionar, a opção já está feita ou então é muito reduzida. A solução para este ponto, pode passar por rentabilizar a placa de expansão acrescentando, por exemplo, mais duas resistências, ficando com os seguintes valores [220  $\Omega$ ; 270  $\Omega$ ; 470  $\Omega$ ; 560  $\Omega$ ]. Desta forma seria possível testar o espírito crítico do aluno e a sua compreensão do circuito, mediante a escolha de aproximar o valor calculado da resistência por defeito ou por excesso. Seria também possível, atribuir à resistência  $R$  um conjunto de 1 para 8 aumentando ainda mais a diversidade dos valores, embora neste caso o interesse nessa solução seja reduzido.

Seguidamente, colocam-se as placas de expansão seleccionadas usando a base desenvolvida para suporte e dispondo preferencialmente as placas de 1 para 8 nos primeiros níveis, sendo seguidas então das de 1 para 4. Estando as placas colocadas é necessário curto-circuitar os terminais normalmente fechados dos relés na placa que será usada para expansão do amperímetro. Para este fim, existem dois blocos de contactos disponíveis que permitem seleccionar esta opção para cada um dos relés individualmente. Estes selectores são visíveis, como se pode ver na figura 5.2(b), nas laterais das placas controlando quatro relés cada um.

Estando as placas colocadas, procede-se à montagem do circuito, colocando onde necessário fios condutores que são depois apertados nos conectores amovíveis e estes encaixados na entrada devida de cada uma das placas de expansão. Estando ligados todos os pontos às placas, chega o momento de colocar os componentes necessários, mais uma vez recorrendo aos conectores amovíveis. A montagem fica completa com a ligação de todas as placas ao barramento de dados e com a selecção do endereço de cada uma. A ligação é feita através de um *flat-cable* e o endereço seleccionado no selector que se encontra imediatamente ao lado. Na figura 5.2(a) é possível observar esta configuração. O aspecto final com todas as placas no devido lugar será semelhante ao apresentado na figura 5.2(b). É ainda apresentada a figura 5.3 onde se pode ver o circuito montado e todo o sistema de apoio das placas de expansão montados na estação NI-ELVIS.



(a) Barramento de dados



(b) Detalhe da montagem final

Figura 5.2: Barramento de dados e aspecto final das placas de expansão

### Controlo da experiência

Estando a montagem implementada é necessária a aplicação em LabVIEW que a vai controlar. Para este fim, foi criado um modelo (ver 4.2.4), que contempla todas as aplicações e controlo das placas, podendo ser necessário alterar apenas os endereços de referência. No entanto, esta alteração só será necessária uma vez, mais precisamente da primeira vez que se dispõem as placas.

### Disponibilização para acesso remoto

É agora necessário disponibilizar a experiência, para isso, como referido no capítulo 4, foi desenvolvido todo o sistema de suporte necessário para a comunicação com o Moodle e para a gestão de clientes e de acesso à experiência. Está também disponível uma aplicação modelo capaz de controlar todos os recursos da estação NI-ELVIS incluindo as placas de expansão e o sinal produzido pelo gerador de funções. Nesta aplicação, também é possível visualizar dois canais de osciloscópio em simultâneo, podendo-se

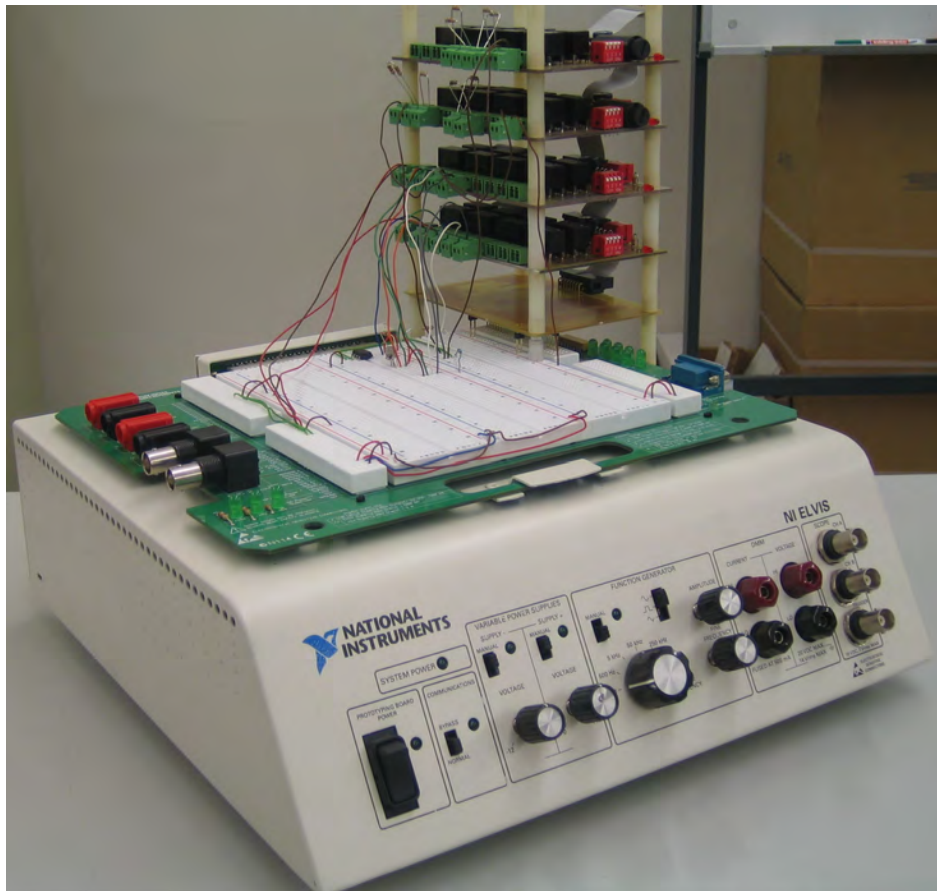


Figura 5.3: Estação NI-ELVIS com placas de expansão e circuito montado

aumentar o número de pontos possíveis de analisar recorrendo às placas de expansão. Salienta-se, ainda, que no caso do gerador de funções também é exequível, recorrendo novamente às placas de expansão, configurar o ponto onde o sinal é injectado no circuito. Inclusivamente, numa das experiências consideradas no desenvolvimento desta dissertação, um circuito somador, é essencial esta característica para que seja possível visualizar as funcionalidades do circuito. Recorrendo às placas de expansão é pois possível configurar onde e que sinal é injectado em cada uma das entradas do circuito, e também permitir a visualização no osciloscópio de todos os pontos de interesse. Este modelo apresenta ainda como vantagem a simplicidade com que pode ser disponibilizada a experiência.

Porém, o seu interface ilustrado na figura 5.4 poderá não ser o mais apropriado para apresentar aos alunos por necessitar de um guião bastante detalhado que indique quais as opções de comando disponíveis e dos resultados apresentados quais os que realmente interessam. Por outro lado, também é possível personalizar o interface, mesmo para um utilizador com poucos conhecimentos de programação em LabVIEW. É apresentado na figura 5.5 um destes interfaces onde só estão disponíveis as opções que interessam e os resultados válidos para esta experiência em concreto. O diagrama de blocos correspondente a esta aplicação também é parcialmente apresentado na figura 5.6(b), realçando as zonas que o administrador terá necessidade de alterar por oposição à figura 5.6(a) onde são apresentadas as configurações modelo. Para concluir, basta copiar este ficheiro para um directório conhecido da aplicação e dando conhecimento do nome à mesma.

### 5.1.3 Comparação de resultados

Após todos estes passos chega a fase de comparação de resultados para validação da experiência. Neste ponto serão comparados os valores teóricos com os medidos localmente com um multímetro e os fornecidos pela experiência remota. São de esperar algumas diferenças entre os teóricos e os práticos devido à não idealidade dos componentes, tolerâncias e sobretudo pelo valor do  $\beta$  entre outros. Entre os práticos e os remotos, também são de esperar diferenças devido aos erros associados a cada uma das medições de acordo com as especificações dos equipamentos.

Nas tabelas 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 são comparados os valores teóricos, os valores medidos localmente e os valores retornados através da experiência remota.

Após análise de todos os valores, verifica-se que os resultados obtidos localmente são muito próximos dos obtidos através da instrumentação remota, confirmando-se apenas a existência das diferenças já esperadas. Este factor é essencial porque permite validar a experimentação remota, dando segurança ao administrador de que serão retornados valores fidedignos a qualquer utilizador para que este os possa comparar com os teóricos.

Resultados

Tensões registadas		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0	10,606	10,4576	9,84921	5,08151	5,07927	-0,00377	-0,00394	-0,00389	

Correntes registadas		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
0	0,03624	0,00450	0,02078	0,00930	0,00021	0,00019	0,00019	0,00019	

ELVIS/ Canal A ChA

ELVIS/ Canal B Gen

Sessão expira em:  
00:44:56

Submeter

Sair

Endereço 6  
1/2

0  OFF

1  OFF/ON

2  OFF/ON

3  OFF/ON

4  OFF/ON

Endereço 6  
2/2

0  OFF

1  OFF/ON

2  OFF/ON

3  OFF/ON

4  OFF/ON

Canal A

Fonte: BNC/Board CH A

Gama (V): 10      Acoplamento: DC

Offset (V): 0

Canal B

Fonte: BNC/Board CH B

Gama (V): 2,5      Acoplamento: DC

Offset (V): 0

Horizontal

Taxa de amostragem (S/s): 100k

Número de amostras: 2,5k

Tipo de aquisição: N Samples

Endereço 8  
1/2

0  OFF

1  OFF/ON

2  OFF/ON

3  OFF/ON

4  OFF/ON

Endereço 8  
2/2

0  OFF

1  OFF/ON

2  OFF/ON

3  OFF/ON

4  OFF/ON

Gerador de Sinal

Tipo: Sine

Amplitude (V): 2

DC Offset (V): 0,00

Frequência (Hz): 100

Fontes de Tensão Reguláveis

Tensão + (V): 0

Tensão - (V): 0

Figura 5.4: Interface genérico

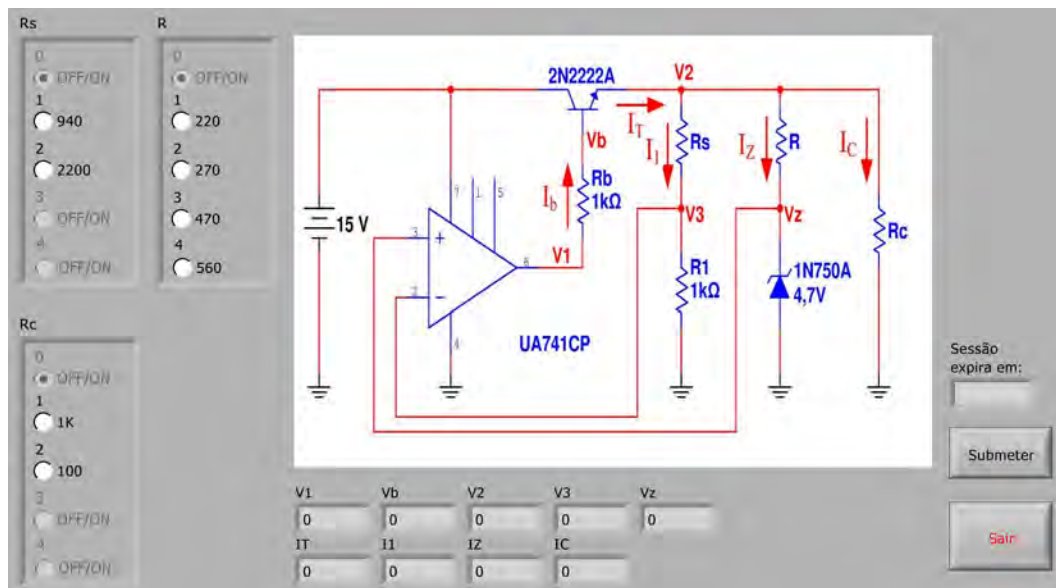
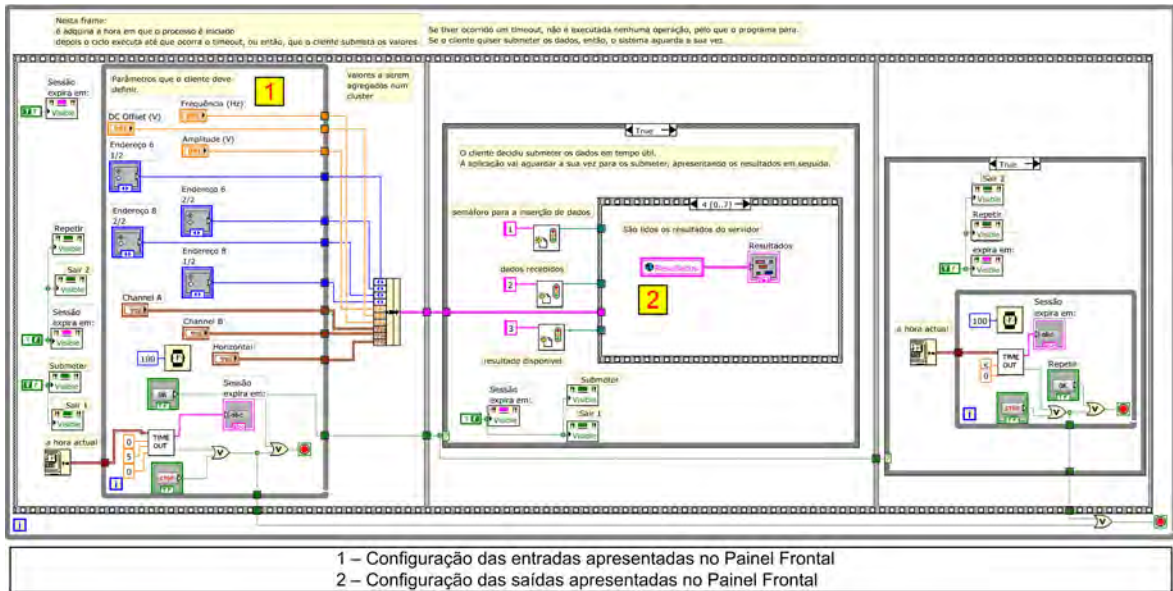
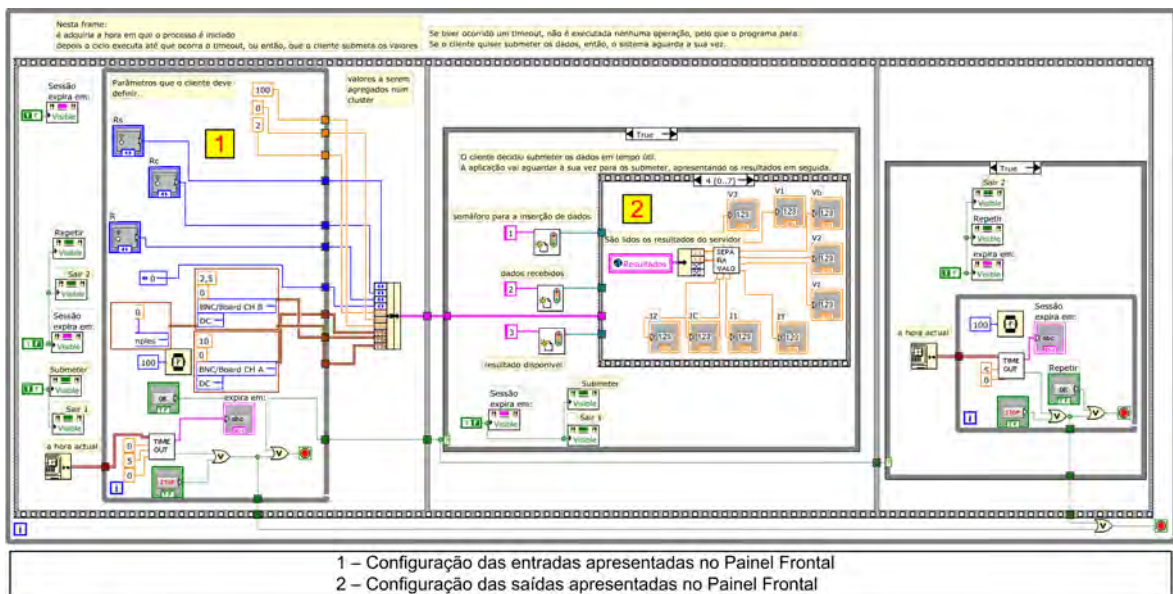


Figura 5.5: Interface personalizado



(a) Diagrama de blocos modelo



(b) Diagrama de blocos personalizado

Figura 5.6: Diagramas de blocos possíveis

Tabela 5.4: Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = 940 \text{ }\Omega$ ,  $R = 220 \text{ }\Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		Valores		
		Teóricos	Práticos	Remotos
Medidas	$V_1$ (V)	9,99	9,45	9,44
	$V_b$ (V)	9,82	9,32	9,31
	$V_2$ (V)	9,12	8,76	8,82
	$V_3$ (V)	4,70	4,49	4,53
	$V_Z$ (V)	4,70	4,49	4,53
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	169,00	132,00	130,00 <sup>1</sup>
	$I_1$ (mA)	4,70	4,51	4,92
	$I_{Zr}$ (mA)	20,08	19,36	19,50
	$I_C$ (mA)	9,12	8,76	9,19
	$I_T$ (mA)	33,90	32,63	33,33

Tabela 5.5: Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = 2200 \text{ }\Omega$ ,  $R = 470 \text{ }\Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		Valores		
		Teóricos	Práticos	Remotos
Medidas	$V_1$ (V)	14,00	14,49	14,57
	$V_b$ (V)	13,79	14,29	14,36
	$V_2$ (V)	13,09	13,60	13,72
	$V_3$ (V)	4,09	4,23	4,27
	$V_Z$ (V)	4,70	4,48	4,53
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	208,00	200,00	210,00 <sup>1</sup>
	$I_1$ (mA)	4,09	4,25	4,50
	$I_{Zr}$ (mA)	17,85	19,34	19,93
	$I_C$ (mA)	13,09	13,60	14,01
	$I_T$ (mA)	35,04	37,19	37,90

<sup>1</sup>Tal como é referido no ponto 5.1.2 o DMM não possui sensibilidade suficiente para efectuar a medição directa deste valor, assim é calculado indirectamente usando a expressão 5.11.

Tabela 5.6: Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para  $R_C = 100 \Omega$ ,  $R_S = 940 \Omega$ ,  $R = 220 \Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		Valores		
		Teóricos	Práticos	Remotos
Medidas	$V_1$ (V)	10,40	9,57	9,66
	$V_b$ (V)	9,89	9,13	9,22
	$V_2$ (V)	9,12	8,78	8,46
	$V_3$ (V)	4,70	4,50	4,53
	$V_Z$ (V)	4,70	4,50	4,53
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	580,00	424,00	440,00 <sup>1</sup>
	$I_1$ (mA)	4,70	4,52	4,90
	$I_{Zr}$ (mA)	20,08	19,31	19,53
	$I_C$ (mA)	91,18	87,80	87,11
	$I_T$ (mA)	115,96	111,63	114,41

Tabela 5.7: Relação entre valores teóricos, práticos e remotos para  $R_C = 100 \Omega$ ,  $R_S = 2200 \Omega$ ,  $R = 470 \Omega$  e  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

		Valores		
		Teóricos	Práticos	Remotos
Medidas	$V_1$ (V)	14,00	14,26	14,33
	$V_b$ (V)	13,23	13,30	13,33
	$V_2$ (V)	12,65	12,71	12,78
	$V_3$ (V)	3,95	3,95	3,97
	$V_Z$ (V)	4,70	4,46	4,50
	$I_b$ ( $\mu\text{A}$ )	766,00	960,00	1000,00 <sup>1</sup>
	$I_1$ (mA)	3,95	3,95	4,25
	$I_{Zr}$ (mA)	16,91	17,40	17,90
	$I_C$ (mA)	126,49	127,10	129,35
	$I_T$ (mA)	147,36	148,46	149,63

<sup>1</sup>Tal como é referido no ponto 5.1.2 o DMM não possui sensibilidade suficiente para efectuar a medição directa deste valor, assim é calculado indirectamente usando a expressão 5.11.

## 5.2 Resumo

Concluídos todos os passos necessários para que seja disponibilizada a experiência remota desejada, seja utilizando as aplicações modelo de uso genérico ou adaptando estas e criando de forma simples soluções personalizadas e amigas do utilizador, é então possível passar à fase de teste e validação da estrutura implementada e principalmente dos resultados que são retornados aos utilizadores. Nesta fase, o administrador deve possuir os valores teóricos esperados para servirem de referência e seguindo o procedimento indicado para a experiência em causa registar todos os valores de interesse usando o interface remoto e simultaneamente medindo os valores no local. No fim, comparando todos os valores e verificando que possíveis diferenças se encontram dentro do esperado é possível validar a experimentação remota e torná-la acessível aos utilizadores.

# Capítulo 6

## Conclusão

Para esta dissertação foram propostos vários objectivos a serem atingidos dos quais se destaca o desenvolvimento, construção e validação em ambiente LabVIEW de uma plataforma remota que permita a definição, controlo e observação de circuitos electrónicos. Neste sentido foram estudadas várias soluções possíveis e de entre elas seleccionada e implementada a que melhor se adapta e que mais amplia as capacidades que se pretendem disponibilizar para acesso remoto. Recorrendo à plataforma de desenvolvimento NI-ELVIS e tendo vencido as dificuldades inerentes ao reduzido espaço disponível e à falta de suporte, mantendo ainda uma grande modularidade, os dispositivos de expansão foram imaginados, concebidos e construídos de raiz para satisfazer este fim.

Outro intuito desta dissertação passa pela definição da interface de configuração do circuito, da aplicação de estímulos de entrada e da visualização das saídas. Com este intento foi desenvolvida com sucesso uma aplicação que, embebida numa página *Web*, permite controlar uma série de recursos tão variados como o gerador de sinais e as placas de expansão, enquanto simultaneamente permite visualizar valores provenientes do multímetro, sejam tensões ou correntes, e de dois canais de osciloscópio.

Não esquecendo ainda a orientação para o apoio à leccionação de disciplinas da área da electrónica, foi possível verificar que, recorrendo a pequenas alterações impostas pelas limitações da plataforma NI-ELVIS em termos de tensões e correntes de alimentação, é possível implementar, como se demonstrou, os guiões já existentes da disciplina de referência, *Electrónica II*.

No sentido de disponibilizar de forma simples todos estes conteúdos, as ferramentas foram integradas num módulo para Moodle que depois de instalado expande as funcionalidades desta plataforma. Aqui é possível disponibilizar os referidos guiões e permitir o acesso às experiências preenchendo apenas os dados requeridos pelo módulo. Recorrendo ao Moodle, já implementado e bastante difundido no ISEP e na FEUP, simplifica-se também a tarefa de gestão dos acessos uma vez que este já suporta estas funções.

Todavia, o trabalho apresentado não se limita às placas de expansão ou ao módulo para Moodle. Também foi objecto de estudo e desenvolvimento toda uma estrutura nova capaz de gerir as necessidades por parte de um elevado número de utilizadores em

simultâneo que acedem de forma concorrente a uma experiência, tendo-se procedido ao seu teste e posterior validação.

Ainda no contexto desta dissertação e no sentido de prosseguir com a evolução do trabalho desenvolvido, será de todo o interesse substituir o sistema de comunicação entre o Moodle e o servidor de experiências que se baseia em *sockets* por um sistema baseado em serviços *Web* do tipo XML-RPC ou outro semelhante. Outra evolução passará pelo adicionar de um conector em cada uma das placas de expansão que permita a reprogramação dos microcontroladores caso seja necessário. Por fim, de forma a melhorar a robustez da aplicação, será de todo o interesse expandir a capacidade de tratamento de erros, alargando a já existente que trata os mais comuns, e que, quando não é capaz de os tratar, regista a ocorrência num ficheiro de texto com o máximo de informação possível.

Em suma, ponderados todos os aspectos referidos nos vários capítulos desta dissertação é possível distinguir este trabalho pela inovação de criar uma plataforma genérica e extremamente flexível onde, com bastante simplicidade, se pode disponibilizar um conjunto bastante alargado de experiências, dentro da área da electrónica.

# Bibliografia

- [1] WOOD, E. J. - Problem-Based Learning: Exploiting Knowledge of how People Learn to Promote Effective Learning - Bioscience Education e-journal, [Em linha], Volume 3, 2004. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.bioscience.heacademy.ac.uk/journal/vol3/beej-3-5.pdf>>.
- [2] FORINASH, Kyle; WISMAN, Raymond - Building real laboratories on the internet - International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, [Em linha], Volume 15, ISSUE 1, 2005, pp. 56-66. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://homepages.ius.edu/RWISMAN/B438/HTML/paper.doc>>. ISSN 1560-4624.
- [3] Simulearn - [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: [http://www.simulearn.net/leadership\\_training/leadership\\_training.html](http://www.simulearn.net/leadership_training/leadership_training.html)>.
- [4] HARWARD, V. Judson; ALAMO, Jesús A. del; CHOUDHARY, Vijay S.; DELONG, Kimberley; HARDISON, James L.; LERMAN, Steven R.; NORTH-RIDGE, Jedidiah; TALAVERA, Daniel; VARADHARAJAN, Charuleka; WANG, Shaomin; YEHA, Karim; Zych, David - iLab: A Scalable Architecture for Sharing Online Experiment - International Conference on Engineering Education, [Em linha], 2004, [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://icampus.mit.edu/iLabs/Architecture/downloads/downloadFile.aspx?id=3>>.
- [5] SELMER, A.; KRAFT, M.; MOROS, R.; COLTON, C. K. - Weblabs in Chemical Engineering Education. Trans IChemE, Part D, Education for Chemical Engineers, [Em linha], Volume 2, Issue 1, 2007, pp. 38-45. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://como.cheng.cam.ac.uk/publications/EFCE-2-38-45.pdf>>. ISSN 1749-7728.
- [6] CHU, Michael; NGUYEN, Hoang-Phong - Photovoltaic Station @ MIT, [Em linha], 2001. [Consult. Agosto 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://pvbase.mit.edu/cgi-bin/index.py>>.
- [7] OLIVEIRA, J. C. de; SHIRMOHAMMADI, S.; GEORGANA, N. D. - Collaborative Virtual Environment standards: a performance evaluation, [Em linha], Distributed Interactive Simulation and Real-Time Applications Proceedings, 3rd IEEE International Workshop, 1999, pp 14-21. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.lncc.br/jauvane/papers/CVE-IEEE-DIS-RT99.pdf>>, ISBN 0-7695-0459-0.

- [8] BOA-VENTURA, Ana Isabel Gandara - Communication on the Web: the features we want for collaboration. ALVES, José Augusto; CAMPOS, Pedro; BRITO, Pedro Quelhas - O futuro da internet: estado da arte e tendências de evolução, Lisboa, Centro Atlântico, 1999. ISBN 972-8426-08-9. pp. 19-24.
- [9] National Instruments - NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) - Hardware User Manual, [Em linha], Issue 373363D-01, 2006. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373363d.pdf>>.
- [10] MAXIM - MAX5160, [Em linha], Issue 19-1435, Rev. 2a, 2001. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX5160-MAX5161.pdf>>.
- [11] FARNELL - [Em linha], [Consult. Agosto 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.farnell.com>>.
- [12] Moodle - [Em linha], [Consult. Agosto 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.moodle.org>>.
- [13] STONES, Chris B.; CORDELLA, Daniele; LAFUENTE, Eloy; FOSTER, Helen; MILLER, Howard; DOUGIAMAS, Martin; RUSSO, Robert - New Module, [Em linha], 2007, actual. 15 Oct. 2008. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://tracker.moodle.org/browse/CONTRIB-52>>.
- [14] National Instruments - *Plug-in*, [Em linha], Versão 8.5.1 para Windows, Linux e Mac OS, 2008. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: <http://joule.ni.com/nidu/cds/fn/p/sn/n14:en,n17:runtime,n23:4.28.5000/sb/-nigenso1/lang/en>>.
- [15] GERICOTA, Manuel Gradim de Oliveira - Proposta de trabalho nº2, Electrónica II, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2007/2008.
- [16] 1N750. Datasheet, Micro Commercial Components, [Em linha] Rev. 10, actual. 1 Mar. 2008. [Consult. 18 Nov. 2008]. Disponível em WWW: <URL: [http://61.222.192.61/mccsemi/up\\_pdf/1N746-1N759\(DO-35\).pdf](http://61.222.192.61/mccsemi/up_pdf/1N746-1N759(DO-35).pdf)>.

# Anexos

Devido à quantidade e diversidade dos anexos, estes foram agregados e estão disponíveis em suporte digital que segue juntamente com a dissertação. Para a sua visualização necessita apenas de um computador com capacidade de leitura do suporte e de *software* capaz de abrir documentos em formado PDF.

Lista de anexos:

1. Manual da estação NI\_ELVIS;
2. Esquemas da placa de base, de 1 para 4 e de 1 para 8;
3. Implementação em PCB de vários esquemas;
4. Controladores para as placas: 1 para 4 e 1 para 8;
5. Módulo base distribuído pela comunidade;
6. Módulo “ontheweb”;
7. Guião do trabalho experimental.