Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Ricardo Jorge Guedes da Silva Nunes da Costa

Infra-estrutura laboratorial para experimentação remota

MEEC
Porto, 2003

Ricardo Jorge Guedes da Silva Nunes da Costa
Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela FEUP

Infra-estrutura laboratorial para experimentação remota

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
(área de Informática Industrial)

Dissertação realizada sob
orientação dos
Professor Doutor José Manuel Martins Ferreira,
do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
e
Doutor Gustavo Ribeiro da Costa Alves,
do Departamento de Engenharia Electrotécnica
do Instituto Superior de Engenharia do Porto

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

PORTO, JUNHO DE 2003

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
N.º 79567
CDU 004(043)
Data 17/12/2003

Aos meus Pais.

Resumo

Palavras chave:

Educação à distância, aprendizagem electrónica, laboratórios remotos.

A evolução tecnológica dos últimos anos na área da comunicação tem contribuído consideravelmente para uma globalização do conhecimento. Das tecnologias existentes, destacam-se os computadores que interligados através de *Intranets* ou através da *Internet*, têm contribuído para a transmissão de informação entre locais geograficamente distantes. Além da flexibilidade fornecida aos diferentes utilizadores no acesso à informação, destacam-se ainda os recursos multimédia disponibilizados para a sua apresentação, que permitem tornar mais atraentes os conteúdos.

Torna-se assim evidente a importância e o contributo que a tecnologia, nomeadamente os computadores e a *Internet,* podem ter na melhoria da qualidade do ensino e consequentemente na aprendizagem. Neste contexto, já existem muitos ambientes de ensino e aprendizagem capazes de fornecer os meios necessários para que professores possam levar aos alunos cursos à distância, com resultados pedagógicos semelhantes aos obtidos em salas de aula tradicionais. Embora estes ambientes incluam mecanismos para disponibilizar e gerir conteúdos, bem como sistemas de gestão e de avaliação, e ainda ferramentas de comunicação que permitem a interacção entre alunos (a trabalhar em diferentes computadores) de forma semelhante à das salas de aula tradicionais, nenhum deles inclui ferramentas capazes de contemplar algumas das necessidades dos cursos tecnológicos, nomeadamente os ligados às ciências e engenharias, onde a componente prática é fundamental. O projecto europeu PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) teve por base esta limitação e foi concebido com o objectivo de criar infra-estruturas laboratoriais remotas capazes de disponibilizar um conjunto de experiências em várias áreas científicas. O trabalho descrito nesta dissertação teve por objectivo o desenvolvimento de uma destas infra-estruturas, que permite a realização de experiências remotas no ramo da electrónica, nomeadamente a programação de circuitos baseados em microcontroladores, introdução ao projecto e teste

de sistemas digitais em FPGAs, e teste de circuitos compatíveis com as normas IEEE 1149.1 e 1149.4. Foi também desenvolvido um sistema de gestão que permite controlar os acessos dos alunos a este laboratório remoto, permitindo a reserva antecipada dos recursos pretendidos e ainda a manutenção da infra-estrutura laboratorial remota, fornecendo a um administrador a possibilidade de gerir clientes e experiências.
Por fim, realizaram-se dois conjuntos de sessões de validação com alunos (envolvendo duas das três experiências suportadas), para tirar conclusões sobre o sistema desenvolvido, bem como uma demonstração a pessoal docente e investigador, com o mesmo objectivo.

Abstract

Keywords: Distance education, *e-learning*, remote laboratories.

Recent trends in communication technologies contributed significantly to knowledge globalisation as we know it today. The *Internet* and all types of *Intranets* play an important role in this context, by enabling an almost immediate exchange of information among people in different geographical locations. On the other hand, multimedia technologies enabled a far more attractive format for the same contents.
Altogether, computers and the *Internet* were able to improve education activities in many aspects, including flexibility and pedagogical effectiveness. Currently available *e-learning* platforms provide the required tools to support distance delivery of educational contents, with overall results similar to those achievable in conventional classroom settings. Although these tools support a wide range of teaching and learning activities, including content management and delivery, and also course management and student assessment, as well as synchronous and asynchronous communication resources to enable student interaction irrespective of their location, none has so far provided a satisfactory solution to a fundamental requirement in science and engineering courses: remote access to laboratory facilities. The European project PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) was conceived to overcome this restriction, by developing a set of remote laboratory infrastructures able to support practical experiments over the web, in several scientific domains. The work described in this dissertation addressed the development of one of these infrastructures, and enables remote access to an electronics workbench supporting experiments in three areas: microcontroller-based circuits, FPGA-based introductory logic design, and test of IEEE 1149.1 and 1149.4 circuits. A scheduling/booking application was also developed to support management of the remote workbench, enabling the students to book one-hour sessions and the instructors/technicians to manage experiments and control user access.

Two validation sessions were carried out with students accessing the remote workbench and two of the three experiments, followed by a demonstration session to teaching staff with the objective of evaluating the proposed solutions in terms of usability and pedagogical effectiveness.

Résumé

Mots clés: Education à la distance, apprentissage électronique, laboratoires lointains.

L'évolution technologique dans les dernières années dans le secteur des communications a contribuée d'une façon considérable à une globalisation de la connaissance. Parmi les technologies actuelles on met en évidence les ordinateurs qui inter-liés à travers des *Intranets* ou à travers l'*Internet*, ont contribué à la transmission d'information entre lieux géographiquement éloignés. Au-delà de la flexibilité fournie aux différents utilisateurs dans l'accès à l'information, sont aussi mit en évidence les ressources multimédia disponibles pour leur présentation, qui rendent les contenus plus attractifs.

Ainsi, il est parfaitement visible l'importance et l'apport que la technologie, nommément les ordinateurs et l'*Internet* peuvent avoir dans l'amélioration de la qualité de l'enseignement et en conséquence de l'apprentissage. Dans ce contexte, il y a déjà plusieurs ambiances d'enseignements et d'apprentissages capables de fournirent les moyens nécessaires pour que les professeurs puissent mener aux élèves des cours à distance, avec des résultats pédagogiques comparables à ceux qui sont enseignés dans les classes traditionnelles. Bien que ces ambiances incluent des mécanismes pour disposer et gérer des contenus, ainsi que des systèmes de gestion et d'évaluation, et aussi des outils de communication qui permettent l'interaction entre élèves (à travailler en différents ordinateurs) de façon similaire à des classes traditionnelles, aucun d'entre eux incluent des outils capables de sauvegarder quelques-unes des nécessités des cours technologiques, nommément ceux liés aux sciences et ingénierie, où la partie pratique est fondamentale. Le projet européen PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning)* a eu comme base cette limitation et a été conçu avec l'objectif de créer des infrastructures des laboratoires lointains capables de mettre à la disposition un ensemble d'expériences dans divers secteurs scientifiques. Le travail décrit dans cette dissertation a eu comme objectif le développement d'une de ces infrastructures, qui permet la réalisation d'expériences lointaines dans la branche de

l'électronique, nommément la programmation de circuits basés en micro-contrôleurs, introduction au projet et teste de systèmes digitaux en FPGAs, et teste de circuits IEEE 1149.1 et 1149.4. Il a été aussi développé un système de gestion qui donne la possibilité de contrôler les accès des élèves à ce type de laboratoire lointain, permettant la réserve anticipée des ressources prétendues et aussi la maintenance de l'infrastructure laboratoire lointain donnant la possibilité a un administrateur de gérer clients et expériences.

Finalement ont été réalisés deux groupes de sessions de validation avec les élèves, afin de retirer des conclusions sur le système développé et sur deux des trois expériences proposées, bien qu'une démonstration aux corps professoral et investigateur, avec le même objectif.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com a contribuição de um conjunto de pessoas e instituições a quem devo os meus mais sinceros agradecimentos e aos quais não poderia deixar de fazer referência.

- Em particular destaco o Professor Doutor José Manuel Martins Ferreira e o Doutor Gustavo Ribeiro da Costa Alves na qualidade de orientadores. Ambos foram indispensáveis para a realização deste trabalho, quer pela orientação científica dada quer pelo incentivo e motivação que sempre procuraram transmitir.

- A todos os colegas do laboratório de Projecto e Teste de Sistemas Electrónicos, em particular ao António Cardoso, Eng. Domingos Santos, Eng. Miguel Silva, Eng. Telmo Amaral e à Dr.ª Inês Cambeiro.

- À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em particular aos elementos do CICA (Centro de Informática Prof. Correia de Araújo) que se mostraram sempre disponíveis para a resolução de problemas informáticos, e ao GAUTI (Gabinete de Apoio à Utilização das Tecnologias de Informação) pela cedência de material.

- Às várias instituições Europeias que constituíram o consórcio PEARL, pelas contribuições dadas para a realização deste trabalho.

- A todos os amigos que demonstraram interesse e me incentivaram durante o desenvolvimento do trabalho e escrita da dissertação.

- E por fim, a toda a minha família por toda a compreensão manifestada em inúmeras ocasiões.

Índice

Capítulo 1: Introdução 1

1.1 Enquadramento e motivação 1

1.2 Estrutura e organização 3

Capítulo 2: E-learning 5

2.1 Tecnologia e modelos de aprendizagem 5
- 2.1.1 Evolução histórica 6
- 2.1.2 A importância dos modelos de aprendizagem 8
- 2.1.3 Apoio a actividades colaborativas 11

2.2 Funcionalidade dos ambientes de e-learning 14
- 2.2.1 Disponibilização de conteúdos 15
- 2.2.2 Gestão administrativa 17
- 2.2.3 Gestão da aprendizagem e avaliação 18

2.3 Breve caracterização do estado da tecnologia 20
- 2.3.1 Elementos comparativos 21
- 2.3.2 Principais limitações 24

2.4 Sumário 25

Capítulo 3: Experimentação remota via Web 27

3.1 Vantagens e desvantagens da experimentação via Web 27
- 3.1.1 Flexibilidade e partilha de recursos 28
- 3.1.2 Experimentação x Simulação 31
- 3.1.3 Complemento x substituição do acesso ao laboratório 33
- 3.1.4 Custos envolvidos (experiência x infra-estrutura) 35

3.2 Importância das ferramentas de comunicação 36
- 3.2.1 Trabalho cooperativo, aprendizagem colaborativa 37
- 3.2.2 Comunicação síncrona e assíncrona 38

3.3 Arquitectura de uma ILR 40
- 3.3.1 A camada lógica de uma ILR 41
- 3.3.2 A camada física de uma ILR 44

3.4 O projecto PEARL 47
3.4.1 Áreas de trabalho 47
3.4.2 Contribuição da FEUP 48
3.5 Sumário 51

Capítulo 4: O laboratório remoto 53
4.1 Interfaces dos componentes individuais 53
4.1.1 Instrumentos de teste e medição 54
4.1.2 Controladores dedicados e WebCam 58
4.1.3 Aspectos de desenvolvimento 63
4.2 Interfaces dos ambientes experimentais 67
4.2.1 8051 Microcontroller 68
4.2.2 Introductory logic design 73
4.2.3 IEEE 1149.x test Std. 78
4.2.4 Aspectos de desenvolvimento 82
4.3 Ferramenta de trabalho cooperativo 83
4.4 Sumário 86

Capítulo 5: Gestão de acessos ao laboratório remoto 87
5.1 Especificação 87
5.2 Páginas do cliente 89
5.2.1 Página de entrada 89
5.2.2 Processo de registo 92
5.2.3 Processo de reserva 93
5.2.4 Acesso às experiências 95
5.2.5 Aspectos de desenvolvimento 96
5.3 Páginas do administrador 104
5.3.1 Página de entrada 105
5.3.2 Acesso aos clientes 105
5.3.3 Definição ou consulta das experiências disponíveis 109
5.3.4 Gestão de reservas 112
5.3.5 Aspectos de desenvolvimento 114
5.4 Acessibilidades 115
5.5 Sumário 117

Capítulo 6: Validações experimentais 119
6.1 Objectivos 120
6.2 IEEE 1149.x test Std. – Validação intermédia 120
6.2.1 Preparação e realização das sessões experimentais 121
6.2.2 Validação técnica 125
6.2.3 Validação funcional 127

6.3 8051 Microcontroller – Validação final 129
6.3.1 Preparação e realização das sessões experimentais 130
6.3.2 Validação técnica 145
6.3.3 Validação funcional 148
6.4 Demonstração a docentes/investigadores da FEUP 151
6.5 Sumário 153

Capítulo 7: Conclusão 155
7.1 Principais dificuldades e limitações 156
7.2 Perspectivas de desenvolvimento 157

Referências 161

Anexos 171

Índice de figuras

Figura 2.1: Convergência entre paradigmas educacionais. 8

Figura 2.2: Etapas comuns dos modelos de ensino/aprendizagem. 9

Figura 2.3: Ambientes/sistemas de *e-learning*. 13

Figura 2.4: Funcionalidades de um VLE. 15

Figura 3.1: Acesso a equipamentos remotos. 29

Figura 3.2: Cooperação entre instituições de ensino na disponibilização de experiências remotas. 30

Figura 3.3: Relação entre simulação e a experimentação. 33

Figura 3.4: A experimentação remota salvaguarda exclusivamente a realização da experiência. 34

Figura 3.5: Opção por controlo remoto ou local com base nos custos da ILR/experiência. 35

Figura 3.6: Relação entre a aprendizagem colaborativa e o trabalho cooperativo. 38

Figura 3.7: Arquitectura cliente-servidor utilizada no acesso a uma ILR. 40

Figura 3.8: Camada física e camada lógica utilizadas no desenvolvimento de uma ILR. 41

Figura 3.9: Controlo síncrono e assíncrono de uma ILR. 42

Figura 3.10: Modelo utilizado na camada lógica para gestão de uma ILR. 44

Figura 3.11: Interligação de equipamentos numa ILR. 44

Figura 3.12: Replicação de toda a ILR ou só das experiências e dos respectivos equipamentos. 45

Figura 3.13: Sistema de comutação que permite a partilha de várias experiências numa ILR. 46

Figura 3.14: Diagrama da ILR implementada na FEUP. 48

Figura 3.15: Tecnologias de *software* utilizadas na implementação da ILR da FEUP. 51

Figura 4.1: Grupo de interfaces para controlo e monitorização do laboratório remoto. 54

Figura 4.2: Painel de controlo do osciloscópio. 55

Figura 4.3: Painel para visualização dos sinais de entrada do osciloscópio. 56

Figura 4.4: Interface para controlo do gerador de funções. 56

Figura 4.5: Interface para controlo do multímetro digital. 57

Figura 4.6: Interface do *Explorer*. 59

Figura 4.7: Interface para programação da carta de demonstração constituída pelo μC8051. 60

Figura 4.8: Interface para configuração da FPGA. 61

Figura 4.9: Interface para estímulo/leitura de pinos de I/O do μC8051 61

Figura 4.10: Interface para estímulo/leitura de pinos de I/O da FPGA. 62

Figura 4.11: Interface referente à WebCam. 63

Figura 4.12: Camadas de *software* utilizadas no controlo do sistema PXI. 64

Figura 4.13: Exemplo do VI e da interface criada para controlar o gerador de funções. 64

Figura 4.14: Tipo de interfaces para interacção com o *hardware* remoto (carta de demonstração). 65

Figura 4.15: Conjunto de DLLs utilizadas no acesso a recursos do sistema PXI. 66

Figura 4.16: Captura e disponibilização das imagens de sinais do osciloscópio e do laboratório. 67

Figura 4.17: Interface do ambiente experimental *8051 Microcontroller*. 69

Figura 4.18: Diagrama de blocos da carta de demonstração utilizada em experiências baseadas no μC8051. 70

Figura 4.19: Experiência controlada pelo ambiente experimental *8051 Microcontroller*. 71

Figura 4.20: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração com o μC8051. 71

Figura 4.21: Ligações das portas série e paralela com a carta de demonstração e endereços de memória usados no controlo da porta paralela do controlador PXI. 72

Figura 4.22: Ligações entre as portas I/O do controlador BST e a porta 1 do μC8051. 72

Figura 4.23: Interface do ambiente experimental *Introductory logic design*. 74

Figura 4.24: Diagrama de blocos da carta de demonstração utilizada em experiências baseadas na FPGA XCV 100E. 75

Figura 4.25: Experiência controlada pelo ambiente experimental *Introductory logic design* 75

Figura 4.26: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração com a FPGA. 76

Figura 4.27: Ligações entre o controlador BST e a carta de demonstração com a FPGA. 77

Figura 4.28: Ligação entre o sinal de relógio e a carta de demonstração com a FPGA. 77

Figura 4.29: Diagrama de blocos da carta de demonstração com a infra-estrutura IEEE 1149.4. 79

Figura 4.30: Interface do ambiente experimental *IEEE 1149.x test Std.* 80

Figura 4.31: Experiência controlada pelo ambiente experimental *IEEE 1149.x test Std.* 81

Figura 4.32: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração que inclui a infra-estrutura compatível com a norma IEEE 1149.4. 81

Figura 4.33: Arquitectura implementada no laboratório e comunicação entre VIs e interfaces Web 83

Figura 4.34: Interligação entre as experiências remotas e o CUseeMe. 84

Figura 4.35: Exemplo da utilização do CUseeMe integrado na experiência do μC8051. 85

Figura 5.1: Modelo conceptual das entidades envolvidas no acesso ao laboratório remoto 88

Figura 5.2: Diagrama com os percursos Web disponíveis aos clientes do laboratório remoto. 90

Figura 5.3: Página inicial do laboratório remoto. 91

Figura 5.4: Conjunto de passos da segunda etapa do processo de registo de clientes. 92

Figura 5.5: Agenda electrónica para reservas do laboratório remoto. 94

Figura 5.6: Formas de acesso dos clientes às experiências remotas. 96

Figura 5.7: Arquitectura de três camadas implementada na gestão de acessos. 97

Figura 5.8: Lógica de negócio entre cliente e servidor. 98

Figura 5.9: Painel para controlo do tempo de uma sessão para a realização de uma experiência. 100

Figura 5.10: Modelo conceptual da base de dados usada para a gestão do laboratório remoto. 101

Figura 5.11: Acesso ao SGBD segundo o modelo de 3 camadas. 104

Figura 5.12: Diagrama com os percursos Web disponíveis ao administrador do laboratório remoto. 106

Figura 5.13: Página de entrada no portal Web para administração do laboratório remoto. 107

Figura 5.14: Exemplo de um resultado após uma procura dos clientes registados no laboratório remoto. 108

Figura 5.15: Tabela com os clientes eliminados, ou não, da base de dados do laboratório remoto. 110

Figura 5.16: Opções disponíveis ao administrador para gestão das experiências..... 111

Figura 5.17: Agenda electrónica para gestão das reservas do laboratório remoto.... 113

Figura 5.18: Ferramenta de teste Bobby para verificação de acessibilidades em páginas Web..... 115

Figura 6.1: Entidades envolvidas na validação intermédia. 121

Figura 6.2: Ferramentas EtherPeek e EtherHelp para análise e captura de tráfego numa rede informática..... 124

Figura 6.3: Tráfego monitorado no computador do tutor, durante a experiência realizada em 20 de Dezembro de 2001, entre as 10:02:10 e as 10:02:50. 127

Figura 6.4: Entidades envolvidas na validação final..... 130

Figura 6.5: Exemplo da especificação de um filtro no *software* EtherHelp. 132

Figura 6.6: Identificação/localização dos elementos envolvidos na primeira sessão experimental da validação final. 136

Figura 6.7: Utilização do CUseeMe com experiência do µC8051 na primeira sessão experimental da validação final. 137

Figura 6.8: Alunos da segunda sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe. 139

Figura 6.9: Identificação/localização dos elementos envolvidos na terceira sessão experimental da validação final. 141

Figura 6.10: Alunos da terceira sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe. 142

Figura 6.11: Alunos da quarta sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe. 144

Figura 6.12: Tráfego capturado na terceira sessão experimental (amostra de 3 seg.) da validação final. 148

Figura A.1: Painéis utilizados na programação de um VI. 172

Figura A.2: Painéis do VI desenvolvido para controlo e observação do gerador de funções. 172

Figura A.3: Interface criada com a ferramenta AppletBuilder do pacote de *software* AppletVIEW. 173

Figura A.4: Código implementado no VI para estabelecer a comunicação com uma interface Web criada a partir do AppletVIEW. 174

Figura A.5: Código implementado no VI para estabelecer a comunicação com uma interface Web utilizada para observação. 175

Figura B.1: Erros na transferência do código objecto para a carta de demonstração com o µC8051. 178

Figura B.2: Etapas na comunicação PXI/carta de demonstração, durante a transferência do código objecto para programação do µC8051. 179

Figura C.1: Arquitectura usada pelo sistema de gestão de acessos ao laboratório remoto. 183

Figura C.2: Estrutura de directórios referente à instalação do sistema de gestão de acessos. 184

Figura C.3: Utilização do SQL Server Enterprise Manager na criação da base de dados *remotelab*. 185

Figura C.4: Painel para gestão e configuração dos *drivers* ODBC para acesso ao SGBD Microsoft SQL Server 2000. 186

Figura C.5: Tabela '*Client*' utilizada para definir os atributos do administrador do sistema. 187

Figura C.6: Tabela '*Conf*' utilizada para definir o URL base do servidor do laboratório remoto. 188

Figura F.1: Percurso seguido pelos dados quando dois utilizadores acedem ao CUseeMe. 197

Figura F.2: Mensagem de erro no IE quando se tentava estabelecer ligação com o CUseeMe instalado no servidor Silverpearl em Dundee. 198

Figura F.3: Localização das salas e respectivas tomadas de rede utilizadas na validação final. 199

Figura F.4: Atribuição dos endereços de rede IP aos computadores utilizados na validação final. 200

Índice de tabelas

Tabela 2.1: Consequência dos computadores/*Internet* no ensino e na aprendizagem. 7

Tabela 2.2: Papel de um professor. 10

Tabela 2.3: Papel de um aluno. 11

Tabela 2.4: Características inerentes à comunicação entre duas pessoas. 11

Tabela 2.5: Ferramentas de comunicação assíncrona. 12

Tabela 2.6: Ferramentas de comunicação síncrona. 13

Tabela 2.7: Guia para apresentação de conteúdos num VLE, segundo [TechDis, 03]. 16

Tabela 2.8: Requisitos para uma gestão eficiente de um curso. 18

Tabela 2.9: Mecanismos para a gestão da aprendizagem e avaliação. 19

Tabela 2.10: Aspectos a considerar na escolha de um VLE. 22

Tabela 2.11: Principais VLEs e ferramentas de *e-learning* disponíveis no mercado. 23

Tabela 3.1: Benefícios da experimentação remota (flexibilidade e partilha de recursos). 30

Tabela 3.2: Simulação x Experimentação remota. 32

Tabela 3.3: *Groupware* e contextos de utilização. 37

Tabela 3.4: Comunicação síncrona e assíncrona na experimentação remota. 39

Tabela 3.5: Componentes PXI utilizados na ILR que implementa o laboratório remoto. 50

Tabela 4.1: Descodificação de endereços na carta de demonstração composta pelo μC8051. 70

Tabela 5.1: Atributos da tabela *'Client'*. 102

Tabela 5.2: Atributos da tabela *'Reservation'*. 102

Tabela 5.3: Atributos da tabela *'Experiment'*. 103

Tabela 6.1: Elementos envolvidos nas primeiras sessões experimentais da validação intermédia. 122

Tabela 6.2: Elementos envolvidos na última sessão experimental da validação intermédia. 123

Tabela 6.3: Tráfego médio capturado na última sessão experimental da validação intermédia. 126

Tabela 6.4: Filtros seleccionados entre os diferentes computadores/servidores na validação final. 131

Tabela 6.5: Elementos envolvidos nas sessões experimentais da validação final... 133

Tabela 6.6: Ficheiros com o código do GFOP. 134

Tabela 6.7: Dados sobre a primeira sessão experimental da validação final..... 135

Tabela 6.8: Ficheiros atribuídos ao primeiro grupo de alunos da validação final... 136

Tabela 6.9: Procedimentos efectuados pelo primeiro grupo de alunos na validação final. 138

Tabela 6.10: Dados sobre a segunda sessão experimental da validação final. 138

Tabela 6.11: Procedimentos efectuados pelo segundo grupo de alunos na validação final. 140

Tabela 6.12: Dados sobre a terceira sessão experimental da validação final. 141

Tabela 6.13: Ficheiros atribuídos ao terceiro grupo de alunos da validação final. ... 142

Tabela 6.14: Procedimentos efectuados pelo terceiro grupo na validação final. 143

Tabela 6.15: Dados sobre a quarta sessão experimental da validação final. 143

Tabela 6.16: Procedimentos efectuados pelo quarto grupo de alunos na validação final. 145

Tabela 6.17: Tráfego estimado no servidor Web (Pandora) na terceira sessão experimental da validação final. 146

Tabela 6.18: Tráfego estimado no servidor do CUseeMe (Silverpearl) na terceira sessão experimental da validação final. 147

Tabela 6.19: Tráfego estimado nos computadores utilizados na terceira sessão experimental da validação final 147

Tabela 6.20: Elementos participantes na demonstração do projecto PEARL. 152

Tabela D.1: Características técnicas dos computadores/servidores usados nas validações experimentais (parte 1/2). 190

Tabela D.2: Características técnicas dos computadores/servidores usados nas validações experimentais (parte 2/2). 191

Tabela E.1: Experiência dos alunos em trabalhar com computadores. 193

Tabela E.2: Respostas sobre a facilidade de aprendizagem na utilização do ambiente experimental para controlo do laboratório remoto na validação intermédia. 194

Tabela E.3: Respostas sobre a eficiência do laboratório remoto na validação intermédia. 194

Tabela E.4: Respostas sobre a utilidade do ambiente experimental no controlo do laboratório remoto na validação intermédia. 195

Tabela E.5: Respostas sobre a atitude dos alunos perante a utilização do laboratório remoto na validação intermédia. 195

Tabela E.6: Classificação dos objectivos alcançados com a experiência realizada na validação intermédia. 196

Tabela F.1: Endereços de rede IP utilizados em cada computador durante a validação final. 200

Tabela G.1: Questionário da validação final (questões 1 - 6). 202

Tabela G.2: Questionário da validação final (questões 7 - 11). 203

Tabela G.3: Questionário da validação final (questões 12 - 15). 204

Tabela G.4: Questionário da validação final (questões 16 - 20). 205

Tabela G.5: Questionário da validação final (questões 21 - 25). 206

Tabela G.6: Questionário da validação final (questões 26 - 30). 207

Tabela G.7: Questionário da validação final (questões 31 - 34). 208

Tabela G.8: Questionário da validação final (questões 35 - 39). 209

Tabela G.9: Questionário da validação final (questões 40 - 43). 210

Tabela G.10: Questionário da validação final (questões 44 - 46). 211

Tabela G.11: Questionário da validação final (questão 47). 212

Abreviaturas e acrónimos

µC	Microcontrolador
ABM	*Analog Boundary Module*
API	*Application Program Interface*
AT	*Analog Test*
BS	*Boundary Scan*
BSCW	*Basic Support for Cooperative Work*
BST	*Boundary Scan Test*
CAN	*Control Area Network*
CBL	*Computer Based Learning*
CBT	*Computer Based Training*
CD	*Compact Disk*
CI	Circuito Integrado
CICA	Centro de Informática Prof. Correia de Araújo
CMC	*Computer Mediated Communication*
CSCL	*Computer Supported Collaborative Learning*
CSCW	*Computer Supported Cooperative Working*
DAC	*Digital-to-Analog Converter*
DBM	*Digital Boundary Module*
DC	*Direct Current*
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
DLL	*Dynamic Link Library*
DNS	*Domain Name System*
DOM	*Document Object Model*
DTD	*Document Type Definition*
EPROM	*Electrically Programmable Read-Only Memory*
EUA	Estados Unidos da América
FAQ	*Frequently Asked Questions*

FEUP Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FPGA *Field Programmable Gate Array*
FTP *File Transfer Protocol*
GAUTI Gabinete de Apoio à Utilização das Tecnologias de Informação
GFOP Gerador de Formas de Onda Programável
GMT *Greenwich Mean Time*
HTML *HyperText Markup Language*
HTTP *HyperText Transfer Protocol*
I/O *Input/Output*
ICC *Instrumentation Controlled by Computer*
IE *Internet Explorer*
IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
IIS *Internet Information Server*
ILR Infra-estrutura Laboratorial Remota
IMAP *Internet Message Access Protocol*
IMS *Instructional Management Systems*
IP *Internet Protocol*
IR *Instruction Register*
ISP *Internet Service Provider*
IST *Information Society Technologies*
JDBC *Java DataBase Connectivity*
JISC *Joint Information Systems Committee*
JRE *Java Run-Time Environment*
JSP *Java Server Pages*
JTAG *Joint Test Action Group*
LAN *Local Area Network*
LB Largura de Banda
LCMS *Learning Content Management System*
LED *Light Emitting Diode*
LEEC Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
LMS *Learning Management System*
LTSC *Learning Technology Standards Committee*
MEEC Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
MLE *Managed Learning Environment*
ODBC *Open Database Connectivity*
PCI *Peripheral Component Interconnect*

PCSD Projecto de Circuitos e Sistemas Digitais
PEARL *Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*
POP *Post Office Protocol*
PXI *PCI eXtensions for Instrumentation*
RAM *Random Access Memory*
ROM *Read-Only Memory*
SAX *Simple API for XML*
SCORM *Shareable Content Object Reference Model*
SFR *Special Function Registers*
SGBD Sistema de Gestão de Base de Dados
SMB *Server Message Block*
SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*
SQL *Structured Query Language*
TAP *Test Access Port*
TBIC *Test Bus Interface Circuit*
TCC *Test Control Circuitry*
TCK *Test Clock*
TCP *Transmission Control Protocol*
TDI *Test Data Input*
TDO *Test Data Output*
TMS *Test Mode Select*
UDP *User Datagram Protocol*
UP Universidade do Porto
URL *Uniform Resource Locator*
VHDL *VHSIC Hardware Description Language*
VHSIC *Very High Speed Integrated Circuit*
VI *Virtual Instrument*
VIML *Virtual Instruments Markup Language*
VLE *Virtual Learning Environment*
W3C *World Wide Web Consortium's*
WAI *Web Accessibility Initiative*
WBT *Web Based Training*
WWW *World Wide Web*
XML *eXtensible Markup Language*
XSD *XML Schema Definition*
XSL *eXtensible Stylesheet Language*

XSLT *XSL Transformations*

Capítulo 1

Introdução

Nas sociedades actuais o ensino é visto como uma actividade fundamental para a transmissão do conhecimento entre gerações e como uma forma de promover a mudança devidamente alicerçada em fundamentos teóricos e práticos. Tratando-se de um acto ou efeito de educar e aperfeiçoar as faculdades humanas, o ensino é um direito que assiste a todos independentemente do aspecto sócio-económico de cada um, sendo actualmente um ponto chave para o progresso de um país.
Alicerçado na importância do ensino, este capítulo descreve o enquadramento do trabalho desenvolvido e os motivos que levaram à sua realização, concluindo com uma descrição da forma como esta dissertação foi organizada.

1.1 Enquadramento e motivação

Sendo o ensino uma actividade fundamental para todas as sociedades, não admira que se procurem formas de o levar com qualidade a todos, independentemente do local e da hora, recorrendo a novos métodos. Neste campo a tecnologia destaca-se, sendo cada vez mais uma forma de colmatar algumas das dificuldades da sociedade actual onde, quer a massificação de informação, quer a indisponibilidade crescente dos elementos envolvidos no processo ensino/aprendizagem, obriga à procura de outras soluções para a transmissão do conhecimento. Se no início a rádio e a televisão eram vistos como meios de difusão, actualmente são francamente ultrapassados pela *Internet* devido aos seus diversos recursos tecnológicos.
A *Internet* tem e continuará a ter um papel de destaque na globalização do conhecimento, através da facilidade de acesso aos seus recursos. No entanto, a *Internet* não é mais que um suporte tecnológico que serve para a disponibilização de um conjunto de

recursos multimédia (som, imagem, texto, etc.), que se não forem bem estruturados poderão ser insuficientes para um ensino eficiente e de boa qualidade. Neste pressuposto, a existência de ambientes de aprendizagem à distância tem contribuído para uma eficiente transferência do conhecimento, fornecendo a organização e os meios necessários para a disponibilização de cursos remotamente. Se por um lado as empresas vêem facilitada a tarefa de formar os seus colaboradores, fornecendo-lhes cursos à distância, as instituições de ensino têm a facilidade de partilhar competências e conhecimentos, colmatando a lacuna muitas vezes existente da falta de recursos (sala de aulas, material, etc.). Advém desta flexibilidade de acesso uma inerente redução de custos, tanto para as empresas e instituições de ensino, como para os próprios formandos, que evitam ter de se deslocar à sala de aula tradicional.

No entanto, e tratando-se o ensino à distância de uma área ainda em evolução, os diferentes ambientes de aprendizagem ainda evidenciam algumas lacunas, nomeadamente quando se pretendem utilizar em áreas tecnológicas que requerem a realização de trabalhos laboratoriais, como uma forma de sedimentar teorias. Tendo presente esta limitação, teve início em Maio de 2000 o projecto europeu PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) no âmbito do programa IST (*Information Society Technologies*), para o desenvolvimento de um conjunto de experiências controladas remotamente através da *Internet/Intranet*. Tratando-se de um consórcio liderado pela Open University (Inglaterra), e do qual fez parte a FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), procurou-se com o PEARL cobrir a área, ainda deficitária, da experimentação remota, satisfazendo os seguintes requisitos:

- Fornecer experiências de qualidade nas áreas das ciências e engenharias.
- Disponibilizar um laboratório aos alunos de forma a garantir flexibilidade em tempo e espaço.
- Possibilitar aos alunos o acesso a experiências reais e em segurança.
- Disponibilizar mecanismos de comunicação para que os vários alunos possam comunicar durante a realização de uma experiência, procurando sempre aproximar o laboratório remoto do convencional.
- De um modo geral, facilitar a aprendizagem com recursos e processos baseados em computador.

Dos objectivos propostos para o projecto PEARL, o trabalho descrito nesta dissertação diz respeito ao desenvolvimento de uma ILR (Infra-estrutura Laboratorial Remota) que tem por objectivo fornecer um laboratório controlável remotamente através de uma *Internet/Intranet* para a realização de um conjunto de experiências na área da electrónica.

1.2 Estrutura e organização

A estrutura da dissertação acompanha o processo de execução do trabalho desenvolvido. Após este capítulo introdutório onde se descreve o enquadramento e a motivação para a realização do trabalho, no capítulo 2 apresenta-se o tema que impulsionou o seu desenvolvimento, nomeadamente o *e-learning*. Tratando-se do tema que serve de base ao trabalho descrito nesta dissertação, inicia-se o segundo capítulo com uma breve referência histórica à introdução das tecnologias no ensino e o seu contributo para o emergir de um novo paradigma educacional, habitualmente designado de *escola virtual*. Ainda neste capítulo fala-se da importância e funcionalidades dos ambientes de aprendizagem virtuais, concluindo-se com a apresentação de alguns desses ambientes.

No capítulo 3 apresenta-se o conceito da experimentação remota como forma de superar a lacuna existente nos ambientes de aprendizagem actuais, concluindo-se com uma referência ao projecto PEARL e a apresentação da ILR desenvolvida que disponibiliza o laboratório para controlo remoto via *Internet/Intranet*.

O capítulo 4 apresenta os diferentes ambientes experimentais desenvolvidos para controlo remoto, assim como as experiências disponíveis.

No capítulo 5 descreve-se o sistema de gestão de acessos ao laboratório, necessário pelo facto da ILR impossibilitar a realização de mais que uma experiência em simultâneo.

Para validar as experiências disponibilizadas e a própria ILR desenvolvida, o capítulo 6 descreve as validações experimentais realizadas ao laboratório, assim como uma demonstração efectuada a docentes e investigadores da FEUP.

Por fim, no capítulo 7 resume-se todo o trabalho desenvolvido, apresentando-se as dificuldades e limitações encontradas, assim como as perspectivas de desenvolvimento futuro para este ou outro laboratório remoto.

Capítulo 2

E-learning

O termo *e-learning* contempla a utilização dos recursos disponibilizados pela *Internet* para fornecer à distância um conjunto de soluções para aperfeiçoamento ou aquisição de conhecimento. Baseado em rede, este modo de ensino fornece ao utilizador a possibilidade de aceder a cursos de formação a partir de qualquer lugar e a qualquer hora, facilitando ainda a sua administração através da capacidade de actualizar e gerir conteúdos, fornecendo processos automáticos de avaliação, entre outros.

Este capítulo começa por efectuar uma breve referência histórica à adaptação da tecnologia ao ensino e à aprendizagem, apontando ainda a importância de criar modelos de ensino com vista a analisar aspectos essenciais a incluir em aplicações informáticas vocacionadas para o *e-learning* (ambientes de *e-learning*). Das várias necessidades que esses ambientes procuram satisfazer no ensino e na aprendizagem, destaca-se o apoio a actividades colaborativas, onde se descrevem alguns conceitos e ferramentas existentes. Numa segunda parte descrevem-se de forma sumária as funcionalidades encontradas na maioria dos ambientes, concluindo-se o capítulo com algumas considerações e conselhos que servirão como critério de selecção.

2.1 Tecnologia e modelos de aprendizagem

A evolução tecnológica chama a nossa atenção para a excelente oportunidade de melhorar o ensino utilizando mecanismos e métodos que complementem ou substituam a escola tradicional, fornecendo recursos de melhor qualidade, capazes de serem distribuídos e actualizados mais eficientemente. Assiste-se a uma globalização do conhecimento onde os desafios e as pressões do mundo actual, derivadas em certa medida da evolução tecnológica, apelam à utilização daqueles mecanismos e métodos para

lhes fazer face. No entanto, a integração da tecnologia no ensino pode ser complexa, requerendo um conhecimento real das suas potencialidades e uma análise rigorosa dos objectivos educacionais, de forma a evitar um impacto social que inviabilize a sua correcta utilização e consequente aceitação. Neste contexto, a idealização de modelos de aprendizagem permitirá analisar os requisitos do ensino, servindo de referência para a escolha da tecnologia a utilizar, nomeadamente no apoio a actividades colaborativas essenciais à aprendizagem e para o desenvolvimento de aplicações informáticas vocacionadas para o *e-learning*.

2.1.1 Evolução histórica

Já em 1954, num artigo intitulado "*The Science of Learning and the Art of Teaching*" [Skinner, 54], B. F. Skinner alertava para a importância de utilizar tecnologias com o objectivo de melhorar a qualidade do ensino. Segundo argumentava, qualquer indivíduo só aprende se tiver um papel activo perante o ambiente que o rodeia, podendo manipulá-lo usando novas técnicas. Apontando a importância de um ensino progressivo, dependente das capacidades individuais de cada aluno, Skinner apontou como solução a utilização de dispositivos mecânicos e eléctricos. Neste pressuposto, sugeriu a utilização de um dispositivo mecânico que permitia aos alunos responder a um conjunto de questões, previamente colocadas por um professor, segundo um sistema de escolha múltipla. Todas as respostas correctas e incorrectas eram registadas, permitindo ao professor supervisionar a progressão dos alunos, de forma a poder actualizar ou não as questões formuladas mediante os resultados observados. Com este dispositivo era fornecido ao aluno um ensino independente e ao seu ritmo, ganhando a versatilidade que não tinha numa sala de aula tradicional. Embora estes mecanismos aparentassem muitas vantagens, já nessa altura eram apontadas limitações no aspecto social, cultural, intelectual e emocional, a que os alunos estariam sujeitos no caso de uma utilização excessiva. Desta forma, ponderando as vantagens e desvantagens deste tipo de dispositivos, Skinner previu o emergir de um período revolucionário, onde os estudos científicos começavam a ser colocados ao serviço do homem, nomeadamente no ensino.

A previsão apontada na altura verifica-se actualmente com uma avalanche tecnológica que emergiu nos anos 90, com a sedimentação de um conjunto de novas tecnologias de informação e comunicação, nomeadamente os computadores e a *Internet*. Estes recursos vieram expandir o conhecimento através da facilidade com que promovem a distribuição e o acesso à informação, satisfazendo as necessidades do mundo actual, onde a massificação de informação é consequência da globalização. A capacidade dos

computadores em disponibilizar material multimédia (vídeo, áudio, simulações, imagens, etc.) é uma contribuição fundamental para o ensino, que em parceria com a *Internet*, através do serviço WWW (*World Wide Web*), veio facilitar o acesso à informação a partir de qualquer lugar e a qualquer hora, incentivando o ensino à distância.
O ensino tradicional é ministrado numa sala de aula com um professor a expor as matérias de uma determinada disciplina. No entanto, este conceito de escola tradicional, aliado à presença de ambos os intervenientes (alunos e professores), é actualmente complementado com os recursos fornecidos pela *Internet*. Estes recursos vieram estimular o aluno a ir de encontro à informação, deixando de se comportar como um elemento passivo com o papel de mero receptor, para enveredar por um papel activo, que vai de encontro à informação e ao conhecimento, ou por iniciativa própria ou por orientação de um professor. De facto, conforme resume a tabela 2.1, os computadores e a *Internet* trouxeram mudanças significativas no ensino e na aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de um novo paradigma, a que é dada habitualmente a designação de *escola virtual*.

Tabela 2.1: Consequência dos computadores/*Internet* no ensino e na aprendizagem.

Passou-se de	Para
Escola tradicional	Infra-estrutura de conhecimento
Salas de aula	Sessões de aprendizagem distribuídas no espaço e no tempo
Professor com a função de expor matérias	Professor como orientador
Textos e alguns sistemas audiovisuais	Material multimédia

Este paradigma trouxe uma indubitável melhoria no ensino e na aprendizagem, onde alunos e professores têm agora acesso a um novo conjunto de recursos que lhes facilitam as tarefas. Converge-se a passos largos para um ensino e uma aprendizagem à distância, onde as salas de aula tradicionais tendem a ser complementadas, ou em certos casos substituídas, por salas de aula virtuais, sem a necessidade da presença física de professores e alunos em simultâneo. Conforme ilustra a figura 2.1, embora actualmente tenda a vulgarizar-se o acesso à distância com base em conteúdos multimédia, promovendo a flexibilidade dos recursos materiais e humanos, a realidade é que o conceito tradicional permanece, mesmo que numa escala mais diminuta [Ferreira et al., 99].

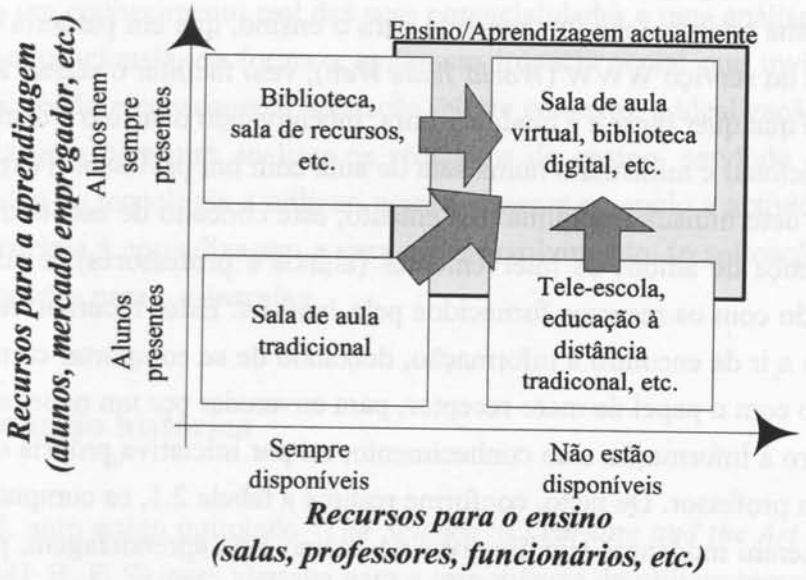


Figura 2.1: Convergência entre paradigmas educacionais.

2.1.2 A importância dos modelos de aprendizagem

Utilizar convenientemente a *Internet* no ensino requer um conhecimento dos seus recursos, destacando-se a interactividade, a interligação de documentos e a capacidade em disponibilizar material de ensino através de textos, simulações, animações, bem como outros conteúdos de vídeo ou áudio [Scanlon et al., 00]. Além de motivar os alunos, a *Internet* facilita a distribuição e actualização dos recursos indispensáveis a um determinado curso, para além de apresentar vantagens importantes para pessoas com necessidades especiais, permitindo a disponibilização de aplicações informáticas adaptadas às suas necessidades (e.g. para pessoas com deficiência visual, a utilização de ferramentas que leiam texto automaticamente será uma mais valia). No entanto, conforme refere Robin Mason no seu estudo "*The Globalisation of Education*" [Mason, 97], existem factores cognitivos, educativos, sociais e culturais, que poderão colocar em questão a utilização da *Internet* no ensino. Se por um lado os alunos têm acesso a mais informação, a forma como essa informação é disponibilizada difere da habitual, obrigando os alunos a uma aprendizagem mais independente e recorrendo a técnicas hipermédia e multimédia[1].

[1] Estes conceitos referem-se à faculdade fornecida aos alunos para navegar entre diferentes documentos, com base num conjunto de ligações incluídas em textos, imagens ou gráficos. Enquanto o hipertexto permite a ligação entre documentos em texto, a hipermédia expande esta possibilidade, facultando ao aluno o acesso a outro tipo de recursos multimédia (e.g. imagens, vídeo, áudio, simulações, etc.).

O uso excessivo das técnicas hipermédia e multimédia sem uma estrutura bem delineada conduz a uma fragmentação do conhecimento, tornando-o mais superficial, ao contrário do ensino tradicional, onde existe uma estrutura linear na transferência do conhecimento. Por outro lado, embora a *Internet* tenha por objectivo levar a informação a todos, independentemente do local, a forma como a educação tende a ser fornecida, através de um produto comercializado e publicitado, poderá produzir um efeito de exclusão em relação a alguns grupos. Valores de discussão, análise e avaliação, característicos das salas de aula tradicionais, poderão ser colocados em questão, restringindo ainda o acesso a pessoas com mais limitações culturais ou económicas. Outra das questões, talvez a mais evidente, refere-se à possibilidade da quebra de relações comunitárias, uma vez que o uso excessivo da *Internet* no ensino põe em causa o contacto social, substituindo-o por comunidades virtuais. Por fim, e uma vez que o novo conceito de *escola virtual* é impulsionado por uma sociedade ocidental, os valores culturais desta sociedade tendem a ser difundidos a toda a comunidade virtual, reforçando os perigos de uma cultura dominante.

Alertados para as vantagens e desvantagens associadas à *Internet*, os seus recursos deverão ser utilizados com o devido cuidado, havendo a necessidade de se idealizarem modelos e métodos exploratórios que promovam a convergência da aprendizagem tradicional (exposição de matérias e avaliação), para uma aprendizagem mais autónoma e flexível. Esses modelos deverão aliar os objectivos pedagógicos aos recursos disponibilizados pela *Internet*, permitindo uma exposição de matérias, promovendo a iniciativa própria do aluno, incentivando-o à descoberta e à realização de tarefas, e fornecendo recursos que permitam a comunicação entre alunos e com professores.

Independentemente do modo de leccionação (presencial ou não), os modelos de ensino/aprendizagem definem geralmente a aquisição de conhecimentos como um processo que se realiza em três etapas, conforme ilustra a figura 2.2 [McAndrew, 98].

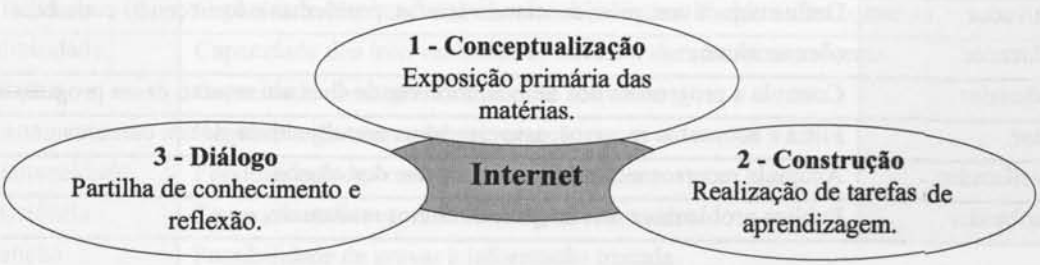


Figura 2.2: Etapas comuns dos modelos de ensino/aprendizagem.

A primeira etapa, denominada *conceptualização*, consiste na exposição primária das matérias aos alunos, de forma a que estes adquiram os conhecimentos básicos essen-

ciais em determinado domínio. A aprendizagem dos alunos não se pode no entanto limitar a uma mera conceptualização de conhecimentos, exigindo-se a realização de tarefas como uma forma de sedimentar ideias. A esta etapa dá-se o nome de *construção*, onde os alunos deverão recorrer a um conjunto de recursos para a realização de tarefas de aprendizagem, que servirão de suporte principal ao conhecimento já adquirido. Por fim, exige-se ainda a consolidação do conhecimento, recorrendo-se ao *diálogo* entre alunos e com os professores. Através do diálogo é fornecida a possibilidade de os alunos consolidarem conhecimentos, trocando experiências de aprendizagem entre si e com os professores, permitindo que estes aproveitem a experiência e o trabalho dos alunos, de forma a enriquecer os próprios materiais a usar na etapa de conceptualização.

Estes modelos, traduzidos em aplicações de *e-learning*, deverão apoiar a progressão dos alunos durante o processo de aprendizagem, fornecendo recursos que permitam adaptar a cada um os conteúdos programáticos mais indicados. Os objectivos, os interesses e a dependência dos modelos relativamente a determinada tecnologia e conteúdo programático, deverão ser bem analisados, de forma a tirar partido de recursos informáticos que possibilitem a realização de tarefas indispensáveis à aprendizagem, nomeadamente os exercícios, simulações, listas de discussão, a utilização de ferramentas que promovam a discussão professor-aluno e aluno-aluno, assim como todas as outras tarefas indispensáveis ao aluno e ao professor, para a disponibilização de um curso via *Internet*. Desta forma, e conforme descrito nas tabelas 2.2 e 2.3, os papeis de professores e alunos sofrem alterações significativas; aos professores são requeridas novas competências e metodologias na preparação dos conteúdos pedagógicos (tarefas e material educativo), enquanto os alunos poderão enveredar por uma aprendizagem mais autónoma e participativa.

Tabela 2.2: Papel de um professor.

Motivador e educador	Define objectivos, providenciando tarefas, problemas e fornecendo contribuições ao aluno.
Moderador	Controla a progressão dos alunos, fornecendo-lhes um retorno dessa progressão.
Editor	Filtra e aconselha recursos, associando-os aos objectivos de um curso.
Classificador	Acumula recursos e classifica-os para uso dos alunos.
Distribuidor	Publica problemas e tarefas para os alunos realizarem.

Tabela 2.3: Papel de um aluno.

Activo	Procura conhecimento e informação por iniciativa ou orientação do professor.
Prático	Responde a problemas e tarefas colocadas pelos professores, não se limitando a simples receptor de informação.
Investigador	Investiga e aprofunda conhecimentos por iniciativa própria.
Comunicador	Expõe as suas próprias ideias e sugestões.
Colaborativo	Partilha trabalho e conhecimento.
Avaliador	Tem a capacidade de julgar o seu próprio conhecimento e de estar preparado para fazer face a novas escolhas, à medida que vai aprendendo.

2.1.3 Apoio a actividades colaborativas

Um dos requisitos fundamentais para a implementação de um modelo de aprendizagem é a componente de *diálogo*, que permitirá aproximar a vertente do ensino via *Internet* do ensino presencial.

Muitas das actividades colaborativas contempladas num modelo requerem a utilização de ferramentas informáticas que possibilitem a troca de ideias, opiniões, sugestões e conhecimentos, entre diferentes utilizadores (*Computer Mediated Communication*, CMC). A decisão da ferramenta a utilizar no apoio à realização dessas actividades poderá ser baseada nas características observadas durante a comunicação presencial entre duas pessoas [Dillenbourg et al., 96]. Com base nessas características, discriminadas na tabela 2.4, poderá escolher-se uma ferramenta de comunicação, efectuando uma analogia entre as características fornecidas por essa aplicação e as consideradas indispensáveis para a realização de determinada tarefa.

Tabela 2.4: Características inerentes à comunicação entre duas pessoas.

Copresença	Grau de partilha de um determinado ambiente de trabalho.
Visibilidade	Capacidade dos intervenientes se visualizarem durante uma conversa.
Audibilidade	Capacidade dos intervenientes se ouvirem durante uma conversa.
Reacção	Capacidade de reagir durante uma conversa.
Ordenamento	Regulação do tempo de conversação.
Simultaneidade	Possibilidade de comunicar em simultâneo.
Persistência	Tempo durante o qual a informação se mantém.
Retenção	Possibilidade de gravar a informação trocada.
Revisão	Capacidade de rever, editar e optimizar a informação antes de a transmitir.

Embora as ferramentas de comunicação incluam algumas ou todas as características descritas, elas estão geralmente separadas em duas categorias distintas, que se diferenciam com base no tipo de comunicação estabelecida entre os utilizadores:

- Comunicação assíncrona. Ocorre quando o emissor de determinada mensagem não obtém uma resposta imediata do receptor. Não obriga à presença simultânea dos intervenientes numa conversação ou actividade, fornecendo-lhes maior flexibilidade. Embora algo limitativa, quando se pretende replicar conceitos inerentes a uma comunicação presencial, facilita a retenção, ordenamento e revisão da informação trocada.
- Comunicação síncrona. Ocorre quando existe uma comunicação em tempo-real entre o emissor e o receptor. Obriga à presença simultânea dos intervenientes numa conversação ou actividade, possibilitando a implementação de características de copresença, visibilidade, audibilidade, reacção, simultaneidade e eventualmente ordenamento.

Com base nesta divisão, apresentam-se nas tabelas 2.5 e 2.6 as ferramentas de comunicação possíveis num ambiente de *e-learning*.

Tabela 2.5: Ferramentas de comunicação assíncrona.

Correio electrónico (*E-Mail*)	Comparável a uma carta, representando uma comunicação numa única direcção. O emissor não tem forma de saber se uma mensagem enviada foi recebida, enquanto não existir uma resposta por parte do receptor.
Web	A utilização de formulários e a própria disponibilização de conteúdos Web (e.g páginas Web) poderão ser vistas como formas de comunicar assincronamente, uma vez que um utilizador poderá enviar informação para outros sem necessidade de obter resposta imediata.
Grupos de Discussão (*Newsgroups*)	Permite o envio de documentos para um determinado repositório (servidor Web). Depois, qualquer pessoa com acesso a esse repositório poderá ler os documentos e eventualmente colocar respostas e comentários.

O facto de transmitir, receber ou partilhar informação, não pressupõe uma sintonia entre as partes envolvidas, havendo a necessidade de estabelecer uma base de entendimento denomimada por *Grounding* [Dillenbourg et al., 96], capaz de suportar diferentes requisitos, relativamente à forma como se disponibiliza a informação (repositório de informação, colaboração síncrona ou assíncrona) e como ela se apresenta [texto/HTML (*HyperText Markup Language*) ou sistemas multimédia (áudio, vídeo, simulações, etc.)]. A figura 2.3 apresenta uma divisão de alguns ambientes e sistemas de *e-learning*, baseada nessas duas variáveis [Alves, 00].

Tabela 2.6: Ferramentas de comunicação síncrona.

Chat	Envio de mensagens escritas entre dois ou mais computadores interligados a um servidor, permitindo a recepção de respostas em tempo real (e.g. ICQ [ICQ, 03], MSN Messenger [Microsoft, 02b], Yahoo Messenger [Yahoo, 03], etc.).
Áudioconferência	Permite a comunicação em tempo-real utilizando áudio, de forma muito semelhante a uma conversa telefónica. Muitos produtos suportam comunicações ponto a ponto, enquanto outros permitem vários utilizadores em simultâneo (conferência). Este tipo de interacção síncrona é muito dependente da largura de banda disponibilizada.
Videoconferência	Trata-se de uma extensão da áudioconferência, incluindo imagem durante a comunicação.
Whiteboarding	Permite a partilha de um espaço de trabalho por uma ou mais pessoas. Geralmente, é possível a edição de texto e imagem.
Partilha de ambientes de trabalho	Permite aos utilizadores visualizar ambientes de trabalho alheios, de forma semelhante ao *Whiteboarding*.

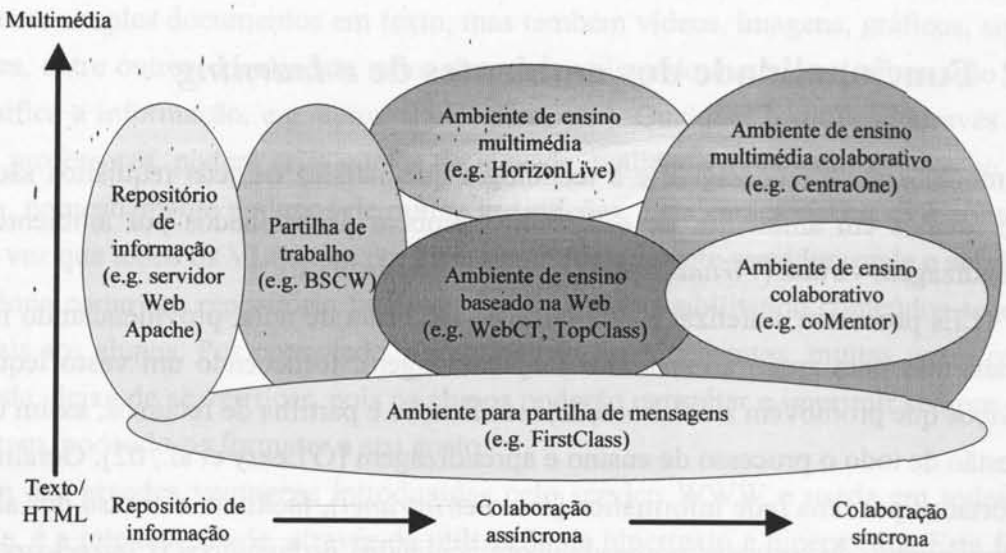


Figura 2.3: Ambientes/sistemas de *e-learning*.

Os servidores Web são sistemas utilizados como repositórios de conteúdos simples ou multimédia. Poderão conter todo o material para apoio à realização de cursos, permitindo um acesso simples dos alunos e facilitando aos professores a actualização de conteúdos (e.g. servidor Web Apache [Apache, 03]).

Existem ainda ambientes que têm como principal objectivo criar meios que possibilitem a colaboração, nomeadamente a partilha de mensagens por correio electrónico e através de grupos de discussão, entre outros, sendo geralmente a informação partilhada baseada em texto ou na linguagem HTML (e.g. FirstClass [FirstClass, 03]).

Os ambientes para partilha de trabalho (e.g. BSCW [BSCW, 03]) providenciam ferramentas para organizar e gerir repositórios de informação, associados a grupos de indivíduos. Poderão ainda conter serviços de notificação automática utilizando correio electrónico, ou outros que privilegiem uma comunicação assíncrona.
Os ambientes de ensino baseados na Web providenciam funções específicas para fornecer material multimédia e facilidades de administração, nomeadamente na gestão de grupos de trabalho. A comunicação é essencialmente assíncrona, podendo também contemplar a comunicação síncrona por *chat* (e.g. WebCT [WebCT, 03], TopClass [TopClass, 03]). Os ambientes de ensino multimédia têm as mesmas funcionalidades dos anteriores, mas permitem a distribuição de conteúdos multimédia em áudio e vídeo (e.g. HorizonLive [HorizonLive, 03]).
Para fomentar actividades de discussão entre alunos geograficamente distantes, existem ambientes de ensino colaborativo que providenciam ferramentas de comunicação síncronas, tais como *Whiteboarding* e *chat* (e.g. coMentor [coMentor, 03]) ou videoconferência (e.g. CentraOne [CentraOne, 03]).

2.2 Funcionalidade dos ambientes de *e-learning*

Os modelos de aprendizagem e a tecnologia que satisfaz os seus requisitos são implementados em ambientes de *e-learning*, também denominados por ambientes de aprendizagem virtual (*Virtual Learning Environment*, VLE).
Os VLEs procuram sintetizar o ambiente de uma sala de aula, providenciando novas ferramentas para apoio ao ensino e à aprendizagem, fornecendo um vasto leque de serviços que promovem a colaboração, reutilização e partilha de recursos, assim como a gestão de todo o processo de ensino e aprendizagem [O'Leary et al., 02]. Geralmente suportados por uma rede informática (*Internet/Intranet*), facilitam o acesso dos alunos a um conjunto de recursos, nomeadamente conteúdos pedagógicos (*Courseware*), independentemente do local e hora, utilizando um *browser* Web. Este método de ensino é denominado WBT (*Web Based Training*) e constitui uma extensão do CBT (*Computer Based Training*), onde o acesso aos recursos educativos se efectua localmente (e.g. CD-ROM). Funcionalidades adicionais são definidas por um ambiente de gestão (*Managed Learning Environment*, MLE) que, para além do próprio VLE, fornece um conjunto de sistemas de informação e processos para ajuda ao ensino e à sua gestão [JISC, 02].
Cada VLE deverá apresentar um conjunto de ferramentas capazes de disponibilizar conteúdos, administrar, gerir e controlar todo o processo de aprendizagem e avaliação dos alunos, conforme ilustra o diagrama da figura 2.4.

Figura 2.4: Funcionalidades de um VLE.

2.2.1 Disponibilização de conteúdos

Um VLE tem como principal função disponibilizar conteúdos, independentemente do local e da hora, a qualquer utilizador com um computador ligado à *Internet/Intranet* e que tenha um simples *browser* Web instalado. Estes ambientes tiram partido do serviço WWW, nomeadamente dos meios multimédia disponibilizados, não se limitando a fornecer simples documentos em texto, mas também vídeos, imagens, gráficos, simulações, entre outros, idealmente todos descritos utilizando *metadata* (informação que classifica a informação, e.g. autor, título, data, etc.). Qualquer instituição através dos seus professores, poderá criar cursos de elevada qualidade e disponibilizá-los ao público, nomeadamente a alunos de outras instituições. Esta característica só é possível uma vez que todos os VLEs têm por base um modelo cliente-servidor, onde o servidor funciona como um repositório facilmente acessível, possibilitando conteúdos sempre actuais aos alunos. Por outro lado, a distribuição de documentos, muitas vezes complicada, deixa de se verificar, pois os alunos poderão consultar e imprimir sempre que queiram, podendo-os formatar a seu gosto.

Outra das grandes vantagens introduzidas pelo serviço WWW e usada em todos os VLEs, é a interactividade, através da utilização de hipertexto e hipermédia. Esta facilidade permite uma eficiente estruturação de conteúdos, fornecendo uma enorme flexibilidade aos alunos no acesso aos diferentes recursos de informação relevantes para determinado tema de estudo, permitindo-lhes aprofundar qualquer tema, mediante as suas necessidades.

Outra solução para apresentar conteúdos consiste em disponibilizar uma lista de perguntas e respostas, frequentemente colocadas pelos alunos, sobre determinada matéria (*Frequently Asked Questions*, FAQ). Esta é uma forma indirecta de apresentar informação relevante para determinado curso, facilitando aos alunos o esclarecimento de dúvidas. Os quadros de discussão (*discussion boards*) são uma solução bastante semelhante, apresentando questões e respostas trocadas por correio electrónico sobre de-

terminado tema, funcionando em muitas situações como um importante complemento para o esclarecimento de dúvidas. Estes dois recursos deverão ser controlados pelo professor, de forma a que as mensagens colocadas sejam relevantes para o curso.
Um VLE terá ainda a possibilidade de disponibilizar notícias relevantes para o curso, sem que haja a necessidade de ser o aluno a procurá-las. Esta capacidade é geralmente apresentada através de uma página Web, disponibilizada ao aluno após entrar no VLE (utilizando um *login* e *password* previamente obtidos), ou através de mensagens de correio electrónico que lhe são enviadas automaticamente.
Uma vez que os conteúdos disponibilizados aos utilizadores (incluindo os utilizadores com necessidades especiais) são acedidos através de um *browser* Web, haverá a necessidade de analisar devidamente a forma como os apresentar, utilizando meios multimédia como forma de melhorar a sua qualidade. Neste pressuposto, a norma W3C Web Accessibility [W3C, 99], fornece sugestões e regras a adoptar para a apresentação de conteúdos, de acordo com a tabela 2.7 [TechDis, 03].

Tabela 2..7: Guia para apresentação de conteúdos num VLE, segundo [TechDis, 03].

Texto • Evitar grandes blocos de texto. • Evitar texto em itálico, sublinhado ou em maiúsculas. • Evitar texto animado. • É boa prática fornecer texto num único tipo de letra.	Ficheiro multimédia • Providenciar sempre formas alternativas. • Providenciar uma transcrição sumária do conteúdo de determinado ficheiro multimédia.
Cor • Usar uma única cor de fundo. • Apresentar um contraste suficiente entre o texto e o fundo. • Não usar cores desnecessariamente.	Estrutura dos documentos • Usar a estrutura de documentos providenciada pelo respectivo meio de apresentação (e.g. no *Microsoft Word* usar *Headings* para títulos, e em HTML usar sempre as directivas apropriadas para distinguir títulos H1, H2, etc.).
Ligações • Evitar muitas ligações (procurar ter 10 por página no máximo). • Separar listas de ligações usando pontuações. • Tornar as ligações indicativas do seu conteúdo. • Não apresentar ligações só para imagens, mas ter alternativas usando texto.	Apresentação dos documentos • É boa prática utilizar som nos materiais de ensino. • Consistência na apresentação da informação. • Em ligações dentro do próprio documento apresentar sempre uma ligação clara para o seu início.
Imagens • Utilizá-las claramente identificadas. • Incluir descrições alternativas em texto. • Incluir descrições mais completas para imagens e gráficos para facilitar a sua compreensão.	Apresentações com *Power Point* • Providenciar texto alternativo em HTML. • Ter o cuidado de ter descrições em texto para cada imagem.

Alerta-se ainda para o facto de que a disponibilização de conteúdos num curso deverá ser feita tendo em consideração os direitos de autor, uma vez que documentos, bases de dados, e outros tipos de obras multimédia requerem a permissão do autor, ou da entidade para a qual ele trabalhou [Minerva, 00].

2.2.2 Gestão administrativa

Um VLE não se limita a disponibilizar conteúdos relevantes para determinado curso. A grande vantagem de um VLE face a um simples servidor Web, capaz de fornecer os mesmos conteúdos através da *Internet/Intranet*, consiste em disponibilizar um conjunto de ferramentas que facilitem uma gestão eficiente do curso. A gestão de um VLE é dividida na gestão do ensino (*Learning Management System*, LMS) e na gestão dos conteúdos (*Learning Content Management System*, LCMS). Um LMS é caracterizado pelo *software* que implementa a solução estratégica de planear, fornecer e gerir todos os recursos para o ensino, incluindo a gestão do equipamento, o registo dos alunos e do seu desempenho num dado curso, bem como o controlo de sistemas de notificação automáticos, entre outros. Por outro lado, o LCMS focaliza-se no conteúdo programático de um curso, fornecendo aos professores a forma apropriada para criar conteúdos de *e-leqrning* mais eficientemente, possibilitando a sua reutilização e adaptando-os às necessidades dos diferentes alunos [Greenberg, 02] e [Williams, 02].

Desta forma, um VLE deverá ser capaz de implementar uma eficiente gestão do curso através de um conjunto de serviços e ferramentas que salvaguardem os requisitos descritos na tabela 2.8.

De forma a que o processo de gestão administrativa seja facilitado, um VLE deverá ser desenvolvido com base em especificações definidas por um conjunto de organizações e consórcios. Estas especificações, por vezes descritas por modelos, permitirão no futuro a integração de ferramentas educacionais e administrativas (independentemente da tecnologia utilizada), facilitando a interoperabilidade entre diferentes sistemas de *software* educacional, a migração de conteúdos entre diferentes plataformas e a integração de ambientes de trabalho, entre outros. São várias as organizações e consórcios (muitos deles referidos na tabela disponível em [Eduworks, 03]), bem como os modelos especificados:

- IMS *Global Learning Consortium, Inc.* Consórcio que tem por objectivo desenvolver e promover especificações que facilitem a distribuição e adaptação de conteúdos de aprendizagem [IMS, 03].
- IEEE LTSC (*Learning Technology Standards Committee*). Organização que tem o seu campo de acção no desenvolvimento de normas técnicas e recomendações

práticas para a aprendizagem, sendo responsável por coordenar outras organizações na especificação de normas [LTSC, 03].

- SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*). Modelo que comporta um conjunto de especificações adaptadas a vários domínios, providenciando recomendações de forma a fomentar a interoperabilidade, acessibilidade e reutilização de conteúdos de ensino baseados na Web [SCORM, 03].
- ARIADNE *Foundation*. Fundação criada para explorar e desenvolver produtos resultantes dos projectos europeus ARIADNE e ARIADNE II, onde se criaram ferramentas e metodologias para produzir, gerir e reutilizar elementos pedagógicos baseados em computador [ARIADNE, 03].

Tabela 2.8: Requisitos para uma gestão eficiente de um curso.

Definir alunos	Capacidade de registo, alteração ou eliminação dos alunos registados num determinado curso (aos alunos registados é atribuído um *login* e *password* de acesso ao curso residente no VLE).
Definir grupos de trabalho	Criar, modificar ou eliminar grupos de trabalho para frequentar um curso ou realizar tarefas. Para cada grupo, o professor poderá definir tarefas específicas, mediante o desempenho demonstrado pelos alunos.
Definir pontos de acesso	Capacidade de criar diferentes pontos de acesso ao curso, a alunos ou a grupos de alunos (para adaptar o conteúdo dos cursos às características de cada aluno ou grupo de alunos).
Estruturar	Facilitar o planeamento, estruturação e sequência de um curso.
Definir recursos	Adicionar e actualizar conteúdos de um curso (e.g. sistema para efectuar um *Upload* de ficheiros).
Monitorar acessos	Para possibilitar ao professor acompanhar a evolução e o interesse dos alunos num determinado conteúdo disponibilizado pelo VLE (e.g. utilizar um contador indicando o número de acessos a determinada página).
Adaptar conteúdos	Possibilidade de rever, actualizar ou modificar um curso ou alguns dos seus módulos, de forma a adaptar os conteúdos a diferentes audiências.

Desta forma, a reutilização, a portabilidade e a independência da plataforma, garantirão que os investimentos de uma instituição na compra de um VLE são uma boa aposta, não só no presente mas também no futuro.

2.2.3 Gestão da aprendizagem e avaliação

Ao contrário de uma sala de aula tradicional, onde o professor contacta permanentemente com os seus alunos, podendo assim avaliá-los e acompanhar a sua aprendiza-

gem, num VLE existe a necessidade de utilizar mecanismos que salvaguardem esses requisitos, tal como se apresenta na tabela 2.9.

A aprendizagem requer não só um contacto com os conteúdos do curso, disponibilizados pelo VLE, mas também um contacto entre alunos e eventualmente entre eles e um professor. Neste pressuposto, a incorporação de ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas num VLE é prática comum, de forma a salvaguardar as necessidades de trocar informação e de comunicar em tempo real.

- Trocar mensagens é prática comum e indispensável quando se pretende acompanhar o processo de aprendizagem de um aluno. Este tipo de comunicação é efectuado por correio electrónico, permitindo aos alunos trocar mensagens entre si ou com o professor do curso. Desta forma, o aluno poderá tirar dúvidas sobre a matéria e trocar relatórios, imagens, gráficos, etc. Além do correio electrónico, o envio desses documentos por FTP (*File Transfer Protocol*) é igualmente comum, permitindo a sua colocação num repositório de informação (reservado a cada aluno) que poderá ser acedido pelo professor para os avaliar.
- Controlar a aprendizagem e avaliar os alunos poderá também ser eficientemente realizado com uma comunicação em tempo real, através de videoconferência, *chat* ou via *Whiteboarding*. Este processo permite um acompanhamento mais eficaz e individual de cada aluno, para além de facilitar a realização de tarefas em grupo.

Tabela 2.9: Mecanismos para a gestão da aprendizagem e avaliação.

Calendarizar tarefas	Utilizar uma agenda para distribuir aos alunos informações de um determinado curso (e.g. o professor deverá ter a possibilidade de indicar que num determinado dia o curso irá ter um novo módulo programático). Além disso, uma agenda poderá ser útil para os alunos anotarem os seus próprios apontamentos e tarefas.
Avaliar	Ferramentas que permitam ao professor criar questionários com respostas múltiplas, capazes de realizar uma aferição automática de conhecimentos (poderão também ser colocadas questões de desenvolvimento, mas neste caso a avaliação não poderá ser automática). Notar ainda que os questionários poderão ser gerados automaticamente pelo sistema.
Criar grupos de discussão	Criar grupos de discussão que tenham a possibilidade de utilizar ferramentas de comunicação síncronas ou assíncronas inseridas no VLE.

Uma vez que os VLEs proporcionam aos alunos um estudo autónomo e flexível (podem definir o seu ritmo de estudo acedendo aos cursos e respectivos conteúdos, às horas que entenderem), o contacto professor-aluno torna-se mais irregular. Desta forma, o professor terá mais dificuldade em acompanhar a progressão e aferir do interesse demonstrado pelos alunos, bem como para realizar uma avaliação contínua, face ao

que teria lugar numa sala de aula tradicional. Neste pressuposto, um VLE deverá contemplar mecanismos que forneçam resultados estatísticos sobre o número de acessos de um aluno ao curso, se abriu determinado documento, se o imprimiu, etc., de forma a apoiar o professor no acompanhamento e aprendizagem dos alunos. Este acompanhamento poderá também ser útil para a avaliação, informando o professor sobre o interesse demonstrado em determinado conteúdo e alertando-o eventualmente para a necessidade de o modificar ou eliminar, de forma a gerir eficientemente o ensino e a aprendizagem, procurando sempre motivar os alunos através de conteúdos actuais.
A avaliação dos alunos poderá ser efectuada directamente através de questionários colocados no final de um curso ou de um módulo, que poderão ser desenvolvidos pelo professor ou gerados automaticamente pelo VLE (aleatoriamente ou de acordo com conhecimentos já demonstrados pelos alunos). Esta forma de avaliação é efectuada com base num conjunto de questões que poderão ser de resposta múltipla, verdade/falso, de desenvolvimento e através do preenchimento de espaços em branco (*fill in the blanks*). Nas questões de resposta múltipla e verdade/falso, bem como no preenchimento de espaços em branco, a avaliação é efectuada automaticamente pelo sistema, uma vez que não existe subjectividade nas respostas, permitindo aos alunos e professor obter resultados imediatos. As questões de desenvolvimento terão que ser avaliadas pelo professor, impossibilitando resultados automatizados, o que origina uma inevitável demora do retorno dos resultados aos alunos. Embora os questionários permitam ao próprio aluno avaliar os seus conhecimentos, para o professor este meio nunca poderá servir como avaliação final, uma vez que é impossível verificar quem os realiza, mesmo que o VLE utilize protocolos de segurança que garantam autenticidade (e.g. Kerberos: [Kerberos, 03]). Desta forma, verifica-se que o processo de avaliação é uma das grandes limitações da utilização de um VLE no ensino, obrigando a recorrer-se à sala de aula tradicional para a realização de exames, o que reforça a ideia defendida no início do capítulo, nomeadamente a de que o conceito de sala de aula tradicional tenderá a permanecer, independentemente da evolução tecnológica.

2.3 Breve caracterização do estado da tecnologia

Devido às exigências cada vez mais específicas dos diferentes domínios referidos na secção anterior (gestão administrativa, disponibilização de conteúdos e gestão da aprendizagem e avaliação), a escolha de um VLE apresenta-se como uma tarefa complexa. Para além disso, a maioria apresenta características muito semelhantes em vários aspectos, conforme exemplifica a figura 2.3. Desta forma, considera-se útil a apre-

sentação de alguns elementos que orientem o leitor na escolha de um VLE, incluindo a consideração das suas principais limitações.

2.3.1 Elementos comparativos

O MLE Steering Group, estabelecido no Reino Unido pelo JISC [JISC, 03], identificou um importante conjunto de questões básicas a considerar por uma instituição antes de optar por um VLE para o ensino à distância, nomeadamente:

- A instituição estabeleceu objectivos claros para a utilização do VLE?
- Quais os recursos necessários para implementar e suportar o VLE, e qual a formação necessária que permite aos alunos e professores usarem-no convenientemente?
- Quantos alunos são suportados pelo VLE?
- Quais os custos do VLE, incluindo os de formação e suporte?
- O VLE suporta normas que permitam a sua integração com outras tecnologias?

No entanto, com a concorrência existente no mercado, é impossível tomar uma decisão baseada unicamente nestas questões. Haverá assim a necessidade de se efectuar uma análise mais detalhada das características inerentes a cada VLE, sem no entanto esquecer a importância das questões apontadas.
Neste campo são muitas as análises já realizadas, onde se disponibilizam comparações sob o ponto de vista funcional, relativamente ao conjunto de ferramentas disponibilizadas pelo VLE. No entanto, Britain e Lieber [Britain et al., 00] defendem que essa comparação não se pode limitar às características funcionais, uma vez que nesse campo a maioria dos sistemas são bastante idênticos. Desta forma, defendem uma comparação implementada com base em princípios educacionais, procurando avaliar a sua adaptabilidade às necessidades de alunos e professores num determinado curso. A sua proposta assenta numa análise estratégica baseada em duas considerações:

- O VLE deverá providenciar oportunidades de melhorar a qualidade e a variedade do ensino e aprendizagem em áreas não abrangidas pelos métodos tradicionais.
- O VLE deverá reduzir as tarefas administrativas do professor, facilitando-lhe gerir mais eficientemente o seu trabalho, de forma a dedicar-se às necessidades educacionais dos alunos.

Existem vários artigos que definem critérios para a escolha de um VLE, todos convergindo para a necessidade de se efectuar não só uma análise funcional, mas também tecnológica e pedagógica. Desses destaca-se o artigo intitulado "*Comparative Evalua-*

tion of Web Based Management Tools" de Nunes e Chanian da Universidade de Sheffield [Nunes et al., 00], com base no qual se apresentam na tabela 2.10, alguns dos aspectos a comsiderar para a escolha de um VLE.

Tabela 2.10: Aspectos a considerar na escolha de um VLE.

Infra-estrutura tecnológica	Capacidade e limitações da infra-estrutura, verificando se são aproveitadas todas as potencialidades dos computadores e se o VLE corre no sistema operativo utilizado. Requisitos ao nível de administração, implementação e manutenção do VLE. Verificar as licenças do produto.
Ambiente de ensino	Funcionalidades disponíveis e análise da possibilidade de criar grupos de trabalho, de discussão, etc. (este critério depende sempre do tipo de curso).
Objectivos educacionais	Análise dependente da natureza do curso a suportar pelo VLE, tendo sempre em vista satisfazer as necessidades e objectivos educacionais dos alunos.
Serviços fornecidos aos alunos	Verificar se o VLE tem correio electrónico privado para cada aluno, ferramentas de auto-avaliação, classificações, ferramenta de procura automática, tipo de *browser* requerido, necessidade de instalar *software* nos computadores dos utilizadores, etc.
Facilidade de utilização	Verificar se o VLE providencia uma interacção adequada entre os utilizadores (professores e alunos), se a gestão de conteúdos é facilmente estruturada, e com que rapidez os utilizadores aprendem determinado processo.
Navegação	Analisar até que ponto o acesso de alunos e professores a um curso é transparente, i.e. idealmente os utilizadores não se deverão preocupar com o seu papel no acesso a um curso, sendo todo o controlo efectuado automaticamente pelo sistema (e.g. restrição no acesso a documentos privados).
Suporte à navegação	Verificar se o professor tem a possibilidade de definir caminhos e controlar os acessos dos alunos, verificar itens visitados, etc.
Suporte técnico	Verificar se existe ajuda *on-line* e se o *software* pode ser facilmente actualizado com novos conteúdos e novas ferramentas utilizadas para o ensino.
Compatibilidade técnica	Verificar se o VLE é compatível com sistemas de correio electrónico externo, bases de dados, sistemas de segurança, etc.
Ferramentas do professor	Verificar se o VLE tem ferramentas para efectuar planeamento, gestão e monitorização do curso, bem como os recursos disponíveis para apresentar conteúdos ou informações.
Características para a educação	Capacidade de mudar facilmente os conteúdos de um curso e verificar se os cursos têm uma interface consistente, se existe ajuda *on-line*, etc.
Ferramentas de administração	Capacidade de controlar entradas (*login*), registo *on-line*, contas para convidados, etc.
Características para a administração	Verificar se a instituição compradora do VLE fica com acesso a suporte técnico especializado.
Custos de *software* e *hardware*	Análise dos custos do VLE na compra, manutenção e formação, assim como dos custos dos servidores e sistemas operativos necessários (e.g. Unix, Solaris, Linux, NT Server, etc.).

Para complementar a análise descrita, sugere-se ao leitor a consulta do portal da Edu-Tools, disponível em [Edutools, 03]. Neste portal, são verificadas as características funcionais disponibilizadas por diferentes VLEs, nomeadamente as ferramentas disponíveis aos alunos e as ferramentas de gestão, assim como as características técnicas de cada um. Outro dos aspectos a salientar neste portal prende-se com um serviço que permite comparar VLEs com base nas características e ferramentas pretendidas para determinado curso. Baseado no portal indicado e noutros, apresentam-se na tabela 2.11 alguns dos principais VLEs e ferramentas de *e-learning* disponíveis no mercado.

Tabela 2.11: Principais VLEs e ferramentas de *e-learning* disponíveis no mercado.

ARIADNE	http://ariadne.unil.ch/tools/
Angel	http://www.cyberlearninglabs.com/
Anlon	http://www.anlon.com/
Asymetrix Librarian	http://www.asymetrix.com/
Atutor	http://www.atutor.ca/
Avilar WebMentor	http://home.avilar.com/
Bazaar	http://klaatu.pc.athabascau.ca/cgi-bin/b7/main.pl?rid=1
BlackBoard	http://www.blackboard.com/
BSCW	http://bscw.gmd.de/
CentraOne	http://www.centra.com/products/centraone.asp
Claroline	http://www.claroline.net/
ClassWeb	http://classweb.ucla.edu/
Click2learn Aspen	http://home.click2learn.com/en/aspen/index.asp
Colloquia	http://www.colloquia.net/
CoMentor	http://comentor.hud.ac.uk
CoSE	http://www.staffs.ac.uk/cose
CourseInfo	http://www.softarc.com/
Desire2Learn	http://www.desire2learn.com/
eCollege AU+	http://www.ecollege.com/indexflash.learn
Educator	http://www.ucompass.com/
EduSystem	http://www.mtsystem.hu/edusystem/en/
Eledge	http://eledge.sourceforge.net/
Embanet hosting ANGEL	http://www.embanet.com
FirstClass	http://www.centrinity.com/
Fle3	http://fle3.uiah.fi/
Internet Course Assistant	http://www.nicenet.org/
IntraLearn SME	http://www.intralearn.com/
Janison Toolbox	http://www.janison.com/
Jenzabar's Internet	http://www.jenzabar.net/
Jones e-education V2002	http://www.jonesknowledge.com/

KnowEdge eLearning Suite	http://www.internetion.net/
Learning Landdscapes	http://toomol.bangor.ac.uk
Learning spacee	http://www.lotus.com/
Luvit	http://www.luvit.com/
Manhattan Virtual Classroom	http://manhattan.sourceforge.net/
MimerDesk	http://www.mimerdesk.org/
Moodle	http://moodle.org/
The Learning MManager	http://thelearningmanager.com/
Theorix	http://www.theorix.com/
TopClass	http://www.wbtsystems.com/
Virtual –U	http://www.vlei.com/
WebCT	http://www.webct.com/

2.3.2 Principais limitações

As vantagens dos VLEs para apoio ao ensino são muito significativas, proporcionando uma elevadda flexibilidade através dos recursos que permitem o acesso a cursos a qualquer hora e a partir de qualquer lugar. Procura-se com estes ambientes de ensino à distância manter na sala de aula virtual as principais vantagens da tradicional, chegando em algumaas situações a preencher lacunas evidenciadas no ensino tradicional, nomeadamente ccom a disponibilização de recursos multimédia e de ferramentas que facilitem o ensinno e a aprendizagem. No entanto, os problemas cognitivos, educativos, sociais e culturrais, apontados por Robin Mason, já por si evidenciam que o ensino via *Internet*, utilizzando VLEs, também apresenta alguns aspectos negativos. Outra das questões aponntadas neste capítulo, nomeadamente na subsecção 2.2.3, refere-se ao problema da avvaliação. Embora estes ambientes de ensino forneçam diversas facilidades para acompanhar a progressão do aluno, incluindo algumas possibilidades de avaliação automátitica, é impossível fornecer aos professores os mecanismos que permitam controlar a realização remota de exames.

A impossibiliddade de satisfazer todas as necessidades dos cursos tecnológicos, nomeadamente em ááreas das ciências e engenharias, é no entanto comum a todos os ambientes analisadcos. Neste tipo de áreas é requerida a realização de trabalhos práticos laboratoriais, atrravés de experiências que permitam observar fenómenos físicos. Embora as simulaçõões cubram parte dessas limitações, continua a existir a necessidade de criar infra-estrruturas que possibilitem a realização de experimentações remotas utilizando equipamnentos reais, conforme se descreve no capítulo seguinte.

2.4 Sumário

Neste capítulo discutiu-se o conceito de *e-learning* e o contributo que a tecnologia tem dado para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem, através de recursos informáticos fornecidos a alunos e professores. A sua utilização obrigou a analisar modelos de ensino úteis para a idealização de ambientes de *e-learning,* bem como o interesse em utilizar ferramentas de comunicação no apoio à realização de actividades colaborativas. Com base nestes princípios, efectuou-se uma análise das funcionalidades dos ambientes de *e-learning*, enumerando uma série de considerações e sugestões que servem de base para a sua selecção. Por fim, evidenciaram-se algumas limitações dos actuais ambientes, destacando-se a impossibilidade de realizar experiências, essenciais para a leccionação de cursos ligados às ciências e engenharias. Como consequência desta limitação, no capítulo seguinte descreve-se a experimentação remota e a sua importância e implicações perante o ensino.

Capítulo 3

Experimentação remota via Web

Até há relativamente pouco tempo, os recursos disponibilizados pela *Internet* limitavam-se, na sua maior parte, ao acesso a um conjunto de fontes de informação (e.g. jornais, documentos, artigos, etc.) através do serviço WWW e ao acesso a alguns outros serviços; correio electrónico, transferência de ficheiros, etc. Tratando-se a *Internet* de uma rede informática capaz de transmitir dados entre locais geograficamente distantes, incluiu-se este meio no rol de tecnologias de apoio à educação à distância, existindo mais recentemente a visão de generalizar-se a outros domínios, nomeadamente no suporte à experimentação remota.

Neste capítulo descrevem-se as implicações da experimentação remota no ensino, começando por se definir este novo conceito, apresentando-se as suas vantagens e desvantagens e alertando-se ainda para a importância das ferramentas de comunicação na realização de trabalhos em grupo. Por fim, apresentam-se os aspectos a considerar na implementação de uma infra-estrutura que permita a realização remota de experiências, concluindo-se o capítulo com a apresentação do projecto europeu PEARL, onde se enquadra o trabalho descrito nesta dissertação.

3.1 Vantagens e desvantagens da experimentação via Web

A experimentação remota permite o acesso de utilizadores a um conjunto de equipamentos reais a qualquer hora e a partir de qualquer local com ligação à *Internet* ou a uma *Intranet*. Este tipo de experimentação pode aplicar-se em diferentes áreas, nomeadamente na formação, nos serviços e no ensino. É precisamente nesta última área que este novo conceito tende a crescer como uma extensão do ensino baseado em compu-

tador (*Computer Based Learning*, CBL)[2], em particular nas ciências e nas engenharias. Nestas áreas o trabalho prático é fundamental, porque os alunos necessitam de combinar a componente conceptual, adquirida em aulas teóricas, com a procedimental, a considerar em experiências de laboratório, que lhes permitirão adquirir competências práticas através de um contacto directo com equipamentos e fenómenos reais. O trabalho prático é visto como um complemento fundamental ao ensino, servindo para motivar os alunos para a aprendizagem, ilustrando princípios teóricos adquiridos, ensinando-os a planear, observar, medir, analisar e interpretar resultados, bem como a familiarizar-se com o uso de equipamentos e técnicas laboratoriais [Scanlon et al., 00] e [Freake et al., 00].

No entanto, realizar experiências remotas pela Web, no contexto do ensino, não se limita a disponibilizar o controlo de equipamentos através da *Internet/Intranet*. A entre-ajuda, nomeadamente a possibilidade de realizar experiências em grupo, com alunos geograficamente distantes, e a necessidade de interacção com um professor, não podem ser esquecidas. Neste contexto, a experimentação remota deverá ser capaz de aproximar o laboratório remoto do laboratório convencional, permitindo a interacção aluno-aluno e aluno-professor, assim como um contacto com equipamentos reais muito semelhante ao que tem lugar localmente, fornecendo a flexibilidade desejada em termos de localização, tempo e ritmo de trabalho [Salzmann, 99], [Rohrig et al., 99], [Esche et al., 02], [Bischoff et al., 00] e [Chen et al., 02].

3.1.1 Flexibilidade e partilha de recursos

Quando falamos em experimentação remota via Web, não podemos esquecer a flexibilidade que este novo conceito introduz na vida das pessoas, nomeadamente na sociedade actual, em que a disponibilidade de tempo é cada vez menor. Com base neste pressuposto, um dos principais objectivos da experimentação remota no ensino, é disponibilizar a alunos e professores o controlo e monitorização de um conjunto de equipamentos e experiências laboratoriais, implementados numa ILR, através de um computador com ligação à *Internet/Intranet*, independentemente do local (casa, escritório, escola, etc.) e da hora, conforme ilustra a figura 3.1 [Rohrig et al., 99] e [Esche, 02].

Utilizadores com deficiência física, nomeadamente do tipo motor, serão significativamente beneficiados, uma vez que a experimentação remota permitirá levar ao seu encontro os equipamentos e as experiências laboratoriais. Por outro lado, e tratando-se

[2] Este termo tem o mesmo significado do CBT (*Computer Based Training*) definido no capítulo dois.

a experimentação remota de uma extensão do CBL, será possível desenvolver aplicações informáticas que facilitem a interacção a utilizadores com deficiência visual, auditiva e mesmo mental.

A experimentação remota disponibiliza um laboratório 24 horas por dia, sete dias por semana, fornecendo inúmeras vantagens a alunos e professores. Enquanto os primeiros terão a liberdade de realizar experiências em qualquer altura e ao seu ritmo de trabalho, os segundos terão a possibilidade de introduzir matérias práticas de melhor qualidade nos seus cursos, sem os imperativos impostos pelas limitações de recursos que muitas vezes se fazem sentir, seja por falta de meios, ou pela especificidade dos equipamentos necessários.

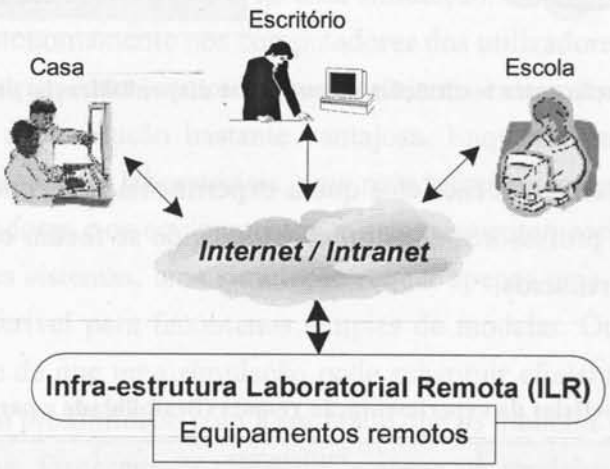


Figura 3.1: Acesso a equipamentos remotos.

Além de disponibilizar o acesso a equipamentos, a experimentação remota no ensino facilita a actualização das próprias experiências. A capacidade de disponibilizar equipamentos e experiências sempre actuais, se considerarmos que a ILR é eficientemente actualizada, será por sua vez flexibilizada pela natureza remota do acesso, que facilita o trabalho aos professores.

A experimentação remota promove ainda a partilha de conhecimento entre instituições. Actualmente a evolução do conhecimento é rápida, dificultando a especialização de todas as instituições, nomeadamente dos seus professores, em diversas áreas. Desta forma, tirando partido da experimentação remota, é possível a diferentes instituições de ensino cooperarem, disponibilizando experiências em áreas da sua competência. Cada instituição será responsável por efectuar a manutenção da sua própria ILR, fornecendo um conjunto de experiências e equipamentos actuais, quer aos seus alunos/professores, quer aos de outras instituições. Enquanto os alunos da instituição,

onde se encontra determinada ILR, poderão aceder às experiências através de uma *Intranet*, os outros recorrem à *Internet* para aceder à mesma experiência, conforme ilustra a figura 3.2. Existirá assim uma partilha de conhecimentos e recursos entre diferentes instituições, melhorando a aprendizagem e motivando a especialização das instituições em áreas específicas.

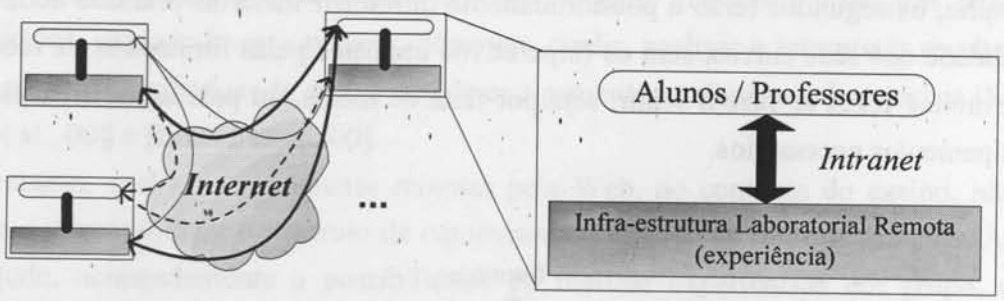


Figura 3.2: Cooperação entre instituições de ensino na disponibilização de experiências remotas.

A tabela 3.1 apresenta os benefícios que a experimentação proporciona às diferentes entidades (alunos, professores e instituições), quando se focam conceitos de flexibilidade e partilha de recursos.

Tabela 3..1: Benefícios da experimentação remota (flexibilidade e partilha de recursos).

Alunos	Professores	Instituições
- Acesso a experiências reais independentemente da hora e local. - Realização das experiências ao seu ritmo. - Estudantes em tempo parcial são largamente beneficiados. - Deslocamentos deixam de ser necessários. - Portadores de deficiência física terão maior facilidade em realizar experiências.	- Acesso às experiências a qualquer hora e em qualquer lugar. - São encorajados a incluir demonstrações práticas nas suas aulas, mesmo que complexas. - Ganham flexibilidade para se dedicarem exclusivamente a estudos de matérias específicas. - Portadores de deficiência poderão leccionar cursos à distância.	- Partilha de conhecimento. - Cooperação na realização de cursos. - Partilha de equipamentos caros e específicos.

3.1.2 Experimentação x Simulação

O ensino de áreas científicas contempla um diverso número de actividades, incluindo aulas, exercícios, simulações e experiências laboratoriais, todas elas de igual modo importantes. No entanto, nomeadamente em áreas da engenharia e ciências que têm por foco resolver problemas do mundo real, o trabalho prático experimental é uma componente fundamental.

Devido ao crescente poder de processamento dos computadores e aos estudos cada vez mais elaborados de modelos matemáticos capazes de representar fenómenos reais, a simulação tem sido largamente utilizada. São muitas as razões apontadas para esta situação, sendo a mais óbvia que os custos inerentes à criação e manutenção de uma ILR serão normalmente superiores aos de uma simulação. De facto, ter aplicações em *software* a correr autonomamente nos computadores dos utilizadores, sem necessidade de controlo de equipamentos remotos, eventualmente extremamente dispendiosos, apresenta-se como uma solução bastante vantajosa. Enquanto uma experimentação remota requer equipamentos laboratoriais, uma rede informática como meio de comunicação entre utilizadores e os equipamentos, e a consequente necessidade de efectuar a manutenção desses sistemas, uma simulação requer apenas uma aplicação informática autónoma, preferível para fenómenos simples de modelar. Outra das razões é a convicção frequente de que uma simulação pode substituir eficientemente uma experimentação, devido à proximidade com a realidade que os modelos de simulação, cada vez mais complexos, fornecem. No entanto, embora os modelos estejam cada vez mais evoluídos, de forma a garantir uma aproximação mais estreita com a realidade, a verdade é que por muito bem idealizados que sejam, existem sempre fenómenos impossíveis de prever. Além disso, existem situações em que a simulação não se justifica, devido à complexidade e à dificuldade em recriar fenómenos através de um modelo matemático que, eventualmente, traria custos de desenvolvimento injustificados, que poderiam ser direccionados para a criação de uma ILR. Por outro lado, sabendo os alunos à partida que uma simulação é desenvolvida com base em modelos passíveis de estar mais ou menos bem idealizados, todo o trabalho prático, desenvolvido com base em simulações, pode ser constantemente questionado, relativamente à sua veracidade e exactidão. Neste pressuposto, a utilização exclusiva da simulação, para evitar a necessidade de desenvolver trabalho prático laboratorial, criaria um enorme distanciamento relativamente ao trabalho desenvolvido num laboratório. Todas estas questões têm impacto na motivação dos alunos para a realização de trabalhos práticos, tornando importante a experimentação remota.

A tabela 3.2 resume as principais considerações apontadas quando se compara a experimentação remota e a simulação, no apoio ao trabalho prático laboratorial realizado no ensino.

Embora as considerações apresentadas façam supor que a experimentação remota seja preferível relativamente às simulações, a realidade é que ambas são necessárias quando se pretende desenvolver trabalhos práticos laboratoriais. A simulação deverá fornecer uma primeira ideia do comportamento dos modelos conceptuais idealizados, processando resultados sem contemplar pormenores imprevisíveis da realidade. A experimentação traduz a implementação prática desses modelos, tendo em consideração todos os fenómenos com que os alunos se deparam na realidade [Rohrig et al., 99] e [Bjarne et al.., 01].

Tabela 3.2: Simulação x Experimentação remota.

	Simulação	Experimentação remota
Custos	Dependentes da complexidade em modelar um fenómeno físico	Equipamentos, suporte informático, manutenção, etc.
Veracidade e exactidão dos resultados	Depende da qualidade do modelo (resultados simulados)	Reais
Motivação no ensino	Média	Alta
Proximidade a um laboratório real	Média	Alta
Tipo de fenómenos mais adequados	Simples e fáceis de modelar	Sistemas complexos

Desta forma, torna-se por vezes importante simular antes de experimentar, sendo um bom exemplo a programação em *assembly* na área da electrónica. Quando se pretende programar um componente (e.g. microcontrolador), dever-se-á começar por desenvolver um modelo conceptual do seu comportamento, através de um diagrama de fluxo e do respectivo código. Muitas vezes o comportamento descrito nesse diagrama de fluxo é extremamente complexo, obrigando a simular passo-a-passo o código que o representa, de forma a descobrir eventuais erros cometidos pelo programador. Neste contexto, deverá haver uma simulação do modelo, antes de o experimentar utilizando um laboratório disponibilizado por uma ILR. Após verificação de que o modelo e o respectivo programa se comportam conforme o desejado, realizada através de uma simulação efectuada localmente, esse modelo poderá ser testado num equipamento real, através da experimentação remota de um protótipo. Se o comportamento real for satisfatório, o projectista poderá implementar o protótipo numa carta. Conforme se representa no diagrama da figura 3.3, todo este processo é iterativo, podendo ser per-

corrido o número de vezes necessárias até que o modelo se comporte nas condições pretendidas, quer na simulação quer na experimentação do protótipo que o representa.

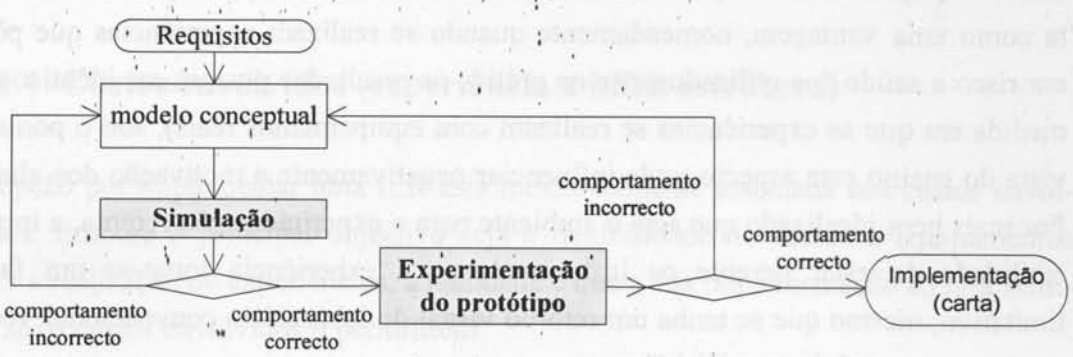


Figura 3.3: Relação entre simulação e a experimentação.

3.1.3 Complemento x substituição do acesso ao laboratório

O objectivo da experimentação remota é levar ao encontro dos utilizadores os equipamentos indispensáveis para que estes possam realizar uma experiência, idealmente nas mesmas condições em que a fariam localmente em laboratório.

Realizar experiências remotas requer um maior número de competências por parte dos utilizadores, nomeadamente uma maior sensibilidade para questões associadas à utilização da *Internet*. Controlar equipamentos de forma remota impõe algumas restrições, obrigando à preparação do aluno para eventuais problemas que daí possam advir, nomeadamente quanto a dificuldades em estabelecer a ligação à ILR, ou mesmo à possibilidade da rede apresentar baixas velocidades de transmissão, que dificultem a realização de algumas experiências. Também o professor, ao criar determinada experiência para ser realizada remotamente, deverá estar sensibilizado para as baixas velocidades de transmissão da *Internet*, restringindo a sua realização aos casos em que os tempos de resposta requeridos são baixos para a observação de determinados fenómenos (e.g. observar um LED a piscar só será possível se a rapidez da transmissão e a sua rapidez de comutação de estado forem compatíveis).

Para além de depender dos recursos informáticos, a substituição do acesso local a um laboratório pelo acesso remoto, apresenta diversas implicações no que respeita à interacção entre os participantes. O trabalho de laboratório é geralmente realizado em grupo, onde diferentes alunos e professores interagem para trocar ideias, opiniões e sugestões durante a realização de uma experiência. Desta forma, aceder a um laboratório e controlá-lo remotamente é diferente, mesmo que se implementem ferramentas

colaborativas com o objectivo de tornar equivalente a interacção da experimentação local e remota.

Outro aspecto reside na dificuldade de se proporcionar um contacto físico e visual com os equipamentos e experiências. Embora esta dificuldade possa por vezes ser vista como uma vantagem, nomeadamente quando se realizam experiências que põem em risco a saúde dos utilizadores (e na prática os resultados possam ser idênticos, na medida em que as experiências se realizam com equipamentos reais), sob o ponto de vista do ensino este aspecto pode influenciar negativamente a motivação dos alunos. Por mais bem idealizado que seja o ambiente para a experimentação remota, a impossibilidade de estar perante os instrumentos e a experiência torna-se um factor limitativo, mesmo que se tenha um retorno visual do laboratório convencional, recorrendo por exemplo a uma WebCam.

Sob o ponto de vista pedagógico, a experimentação remota não consegue abranger todas as tarefas encontradas num laboratório comum, uma vez que se está limitado a uma experiência previamente criada e disponibilizada para acesso remoto através de uma ILR. Desta forma, conforme se ilustra na figura 3.4, a competência requerida ao utilizador remoto limita-se à realização de uma experiência à distância, não sendo requerido o desenvolvimento e o contacto directo, que teriam normalmente lugar num laboratório convencional.

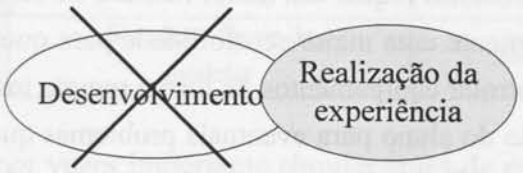


Figura 3.4: A experimentação remota salvaguarda exclusivamente a realização da experiência.

Um exemplo desta limitação pode ser encontrado na área da electrónica, onde existem duas componentes importantes:

- Desenvolver a experiência em cartas de demonstração.
- Testar essas cartas de demonstração utilizando instrumentação electrónica.

O desenvolvimento das cartas de demonstração pressupõe a montagem e ligação de circuitos, obrigando o utilizador a contactar directamente com componentes electrónicos, o que não é possível na experimentação remota. Por outro lado, a experimentação da carta de demonstração poderá ser implementada, mais ou menos eficientemente, tendo em conta as limitações apontadas à *Internet/Intranet*, nomeadamente no que se refere à sua velocidade.

Desta forma, embora a experimentação remota seja uma mais valia para a melhoria da qualidade do ensino, ela não se apresenta como uma verdadeira substituta da experimentação local, mas sim como um complemento a considerar.

3.1.4 Custos envolvidos (experiência x infra-estrutura)

A opção por implementar uma ILR está inevitavelmente associada aos custos envolvidos. Embora o principal objectivo seja a flexibilidade no acesso a equipamentos para a realização de experiências, a realidade é que a sua implementação só fará sentido se os custos envolvidos o permitirem.

Não existem dúvidas de que um laboratório tradicional, com equipamentos disponíveis para todos e a qualquer hora, seria preferível face a um laboratório remoto. No entanto, esta solução pode tornar-se proibitiva em determinadas experiências, onde os custos da presença de técnicos, dos equipamentos e de manutenção, sejam demasiado elevados.

Antes de se optar por desenvolver uma ILR, deverá efectuar-se uma análise do custo da experiência, nomeadamente dos equipamentos e dos custos envolvidos no seu desenvolvimento e manutenção, de modo a possibilitar a realização das experiências pretendidas. A figura 3.5 ilustra a importância destas duas variáveis na opção por disponibilizar uma determinada experiência de forma remota ou local.

Figura 3.5: Opção por controlo remoto ou local com base nos custos da ILR/experiência.

Se o custo da experiência for suficientemente baixo em comparação com o custo de desenvolver e manter a ILR, a opção por disponibilizar o acesso local ao laboratório poderá ser preferível (e.g. uma simples montagem na área da electrónica, onde se ne-

cessite apenas de alguns componentes e de um simples multímetro para efectuar medições)[3].

Se o custo da experiência for superior ao custo de desenvolver e manter uma ILR, a opção por disponibilizar o controlo remoto via Web apresenta-se como uma possibilidade atractiva (e.g. utilizar um microscópio electrónico).

Quando os custos da experiência e da ILR apresentam valores sensivelmente idênticos, outros factores deverão ser ponderados. Neste contexto, a flexibilidade e a partilha de recursos que a experimentação remota fornece, terão inevitavelmente repercussão na redução das despesas com as deslocações dos utilizadores. Para além disso, a partilha de conhecimento permitirá reduzir custos na investigação (equipamentos e mão de obra), uma vez que cada instituição poderá ficar encarregue de uma determinada área. No entanto, a opção por uma destas soluções (local ou remota) deverá ainda ter em consideração as limitações apontadas à experimentação remota, que a classifica como um complemento e não como uma substituta da experimentação local.

3.2 Importância das ferramentas de comunicação

A implementação de uma ILR para a realização de experimentações remotas via Web não se deve restringir a disponibilizar uma interacção utilizador-experiência. É importante considerar todos os aspectos associados à sua realização local em laboratório, onde os utilizadores interagem sobre a mesma experiência, trocando ideias, sugestões e opiniões entre si. Com este objectivo, deverão ser disponibilizadas aplicações que permitam aos vários utilizadores colaborar na realização de trabalhos laboratoriais. A estas aplicações dá-se habitualmente a designação de *Groupware*, correspondendo a um conjunto de ferramentas de comunicação, síncronas ou assíncronas, que promovem o trabalho em grupo, utilizando computadores e redes informáticas. Os contextos de utilização de *Groupware* podem ser classificados em diferentes quadrantes, baseados na interoperabilidade promovida no trabalho em grupo, dependendo do local dos utilizadores (no mesmo ou em diferentes locais) e do tipo de comunicação pretendida (instantânea/tempo-real ou retardada), conforme apresenta a tabela 3.3 [Colwell et al., 00].

Desta forma, o objectivo das ferramentas de comunicação é promover o fluxo de informação eficiente e adaptado a cada experiência, sendo importante distinguir a

[3] Isto não invalida no entanto o interesse de se disponibilizar a correspondente ILR, se tal for possível, pelas mais valias já apontadas.

comunicação síncrona da assíncrona e o seu contributo para a realização de trabalho cooperativo, de forma a promover a aprendizagem dos vários elementos desse grupo.

Tabela 3.3: *Groupware* e contextos de utilização.

	Comunicação instantânea	Comunicação retardada
Mesmo local	frente a frente (não se utiliza)	assíncrona (e.g. correio electrónico)
Diferentes locais	síncrona (e.g. vidéoconferência)	assíncrona (e.g. correio electrónico)

3.2.1 Trabalho cooperativo, aprendizagem colaborativa

A experimentação remota via Web deverá permitir a realização de *trabalho cooperativo* (*Computer Supported Cooperative Working*, CSCW), de forma a promover uma *aprendizagem colaborativa* (*Computer Supported Collaborative Learning*, CSCL). Estes dois conceitos são distintos, tornando-se importante esclarecer o seu significado no contexto do trabalho em grupo.

O *trabalho cooperativo* refere-se à situação de vários elementos, pertencentes a um mesmo grupo de trabalho, realizarem tarefas diferentes (complementares), com o objectivo de atingirem o mesmo fim. A *aprendizagem colaborativa* decorre da realização das mesmas tarefas em paralelo pelos vários elementos dos grupos que, através da troca de ideias, sugestões e conhecimentos, concretizarão a aprendizagem. Desta forma, na experimentação remota haverá a necessidade de se utilizarem ferramentas que suportem a realização conjunta do trabalho, permitindo a troca de conhecimentos entre os diferentes elementos, antes, durante e após a realização das tarefas de cada um.

O diagrama da figura 3.6 evidencia a importância que estes dois conceitos têm na experimentação remota no âmbito do ensino, alertando para a necessidade de se utilizarem ferramentas de comunicação que satisfaçam os requisitos identificados.

Neste contexto, é interessante analisar o exemplo da programação de um dispositivo lógico programável (*Field Programmable Gate Array*, FPGA), onde as várias componentes da especificação poderão ser distribuídas pelos elementos do grupo. Durante a realização das suas tarefas, cada elemento poderá comunicar com os restantes e eventualmente com um professor, que estará a acompanhar a experiência. Nesta situação, e uma vez que os diferentes elementos do grupo, incluindo o professor, podem estar geograficamente distantes, torna-se indispensável a utilização de ferramentas que

permitam a comunicação entre todos, de forma a que se atinja o resultado final e a aprendizagem que daí possa advir.

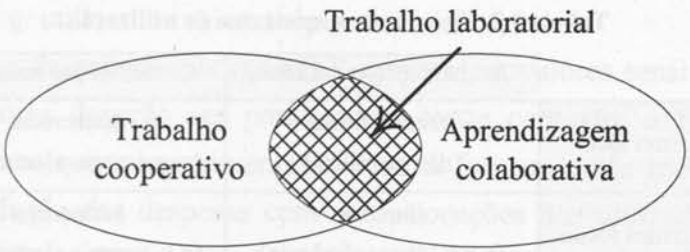


Figura 3.6: Relação entre a aprendizagem colaborativa e o trabalho cooperativo.

Todos estes conceitos deverão ser considerados na planificação do tipo de *Groupware* a utilizar, nomeadamente para se identificar se é necessária a comunicação instantânea (tempo real), através de ferramentas síncronas, ou retardada, através de ferramentas assíncronas.

3.2.2 Comunicação síncrona e assíncrona

A comunicação síncrona permite uma interacção em tempo real entre os utilizadores, de modo que a realização de uma experiência remota se assemelhe a uma experiência realizada num laboratório convencional, onde vários utilizadores têm a possibilidade de comunicar entre si a qualquer momento. Este tipo de interacção fornecerá aos alunos um modo mais eficiente de realizar trabalhos em grupo, na medida em que poderão trocar ideias, sugestões e opiniões entre si ou com professores, a qualquer momento. Por outro lado, quando as experiências em curso requerem cooperação entre os vários elementos e os meios disponíveis se limitam a sistemas de comunicação síncronos, a flexibilidade poderá ser posta em questão, uma vez que se obriga à disponibilidade simultânea de professores e alunos. Este tipo de comunicação é importante para situações em que os cursos ministrados requeiram um suporte mais eficiente, nomeadamente em demonstrações, ou quando se procura aproximar o laboratório remoto do convencional. Esta comunicação síncrona é eficientemente implementada através de videoconferência, que fornece uma comunicação áudio e vídeo entre dois ou mais utilizadores da ILR. A comunicação escrita (por *chat)*, embora distancie o laboratório remoto do convencional, insere-se neste tipo de comunicação, uma vez que permite a interacção em tempo real tendo como vantagem a menor sensibilidade à velocidade de transmissão existente na *Internet/Intranet*. Por

fim, importa alertar que estas ferramentas de comunicação devem ser incluídas no mesmo ambiente utilizado para a interacção com a ILR, de forma a que os utilizadores possam comunicar entre si, ao mesmo tempo que realizam a experiência.

A comunicação assíncrona não partilha este objectivo de aproximar o laboratório remoto do convencional, permitindo aos utilizadores, pertencentes a um mesmo grupo de trabalho, comunicarem de forma retardada. Desta forma, a comunicação assíncrona proporciona uma maior flexibilidade temporal aos diferentes utilizadores, uma vez que, durante a realização de uma experiência remota, não os obriga a estar ligados simultaneamente à ILR. Um exemplo é a troca de ficheiros ou mensagens de correio electrónico entre utilizadores que realizem determinada experiência remota, uma vez que não requer a atenção simultânea dos participantes, nem que respondam imediatamente à informação trocada. Durante a realização de uma experiência remota, e à medida que vão aparecendo dúvidas, os alunos podem enviá-las por correio electrónico para um professor ou um tutor, que mais tarde poderá responder, utilizando o mesmo meio. Uma das vantagens deste tipo de comunicação reside na persistência da informação trocada, garantindo um registo, evitando que as ideias se percam, como acontece numa conversa através de comunicação síncrona. Em termos pedagógicos, o registo poderá ser importante, pois a troca de informação entre utilizadores pode servir como referência posterior, quando outros realizarem a mesma experiência remota. Como exemplo típico podem referir-se as FAQ, que poderão ser uma ajuda muito importante na realização de uma experiência remota, uma vez que todas as dúvidas colocadas por um determinado utilizador, e as respectivas respostas, ficam permanentemente registadas, permitindo a consulta posterior. A integração simultânea deste tipo de ferramentas de comunicação com o ambiente para controlo da ILR não é um requisito, quer pelo custo acrescido que impõe, quer porque algumas experiências podem ser realizadas por uma só pessoa [Bischoff et al., 00] e [Graziadei et al., 02].

A tabela 3.4 apresenta os principais factores comparativos na utilização de ferramentas para comunicação síncrona e assíncrona, no âmbito da experimentação remota.

Tabela 3.4: Comunicação síncrona e assíncrona na experimentação remota.

	Síncrona	Assíncrona
Aproximação ao laboratório convencional	Aproxima	Afasta
Vocacionada para apresentações	Sim	Não
Flexibilidade temporal	Baixa	Alta
Informação persistente e reutilizável	Não	Sim
Integração no mesmo ambiente	Aconselhável	Não

3.3 Arquitectura de uma ILR

O desenvolvimento de uma infra-estrutura que permita realizar experiências laboratoriais remotas via Web (a ILR), requer uma arquitectura que suporte as funcionalidades necessárias para realizar a interface com os equipamentos envolvidos. De forma a abranger o maior número de utilizadores, a arquitectura geralmente adoptada para a sua implementação rege-se por um modelo do tipo cliente-servidor, em detrimento do modelo ponto-a-ponto. Embora ambos os modelos tenham por objectivo interligar computadores, permitindo uma ligação entre a ILR e os utilizadores (clientes), a ligação ponto-a-ponto torna-se muito limitada quando se pretende abranger um grande número de máquinas, uma vez que necessita de ligação directa de cabos entre os computadores dos utilizadores e o servidor da ILR, responsável pela comunicação utilizador-experiência. Desta forma, embora mais complexa de gerir e implementar, a opção por uma arquitectura do tipo cliente-servidor, ilustrada na figura 3.7, apresenta mais vantagens, nomeadamente no que se refere à flexibilidade de acesso, permitindo a ligação de vários utilizadores ao servidor, sem a necessidade de se efectuarem alterações na ILR.

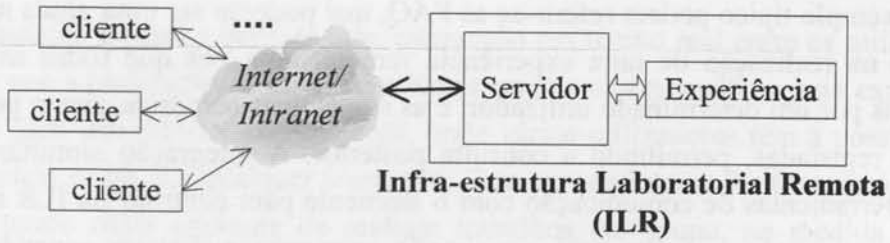


Figura 3.7: Arquitectura cliente-servidor utilizada no acesso a uma ILR.

O utilizador terá a possibilidade de enviar comandos para o controlo dos equipamentos remotos e, eventualmente, dados estruturados (e.g. ficheiros de programação) para efectuar configurações específicas na ILR. Por outro lado, o servidor da ILR responde às acções dos utilizadores com os resultados das experiências, através de indicações gráficas, imagens e relatórios, entre outros [Gillet et al., 99].

O servidor fará a ponte entre a experiência remota e a rede informática responsável por estabelecer o canal de comunicação para o utilizador, sendo ainda responsável por fornecer o material de suporte à realização de determinada experiência, incluindo interfaces que permitam o controlo/observação dos parâmetros envolvidos.

Conforme se ilustra na figura 3.8, para implementar uma ILR será necessário uma camada de *software* (camada lógica), responsável por controlar, monitorar e gerir todos os recursos da infra-estrutura, e uma camada de *hardware* (camada física), referente à ILR (equipamentos, experiência e servidor).

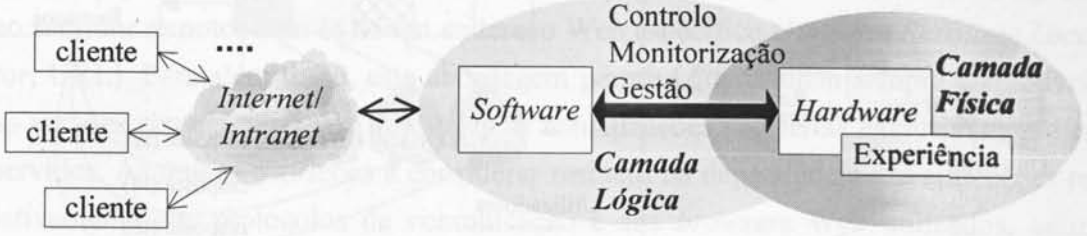


Figura 3.8: Camada física e camada lógica utilizadas no desenvolvimento de uma ILR.

3.3.1 A camada lógica de uma ILR

A camada lógica é a responsável por efectuar todo o controlo, monitorização e gestão da ILR. O controlo e a monitorização poderão ser efectuados de forma síncrona ou assíncrona. Embora ambas as soluções permitam o controlo remoto de equipamento real, a opção por cada uma deverá ser ponderada com base na aplicação pretendida.
Controlar sincronamente instrumentos remotos, permite aos utilizadores efectuar um controlo em tempo real, muito semelhante ao que realizariam localmente num laboratório. No entanto, e embora a experimentação remota tenha como principal objectivo permitir aos utilizadores efectuar experiências com instrumentos reais a partir de qualquer lugar e em qualquer altura, o controlo síncrono põe em causa a permanente disponibilidade do laboratório, na medida em que o acesso dos utilizadores só é possível quando o laboratório está livre. Neste pressuposto, haverá a necessidade de gerir os acessos ao laboratório através da marcação prévia do horário pretendido. Por outro lado, a interacção assíncrona com o equipamento remoto é gerida de forma mais eficiente, permitindo a submissão de dados para as experiências em qualquer instante, sem ter que efectuar reservas prévias. Nesta situação, as experiências solicitadas terão que ser geridas por filas de espera, para as quais os utilizadores remotos enviam as configurações ou dados necessários à sua realização. Estes dados poderão ficar em fila de espera se a ILR estiver ocupada, ou em caso contrário ser imediatamente transferidos, possibilitando a obtenção imediata dos resultados da experiência. A figura 3.9 ilustra a diferença entre estas duas aproximações possíveis para a realização de experiências

remotas, salientando-se a sequência temporal das operações no controlo assíncrono, possivelmente através dos tempos indicados.

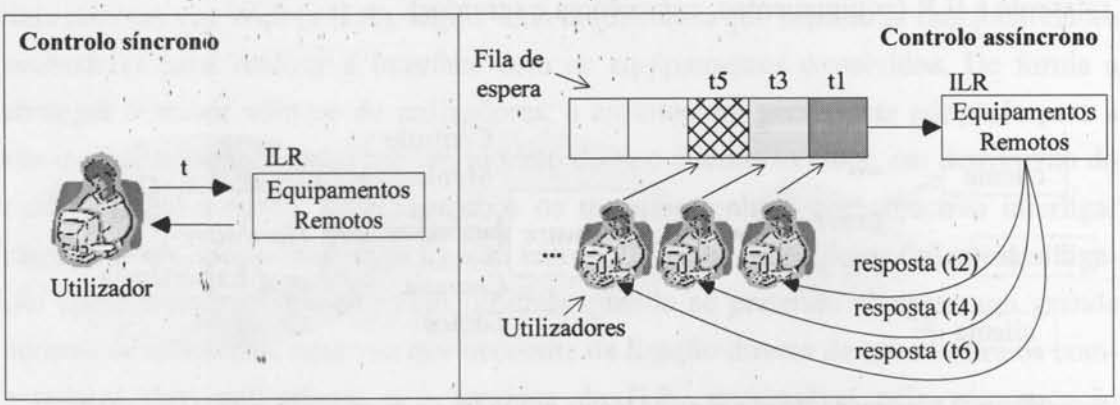


Figura 3.9: Controlo síncrono e assíncrono de uma ILR.

Em ambos os casos a ILR deverá permitir a realização de trabalhos em grupo, possibilitando aos vários utilizadores uma interacção sobre a mesma experiência. Por outro lado, o controlo síncrono, no âmbito do ensino, poderá ser utilizado para a realização de apresentações à distância, sendo neste contexto aconselhável suportar duas formas de interacção com a ILR: para controlo e para observação. A primeira permitirá controlar a ILR, possibilitando a apresentação de uma experiência a uma plateia, geograficamente separada, que eventualmente só a poderá observar, através da segunda forma de interacção.

A opção por um controlo síncrono ou assíncrono terá ainda implicações sobre a escolha da ferramenta de comunicação a utilizar. Uma vez que o controlo síncrono tem por objectivo recriar o laboratório convencional, onde diferentes utilizadores interagem simultaneamente com a ILR, a comunicação entre eles deverá ser realizada de forma síncrona. Por outro lado, a comunicação assíncrona deverá ser sempre suportada, qualquer que seja o modo de controlo implementado para a ILR, pois existem situações onde poderá ser necessário trocar ficheiros, mensagens, etc. (para além das vantagens associadas ao registo da troca de informação, conforme já referido).

A implementação da camada lógica, além de possibilitar o controlo da ILR, deverá ainda tornar flexível o acesso dos utilizadores remotos. Neste contexto, estes terão acesso a interfaces que lhes serão disponibilizados segundo um modelo *Thin Client* ou *Thick Client* [Alves, 00].

No modelo *Thin Client*, o utilizador terá acesso às interfaces de controlo disponibilizadas pelo servidor da ILR através de um simples *browser* Web (e.g. Internet Explorer [Microsoft, 03c], Netscape [Netscape, 03b], etc.). Com a excepção do

browser Web e de possíveis aplicações adicionais a ele associadas, eventualmente necessárias para interpretar linguagens específicas (*Plug-Ins)*, não se requer que o utilizador tenha permanentemente instalado no seu computador uma interface específica para controlar a ILR. A grande vantagem desta aproximação reside na flexibilidade proporcionada aos utilizadores remotos, permitindo-lhes utilizar qualquer computador, na medida que as interfaces são descarregadas na altura da ligação ao servidor remoto, através de um endereço Web específico (*Uniform Resource Locator*, URL). Para além disso, esta abordagem permite que estejam sempre disponíveis as versões actuais, uma vez que todas as actualizações são feitas exclusivamente no servidor. As únicas restrições a considerar residem na dependência das aplicações relativamente aos protocolos de comunicação e aos *browsers* Web utilizados, assim como à dificuldade em criar interfaces com tamanho suficientemente pequeno, de forma a que sejam facilmente descarregadas através da *Internet.*

O modelo *Thick Client* apresenta-se menos flexível, pois requer que as interfaces para controlar a ILR estejam permanentemente instaladas nos computadores dos utilizadores. Embora não esteja dependente de um *browser* Web e dos respectivos protocolos de comunicação, o processo de actualização das interfaces torna-se mais complexo, havendo a necessidade de efectuar actualizações em cada computador utilizado. Desta forma, e uma vez que um dos objectivos fundamentais no desenvolvimento de uma ILR é tornar flexível o acesso dos utilizadores, a aproximação *Thin Client* apresenta-se como a mais aconselhável.

Outra das funções da camada lógica é a gestão da ILR, nomeadamente para a gestão de clientes, o controlo de acessos ao laboratório e a gestão de reservas (em caso de controlo síncrono), entre outras. Neste pressuposto, conforme se ilustra na figura 3.10, será necessário implementar um modelo que salvaguarde as funcionalidades de gestão necessárias.

O modelo contém três camadas: o *cliente*, que representa os utilizadores da ILR, o *servidor*, que contém o *software* para controlo e monitorização dos equipamentos remotos e para a gestão da ILR (eventualmente um sistema que registe acções realizadas pelos utilizadores remotos), e uma camada de *dados persistentes* implementada através de um SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados), que conterá toda a informação referente aos utilizadores registados, reservas efectuadas, etc.

Dependendo das funcionalidades a adoptar na ILR, nomeadamente se o controlo é síncrono ou assíncrono, e do modelo do cliente (*Thin* ou *Thick*), entre outras, diferentes tecnologias poderão ser usadas, conforme se descreve em [Alves, 00].

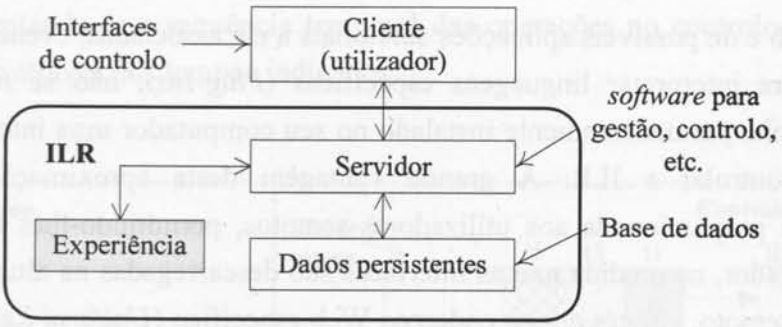


Figura 3.10: Modelo utilizado na camada lógica para gestão de uma ILR.

3.3.2 A camada física de uma ILR

A camada física deverá ser constituída por equipamentos capazes de controlar localmente as experiências, mediante a recepção de um conjunto de comandos dos utilizadores remotos. Alguns desses equipamentos deverão ainda disponibilizar resultados das acções realizadas pelos utilizadores sobre a experiência, podendo existir um retorno visual da ILR, utilizando uma ou mais WebCams.

Além de um servidor Web, para que os requisitos apontados sejam cumpridos, será necessário escolher convenientemente todo o *hardware* desta camada. Todos os equipamentos usados para controlar as experiências deverão ter um processamento dedicado, de modo a que possam realizar as suas tarefas autonomamente, sem ser necessário qualquer tipo de processamento no servidor ou nos computadores dos utilizadores remotos. Desta forma, conforme se representa na figura 3.11, todos os equipamentos necessitam de estar interligados em rede, através de um barramento com ou sem controlo dedicado, na medida que os dados que o percorrem são comandos simples.

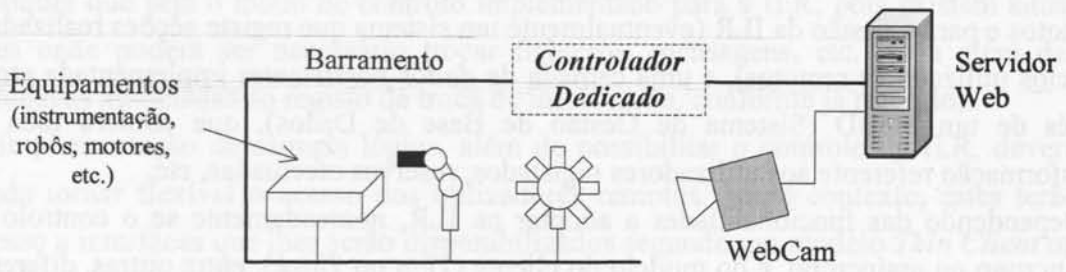


Figura 3.11: Interligação de equipamentos numa ILR.

A ligação dos diferentes equipamentos à *Internet/Intranet* deverá ser realizada pelo servidor Web, que possibilitará o acesso remoto dos diferentes utilizadores, conforme referido. A opção por esta arquitectura tornará a ILR flexível, facultando a inclusão ou retirada de equipamentos. Neste contexto e conforme se descreve pormenorizadamente em [Alves, 00], deverão ser considerados dois tipos de barramentos:

- Barramento de controlo (*Control Bus*). Usado para interligar sensores e actuadores, usando ligações físicas muito simples e específicas para a troca de pequenas quantidades de dados a elevadas velocidades (e.g. CAN - *Control Area Network*) [CAN, 03].
- Barramento de instrumentação (*Instrumentation Bus*). Usado para interligar vários instrumentos, controlados por um computador (*Instrumentation Controlled by Computer*, ICC) possibilitando a troca de dados mais complexos a velocidades elevadas (e.g. *PXI - PCI eXtensions for Instrumentation*) [PXI, 03].

O controlo síncrono da ILR terá implicações na disponibilidade de acesso às experiências remotas, já que se torna necessária a marcação prévia. Uma solução para ultrapassar esta limitação seria replicar as experiências existentes e os respectivos equipamentos, interligando-os a um servidor, ou replicar as ILRs, conforme se ilustra na figura 3.12.

Estas soluções permitirão também salvaguardar aspectos de fiabilidade, uma vez que a redundância introduzida garantirá que eventuais falhas na ILR sejam ultrapassadas. No entanto, estas soluções poderão tornar-se inviáveis devido ao custo do equipamento envolvido. Desta forma, e quando a permanente disponibilidade da ILR não é um requisito fundamental, pode-se optar por uma solução assíncrona, onde o processamento remoto se realiza sobre a fila de pedidos submetidos pelos utilizadores.

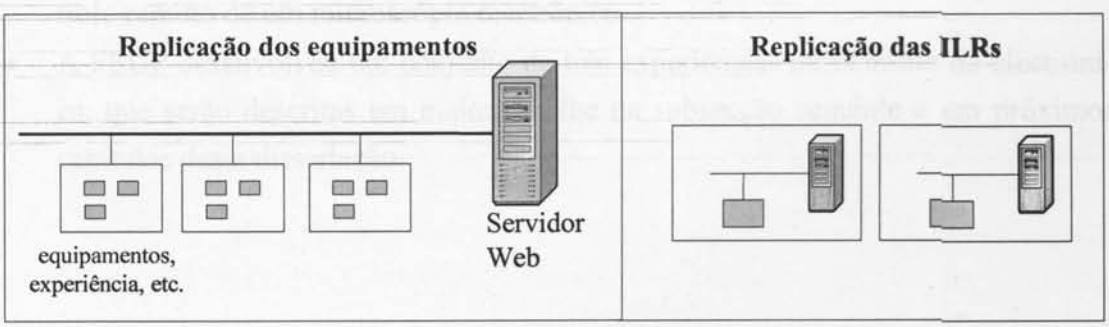


Figura 3.12: Replicação de toda a ILR ou só das experiências e dos respectivos equipamentos.

Uma ILR deverá ser versátil e adaptável a várias experiências. Neste pressuposto e sempre que possível, deveremos implementar um sistema que permita alternar automaticamente entre várias experiências, sem que haja necessidade da intervenção de um técnico. Este sistema poderá ser realizado através de uma comutação automática, controlada por um equipamento específico, que permita alterar as ligações dos equipamentos às experiências disponíveis, conforme se ilustra na figura 3.13.

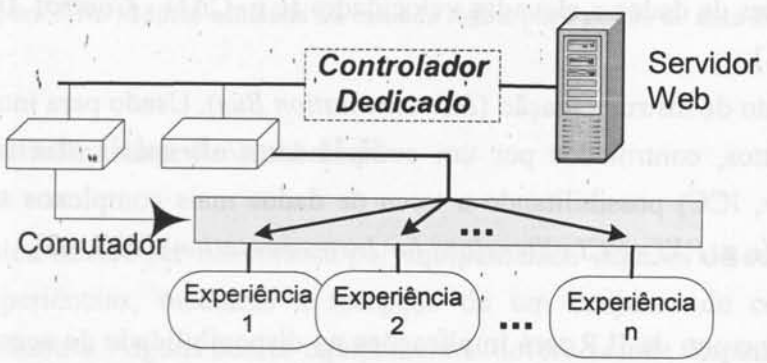


Figura 3.13: Sistema de comutação que permite a partilha de várias experiências numa ILR.

Se não houver interesse em ter as várias experiências disponíveis em simultâneo, esta solução apresenta-se muito interessante, pois além de evitar a intervenção de um técnico para alterar as ligações físicas entre os equipamentos e as experiências (tudo poderá ser feito de forma remota e automática), permitirá uma redução dos custos, uma vez que permite reutilizar os mesmos equipamentos em várias experiências.
Todas estas considerações deverão ser analisadas, procurando-se sempre a situação mais flexível, económica e reutilizável, de forma a que os beneficiados sejam sempre os utilizadores e as instituições que disponibilizam as experiências.

3.4 O projecto PEARL

O projecto europeu PEARL[4] teve início em Março de 2000 e prolongou-se até Maio de 2003, com o objectivo de desenvolver um conjunto de experiências remotas via Web em diversas áreas. Este projecto foi financiado pela Comissão Europeia no âmbito do programa IST e teve um custo total de 1,7 M€, dos quais 263 K€ corresponderam à participação da FEUP. O consórcio que desenvolveu este projecto foi liderado pela Open University (Inglaterra) e incluiu ainda a Open University Worldwide (Inglaterra), a Universidade de Dundee (Escócia), o Trinity College de Dublin (Irlanda) e a Zenon (Grécia) [Ferreira et al., 02].

3.4.1 Áreas de trabalho

Cada instituição pertencente ao consórcio PEARL ficou responsável por uma ILR para a realização de experiências remotas no âmbito do ensino:

- O Trinity College de Dublin desenvolveu experiências relacionadas com a inspecção visual automática sobre cartas de circuito impresso.
- A infra-estrutura desenvolvida pela Open University permite efectuar dois tipos de experiências: a primeira permite aos alunos analisar o espectro da luz, utilizando o controlo remoto de um espectrómetro, enquanto a segunda permite a utilização de um colorímetro para a análise de soluções químicas. Esta experiência foi suportada pela Zenon, que forneceu os automatismos para o controlo remoto de um robô usado na preparação das soluções químicas.
- O Departamento de Bioquímica da Universidade de Dundee desenvolveu uma experiência que permite o estudo da estrutura interna de células, através do controlo remoto de um microscópio electrónico.
- A FEUP desenvolveu um conjunto de três experiências no domínio da electrónica, que serão descritas em maior detalhe na subsecção seguinte e em próximos capítulos desta dissertação.

[4] O portal deste projecto está disponível em http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/

3.4.2 Contribuição da FEUP

A FEUP desenvolveu uma ILR que disponibiliza um laboratório remoto para a realização de experiências nas seguintes áreas:

- Programação de microcontroladores. Nesta experiência os alunos desenvolvem localmente o código que será executado por um microcontrolador da família 8051.
- Configuração de um dispositivo lógico programável. Nesta experiência os alunos desenvolvem localmente o código para configurar uma FPGA com circuitos digitais simples (e.g. contadores, registos de deslocamentos, máquinas de estado, etc.)
- Teste de circuitos digitais e mistos. Nesta experiência os alunos interagem com *hardware* que suporta as normas de teste IEEE 1149.1 e 1149.4 (teste estrutural e paramétrico) [IEEE 1149.1, 01], [IEEE 1149.4, 99] e [Ferreira, 00].

Para possibilitar o acesso remoto via Web às diferentes interfaces, implementou-se um modelo cliente-servidor que permite aos utilizadores o controlo síncrono dos equipamentos do laboratório disponibilizado pela ILR, segundo o modelo *Thin Client*. As soluções desenvolvidas foram implementadas com base na camada física, referente aos equipamentos da ILR, controlados segundo uma camada lógica.
A camada física foi implementada com base num servidor Web, num sistema de instrumentação PXI [PXI, 03] com instrumentação electrónica, cartas de demonstração para suporte às experiências pretendidas, e uma WebCam, conforme se ilustra na figura 3.14.

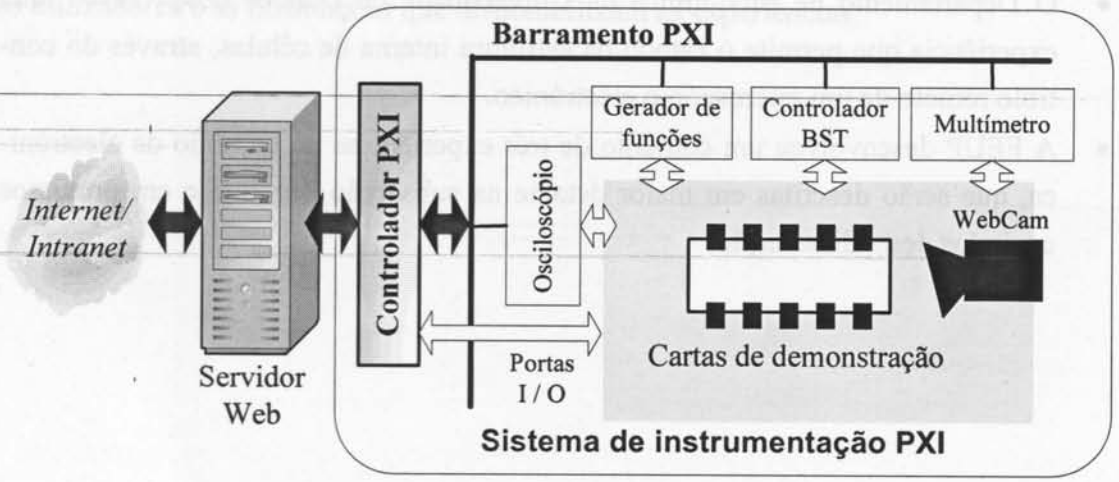


Figura 3.14: Diagrama da ILR implementada na FEUP.

O servidor Web é o responsável por estabelecer a comunicação com os utilizadores remotos através da *Internet/Intranet*, bem como por gerir as funcionalidades da ILR e disponibilizar as interfaces para a realização das experiências. O servidor interligou-se, através de uma rede *Ethernet*, ao sistema de instrumentação PXI, nomeadamente ao seu controlador (utilizou-se uma interface PXI com ligação *Ethernet*), responsável por controlar os diferentes instrumentos, nomeadamente o osciloscópio, o gerador de funções, o controlador BST (*Boundary Scan Test*) referente à norma IEEE 1149.1, o multímetro digital e as portas de entrada e saída digitais. Conforme apresentado na tabela 3.5, com a excepção do controlador BST, adquirido à Goepel [Goepel, 03], todos os restantes instrumentos usados no barramento PXI, incluindo o próprio chassis e controlador, foram adquiridos à National Instruments [National, 03b]. Utilizou-se ainda uma WebCam para permitir o retorno visual da ILR, que pode ser ligada a qualquer computador (e.g. servidor, controlador do sistema PXI, ou outro).

A camada lógica responsável por controlar todas as funcionalidades do laboratório foi escolhida com o objectivo de permitir o controlo remoto da instrumentação interligada ao barramento PXI e de gerir as funcionalidades do laboratório, nomeadamente o registo de clientes, as reservas (uma vez que se optou pelo controlo síncrono), o controlo de acessos, a administração do sistema, etc.

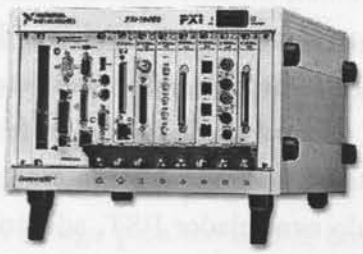
O controlo dos instrumentos foi realizado com base no *software* LabVIEW [National, 03a], instalado no controlador PXI. Com este *software* desenvolveu-se um conjunto de instrumentos virtuais (*Virtual Instruments,* VI), que comunicando com bibliotecas dinâmicas (*Dynamic Link Library*, DLL) possibilitam o controlo local dos diferentes instrumentos. No entanto, e uma vez que se pretendia o seu controlo remoto, recorreu-se ao *software* AppletVIEW [Nacimiento, 02], instalado no servidor Web, para a construção de um conjunto de interfaces em Java [Sun, 03][5]. Estas interfaces, denominadas *Applets*, são incluídas em páginas Web acessíveis aos utilizadores, permitindo o controlo remoto dos diferentes instrumentos.

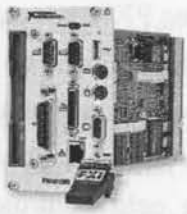
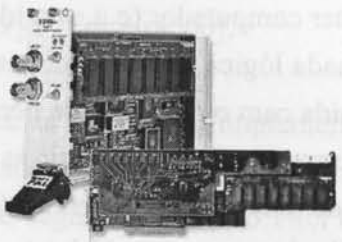
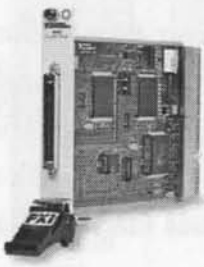
Por outro lado, a gestão e monitorização da ILR foi realizada com base em páginas dinâmicas desenvolvidas com a tecnologia JSP (*Java Server Pages*) [Sun, 00] e objectos Java que correm no servidor remoto, denominados *Servlets* [Sun, 02a]. A estas tecnologias juntou-se a linguagem HTML [W3C, 03a], animações gráficas, desenvolvidas com base na linguagem Flash da Macromedia [Macromedia, 03], e a linguagem JavaScript [Netscape, 03a] para a implementação de outras funcionalidades (e.g. validar formulários preenchidos por um utilizador).

[5] Embora a versão actual do *software* AppletVIEW suporte já o controlo remoto via Web, esta situação não tinha lugar aquando do início do projecto PEARL.

Tabela 3.5: Componentes PXI utilizados na ILR que implementa o laboratório remoto.

Chassis do sistema PXI
National Instruments / PXI-1000B



Controlador PXI National Instruments / PXI-8170 	**Gerador de funções** National Instruments / PXI-5401 
Osciloscópio Digital National Instruments / PXI-5112 	**Multímetro Digital** National Instruments / PXI-4060
Controlador BST Goepel Electronics / PXI-BST 1149.1 	**Interface Ethernet / Wide Ultra SCSI** National Instruments / PXI-8210

Todas estas tecnologias correm sobre os servidores Web IIS (*Internet Information Server)* [Microsoft, 03b] e Tomcat [Apache, 00] e [Apache, 02], sendo este último específico para correr as aplicações desenvolvidas com base nas tecnologias JSP e

Servlets. No servidor Web utilizou-se ainda o SGBD Microsoft SQL Server [Microsoft, 02a], responsável por guardar dados relativos aos clientes registados e às reservas efectuadas, bem como à identificação da experiência disponível num dado momento, uma vez que o sistema desenvolvido só permite uma experiência de cada vez. A figura 3.15 resume as diferentes tecnologias de *software* utilizadas para a implementação da camada lógica, responsável por implementar as funcionalidades da ILR que disponibiliza o laboratório remoto aos utilizadores.

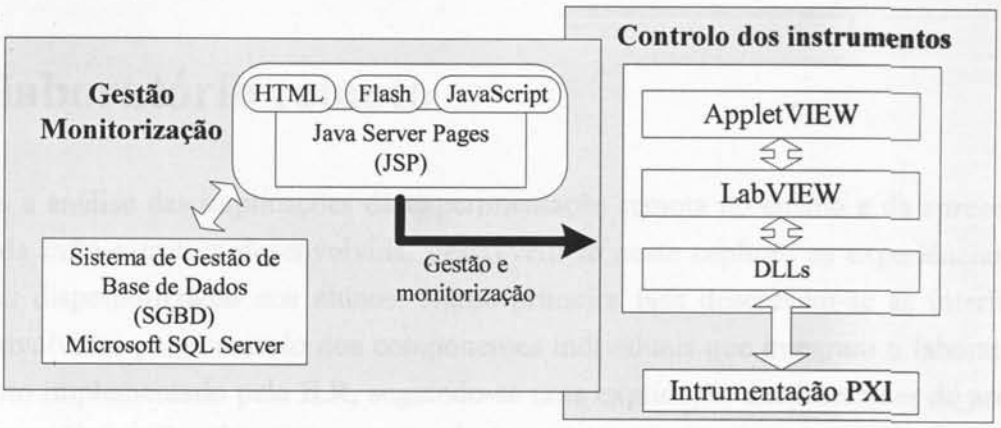


Figura 3.15: Tecnologias de *software* utilizadas na implementação da ILR da FEUP.

Por fim, e uma vez que a ILR foi criada com o objectivo de permitir a realização de trabalhos em grupo através da Web, procurando recriar um laboratório convencional, integrou-se com as interfaces de controlo o ambiente de colaboração síncrono de videoconferência CUseeMe [CUseeMe, 02].
Todas as questões apresentadas nesta subsecção, serão detalhadas nos capítulos 4 e 5 desta dissertação, referentes ao desenvolvimento das interfaces para controlo remoto e ao sistema de gestão de acessos da ILR.

3.5 Sumário

Neste capítulo teceram-se considerações sobre a experimentação remota via Web, nomeadamente em relação às vantagens e desvantagens que esta apresenta no âmbito do ensino. Questões de flexibilidade e de partilha de recursos, comparação entre experimentação e simulação, bem como a possibilidade da experimentação remota vir a substituir a experimentação local em laboratório, foram alguns dos pontos analisados. Alertou-se ainda para a importância das ferramentas de comunicação, no âmbito da

experimentação remota via Web, durante a realização de trabalhos em grupo, quer para a comunicação síncrona quer para a assíncrona.

Foram ainda apresentadas considerações sobre a implementação de uma infra-estrutura laboratorial remota (a ILR), concluindo-se o capítulo com a apresentação do projecto europeu PEARL, no qual se insere o trabalho desenvolvido, descrito nesta dissertação. Nos capítulos 4 e 5 descreve-se o laboratório remoto disponibilizado pela ILR, nomeadamente as interfaces das experiências desenvolvidas, assim como o sistema de gestão de acessos implementado.

Capítulo 4

O laboratório remoto

Após a análise das implicações da experimentação remota no ensino e da apresentação da infra-estrutura desenvolvida, descrevem-se neste capítulo as experiências remotas disponibilizadas aos alunos. Numa primeira fase descrevem-se as interfaces desenvolvidas para controlo dos componentes individuais que integram o laboratório remoto implementado pela ILR, seguindo-se uma explicação das interfaces de acesso às experiências. Por fim, faz-se uma referência à integração de um ambiente de colaboração que serve de suporte à realização das experiências em grupos de trabalho.

4.1 Interfaces dos componentes individuais

A interacção dos utilizadores com o laboratório é efectuada através de um conjunto de interfaces controladas por um *browser* Web divididas em três grupos, conforme ilustra a figura 4.1:

- Interfaces dos instrumentos de teste e medição. Representam todos os instrumentos utilizados na interacção com as cartas de demonstração, localizadas remotamente, que servem de suporte às experiências disponíveis.
- Interfaces dos controladores dedicados. Dependem de características específicas de cada uma das cartas de demonstração atrás referidas.
- Interface da WebCam. Representa uma única interface utilizada para monitorar cada uma das experiências laboratoriais implementadas, através de um fluxo de imagens actualizadas a uma taxa de uma imagem por segundo.

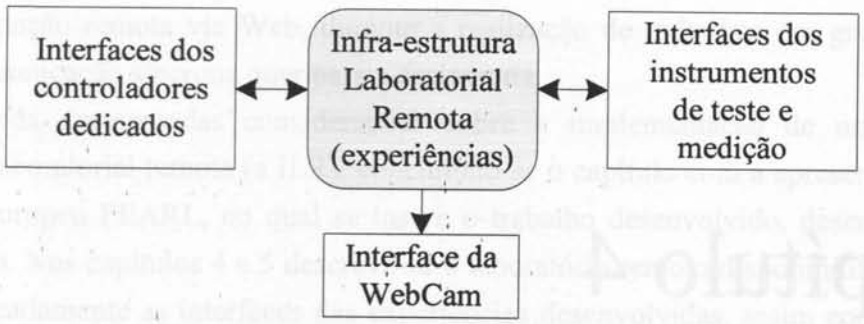


Figura 4.1: Grupo de interfaces para controlo e monitorização do laboratório remoto.

4.1.1 Instrumentos de teste e medição

Para controlo das cartas PXI, referentes aos instrumentos de teste e medição, desenvolveram-se quatro interfaces: osciloscópio, multímetro, gerador de funções (todas elas projectadas de forma simples e clara a fim de facilitar a compreensão de qualquer utilizador habituado a trabalhar com os instrumentos atrás referidos) e a interface *Explorer* para o controlador BST.

Osciloscópio

A interface relativa ao osciloscópio divide-se em dois painéis:

- Painel de controlo. Disponibiliza todas as opções de controlo do osciloscópio.
- Painel para visualização de sinais. Disponibiliza um gráfico, com os sinais medidos pelos dois canais do osciloscópio.

O painel de controlo fornece ao utilizador um conjunto básico de opções contempladas na maioria dos osciloscópios existentes num laboratório de electrónica, nomeadamente: capacidade de variar em cada canal a atenuação vertical, possibilidade de controlo do *trigger*, entre outros, descritos na figura 4.2. Desta forma, um utilizador habituado a trabalhar com osciloscópios não terá dificuldade em se adaptar a esta interface, eliminando a necessidade de formação específica.

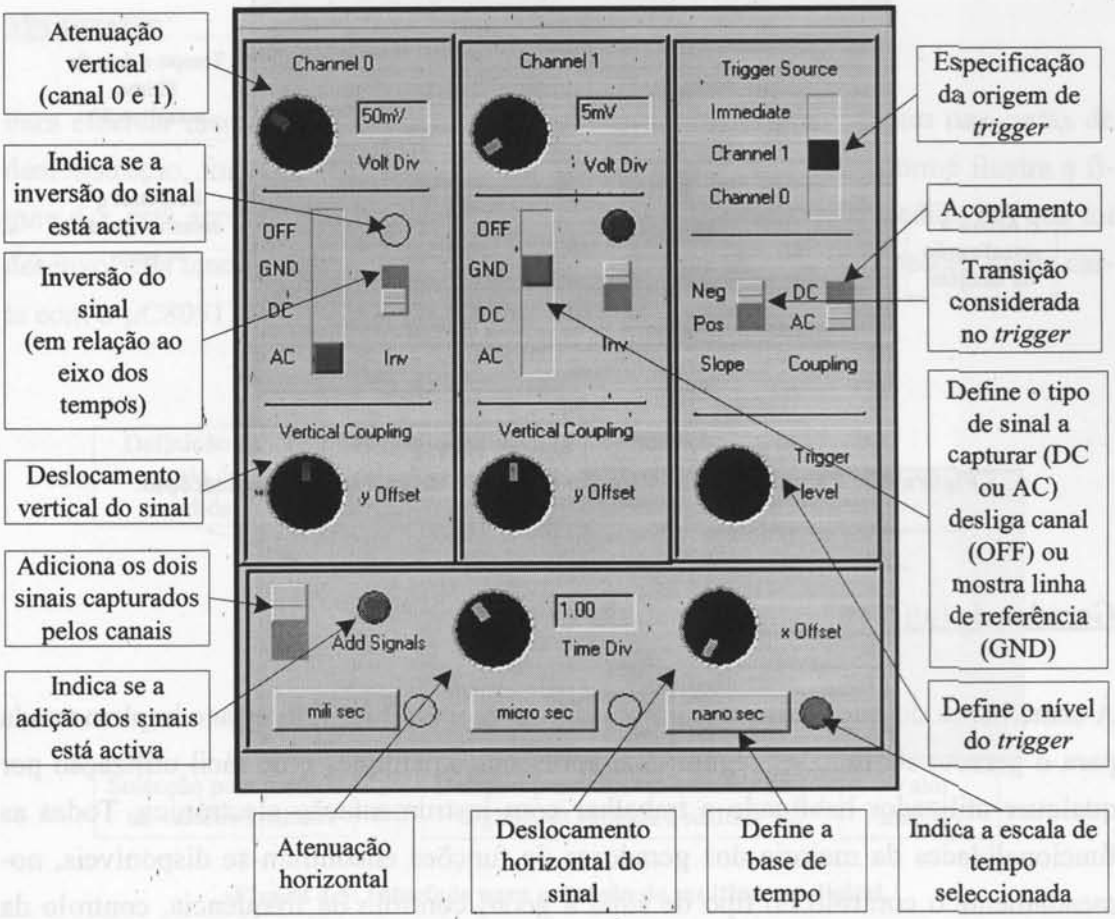


Figura 4.2: Painel de controlo do osciloscópio.

O painel para visualização de sinais, ilustrado na figura 4.3, permite ao utilizador observar, e eventualmente medir os valores dos sinais capturados utilizando a grelha visível na própria figura. No entanto, este painel apresenta um conjunto de elementos diferentes dos que usualmente se encontram num osciloscópio, nomeadamente os botões *start refreshing* e *stop refreshing*, e a data e hora colocada na imagem referente aos sinais medidos. Os primeiros justificam-se pelo facto deste painel, de três em três segundos, descarregar imagens no computador do utilizador, podendo limitar o seu desempenho. Assim, efectuando o seu controlo, será possível activar (*start refreshing*) ou desactivar (*stop refreshing*) esse processo de actualização. O segundo, justifica-se pela própria latência da rede informática, que pode prejudicar a percepção da validade de determinada imagem (onda capturada). Desta forma, o utilizador conseguirá sincronizar as acções efectuadas sobre o painel de controlo com a imagem presente neste painel.

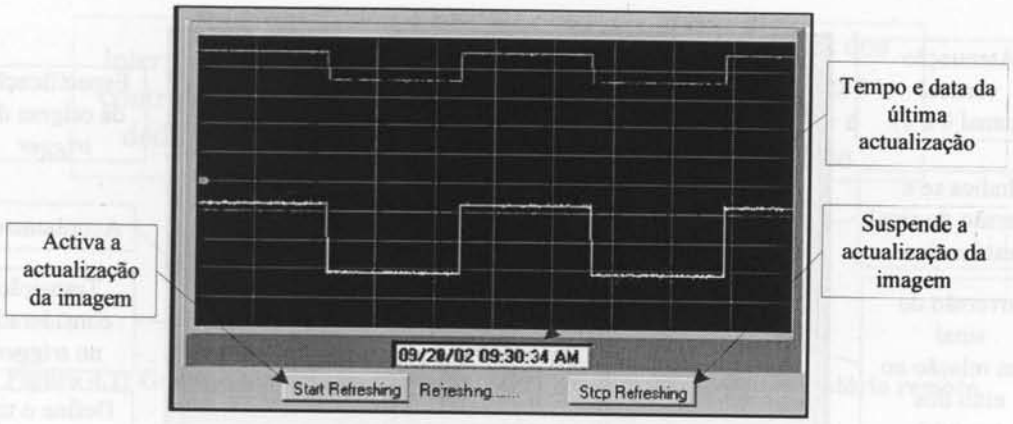


Figura 4.3: Painel para visualização dos sinais de entrada do osciloscópio.

Gerador de funções

À semelhança do que acontece com o osciloscópio, também a interface implementada para o gerador de funções seguiu uma apresentação simples e de fácil utilização por qualquer utilizador habituado a trabalhar com instrumentação electrónica. Todas as funcionalidades da maioria dos geradores de funções encontram-se disponíveis, nomeadamente o controlo do tipo de sinal a gerar, controlo da frequência, controlo da amplitude e do nível da tensão da componente contínua (*Direct Current*, DC) do sinal. Além destas funções, a interface em questão permite definir se existe uma fonte de *trigger* externo (*source*) e possibilita desligar o sinal gerado a qualquer momento, bastando colocar na posição OFF o botão *enable*. Todas estas possibilidades de controlo são descritas na figura 4.4.

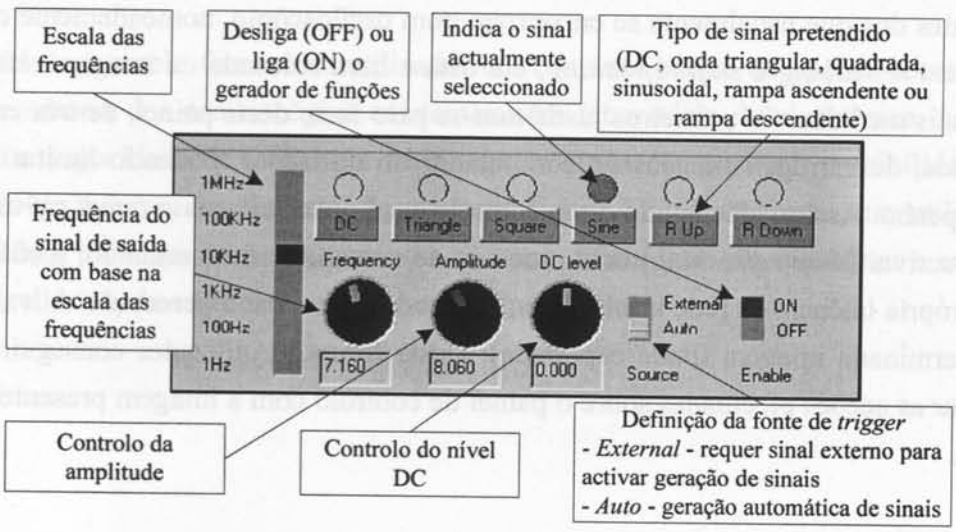


Figura 4.4: Interface para controlo do gerador de funções.

Multímetro

Para efectuar medidas de valores eficazes e médios, de sinais presentes nas cartas de demonstração, foi desenvolvida a interface de um multímetro[6]. Conforme ilustra a figura 4.5, esta apresenta funcionalidades extremamente simples, na medida em que foi desenvolvida tendo em consideração os requisitos de experiências baseadas numa carta com o μC8051, descrita mais à frente neste capítulo.

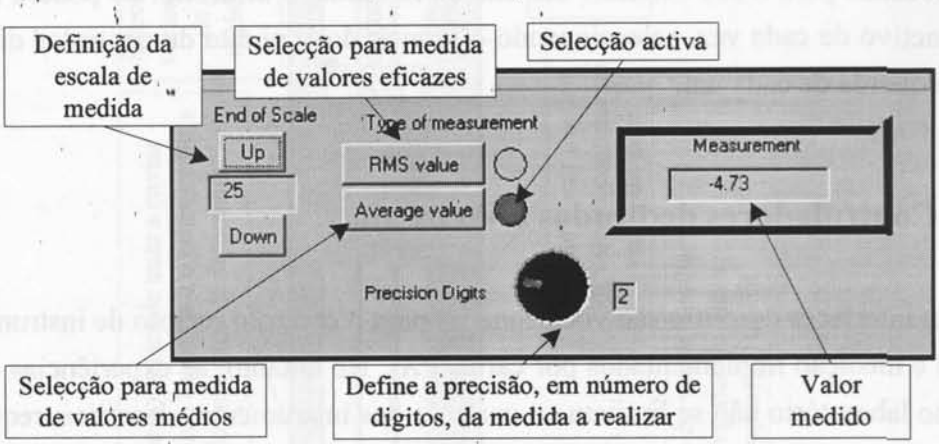


Figura 4.5: Interface para controlo do multímetro digital.

Explorer

Por fim, desenvolveu-se a interface *Explorer* para controlo da carta PXI do controlador BST, que permite o controlo remoto via Web de circuitos 1149.1 (semelhante a uma aplicação anterior com o mesmo nome, mas que permitia apenas a execução em modo local, [Ferreira, 00]). Conforme ilustrado na figura 4.6, esta interface apresenta dois campos; um campo específico para controlo da máquina de estados de cada controlador (a carta PXI do controlador BST contempla dois controladores independentes, cada um associado a uma porta de acesso denominada TAP[7]), e outro para definir e receber os vectores de teste da infra-estrutura BST. No primeiro campo o utilizador, após seleccionar uma das duas portas de acesso disponíveis (TAP1 ou TAP2), terá um conjunto de opções para controlar infra-estruturas BST implementadas em cartas de demonstração, nomeadamente a possibilidade de enviar vectores de dados, por exem-

[6] Os sinais medidos pelo multímetro poderão ser correntes ou tensões, dependendo das ligações efectuadas entre a carta PXI do multímetro e a carta de demonstração.

[7] TAP: *Test Access Port*.

plo, pelo registo de varrimento periférico (*Boundary Scan,* BS) - *ScanDR,* ou pelo registo de instruções (*Instruction Register,* IR) - *ScanIR*. Ainda neste campo, o utilizador terá a opção de controlar a máquina de estados do controlador da porta TAP seleccionada, utilizando os botões TMS1 e TMS0 para envio de um impulso de relógio com o pino TMS ao nível lógico '1' ou '0', respectivamente. No segundo campo, são disponibilizados ao utilizador dois conjuntos de três campos para definir e receber vectores das cartas de demonstração. Os primeiros servem para definir o conjunto de vectores a enviar para essas cartas, enquanto os segundos permitem receber os vectores deslocados para o seu exterior. Em ambos os casos, o utilizador só poderá ter um campo activo de cada vez, seleccionando-o através do conjunto de controlos disponíveis à esquerda de cada um.

4.1.2 Controladores dedicados e WebCam

Todas as interfaces descritas são vocacionadas para o controlo remoto de instrumentos de teste e medição implementados por cartas PXI. No entanto, as experiências disponíveis no laboratório não se limitam ao controlo dos instrumentos descritos, requerendo também uma série de interfaces para controlo, programação e monitorização, específicas a cada uma. Desta forma, desenvolveram-se duas interfaces dedicadas à programação/configuração das cartas de demonstração referentes às experiências baseadas no μC8051 e às experiências baseadas em circuitos lógicos programáveis (FPGAs), duas interfaces para aplicação e leitura de sinais dessas cartas, e uma interface, referente à WebCam, para as monitorar.

Interfaces de programação

Duas das cartas de demonstração estão equipadas com dispositivos cuja funcionalidade é definida através do conteúdo de uma memória. No caso do μC8051 essa memória é externa ao próprio microcontrolador, sendo constituída por uma memória de leitura/escrita (*Random Access Memory*, RAM), no caso da FPGA, a memória de configuração é interna à própria. Estas interfaces permitem que um utilizador remoto descarregue para o interior dessas memórias um determinado ficheiro (programa), definindo assim a funcionalidade da carta de demonstração.
A primeira interface, visível na figura 4.7, permite transferir o ficheiro com o código, previamente carregado no servidor remoto, para a memória de programa da carta de demonstração constituída pelo μC8051.

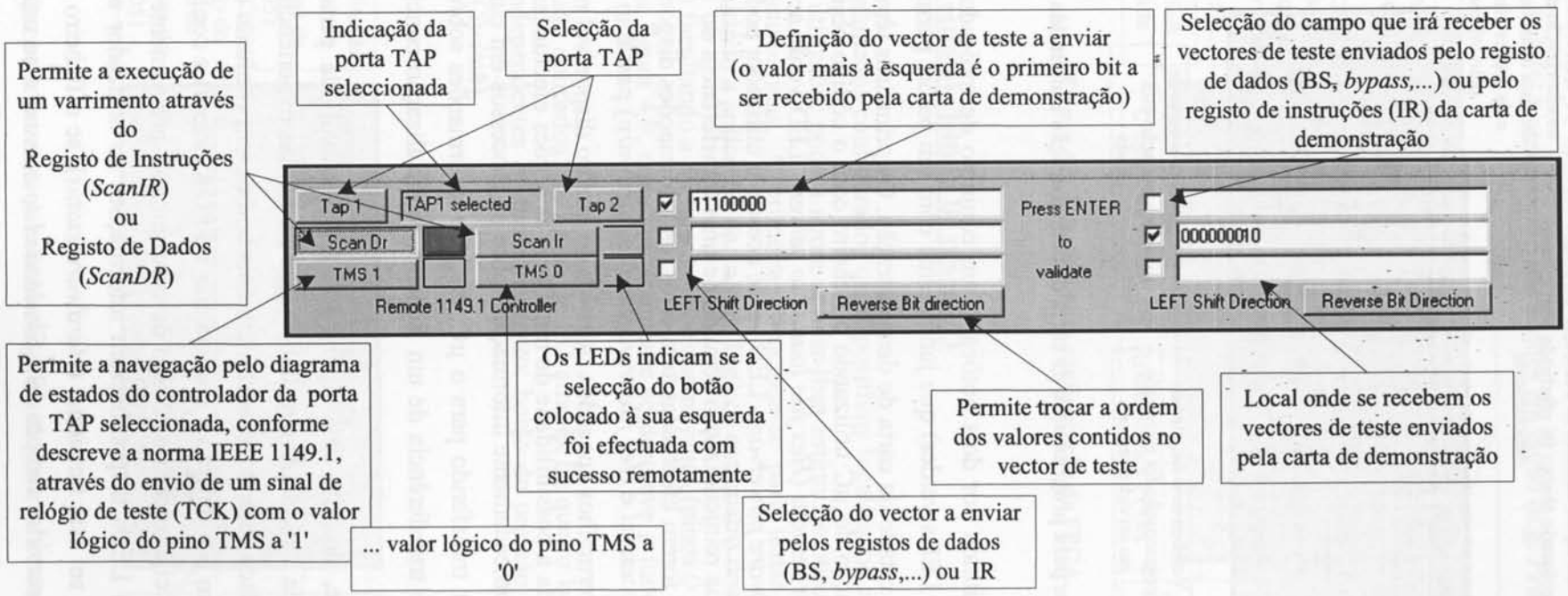


Figura 4.6: Interface do *Explorer*.

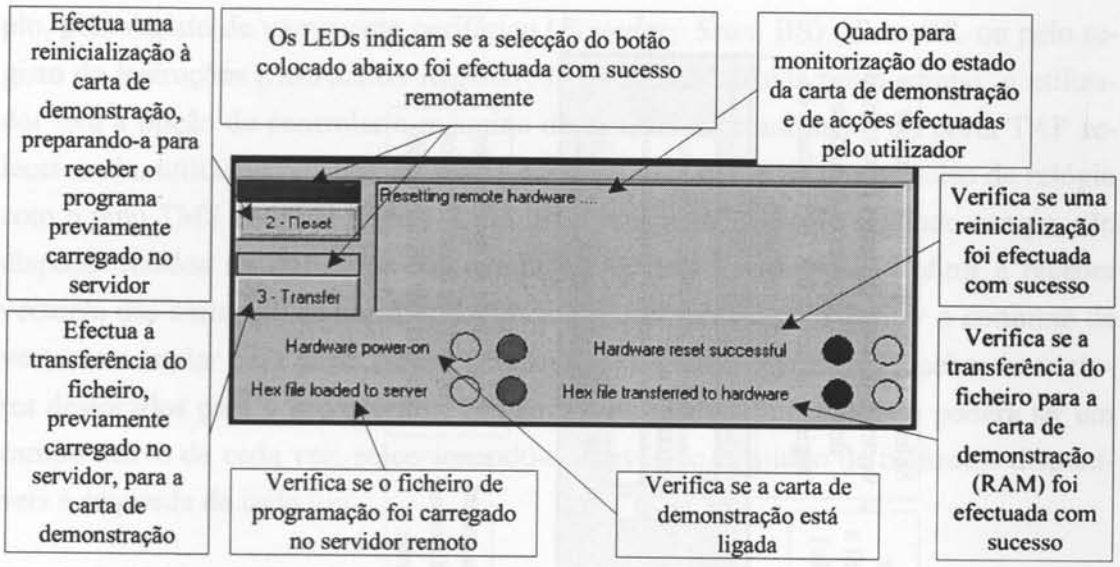


Figura 4.7: Interface para programação da carta de demonstração constituída pelo μC8051.

A interface é constituída por dois botões, e um conjunto de indicadores luminosos (LEDs vermelhos e LEDs verdes) que juntamente com um painel permitem informar o utilizador sobre o estado da carta de demonstração. Os primeiros têm por objectivo efectuar a programação do μC utilizando o ficheiro com o código objecto. Uma vez residente no servidor remoto (*Hex file loaded to server* - LED verde aceso) e estando a carta ligada (*Hardware power-on* - LED verde aceso), o utilizador poderá programar o μC efectuando uma reinicialização seguida de uma transferência do ficheiro. Se as etapas mencionadas forem efectuadas sem erros, as informações disponíveis à direita (*Hardware reset successful* e *Hex file transfered to hardware*) passarão a ter os LEDs verdes acesos e os vermelhos apagados. Através do quadro disponível nesta interface, o utilizador terá ainda a possibilidade de monitorar as acções efectuadas sobre a carta de demonstração, nomeadamente informação sobre os processos em curso (reinicialização, ficheiro a ser transferido para o μC, etc.) ou informações sobre processos já concluídos (erros de transferência de um ficheiro, reinicialização concluída, ficheiro transferido, etc.).

A segunda interface, descrita pela figura 4.8, foi desenvolvida para configurar a FPGA XCV 100E da Xilinx [Avnet, 03b] usada numa das experiências remotas. À semelhança da interface anterior, esta contém dois botões, um conjunto de LEDs e um painel. Os botões têm por objectivo reinicializar a FPGA (*Reset*) e configurá-la (*Program*), usando um ficheiro com o código de configuração previamente carregado no servidor remoto. Os LEDs disponibilizam informações ao utilizador sobre a FPGA permitindo verificar se: está funcional (*Hardware status*), se o ficheiro de configuração se encontra no servidor remoto (*Bit file loaded to server*) e se está configurada

(*FPGA programmed*). A interface disponibiliza ainda um quadro com informações sobre o estado da FPGA assim como das acções em curso (e.g. *Programming....*).

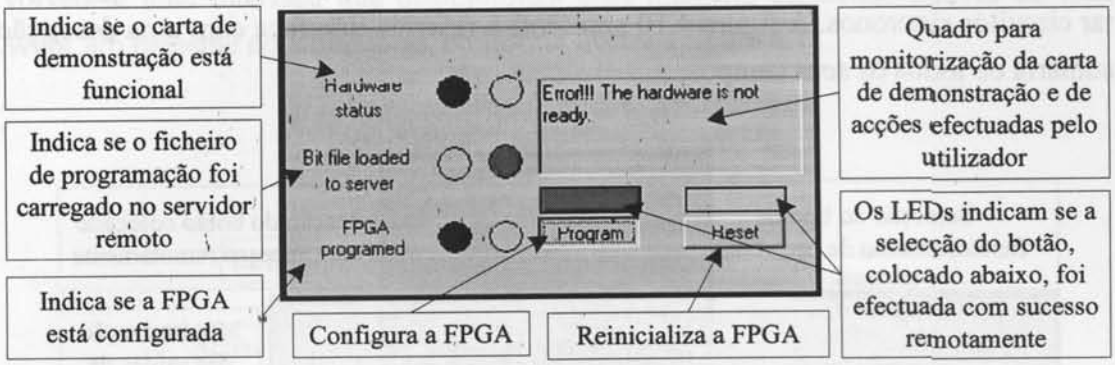


Figura 4.8: Interface para configuração da FPGA.

Interfaces de estímulo/leitura de pinos I/O

Uma vez programados/configurados os dispositivos localizados remotamente (FPGA e µC8051), o utilizador poderá agora aplicar-lhes estímulos utilizando uma das duas interfaces desenvolvidas. A primeira vocaciona-se para testar a programação do µC8051, permitindo a aplicação de valores lógicos em quatro dos seus pinos (pinos 4 a 7 da porta 1) facultando a captura noutros quatro pinos (pinos 0 a 3 da porta 1), conforme ilustra a figura 4.9, onde sumariamente se descreve a função de cada um dos seus campos.

Os estímulos são aplicados aos pinos de I/O através de quatro botões, cada um com dois modos independentes de funcionamento: botão de pressão (*Push*) ou botão do tipo ON/OFF (*Switch*).

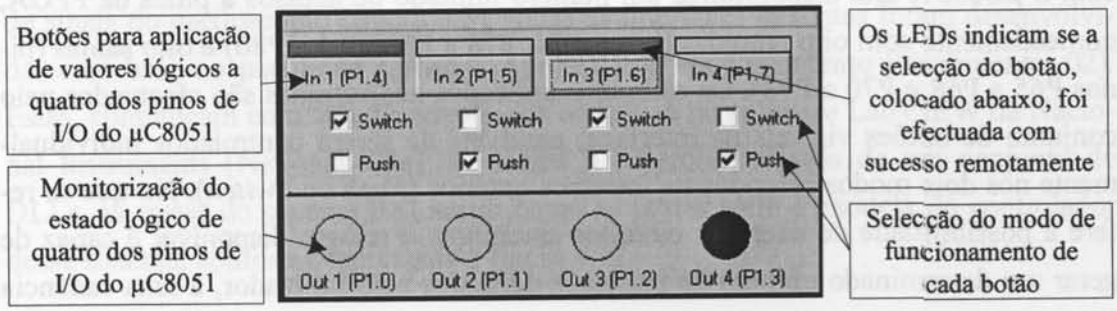


Figura 4.9: Interface para estímulo/leitura de pinos de I/O do µC8051.

A segunda interface é utilizada para aplicar estímulos e ler respostas da FPGA. Esta apresenta-se mais complexa do que a primeira, pois além de controlar e monitorar mais pinos (oito botões para aplicação de estímulos em entradas e oito LEDs para monitorar saídas), contempla a possibilidade de gerar um sinal de relógio para exercitar circuitos síncronos. A figura 4.10 apresenta a referida interface com uma descrição sumária de todos os seus campos.

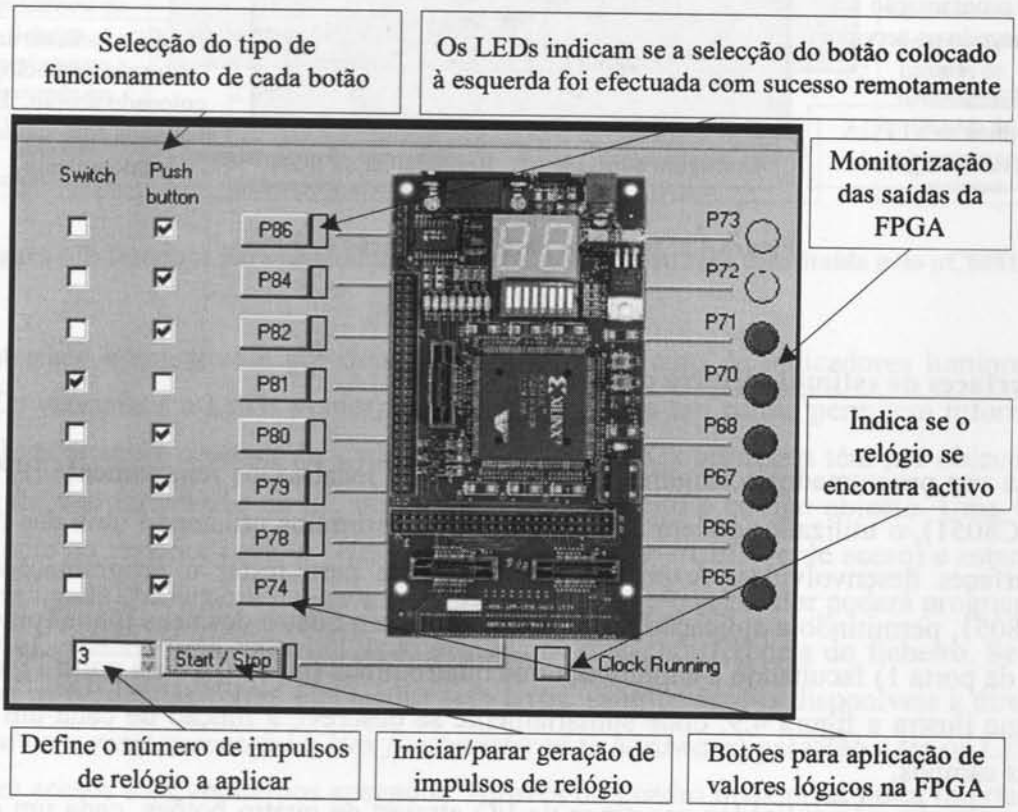


Figura 4.10: Interface para estímulo/leitura de pinos de I/O da FPGA.

Assim como na interface para teste do programa carregado na carta de demonstração com o µC8051, esta disponibiliza um número limitado de acessos a pinos da FPGA, nomeadamente com oito entradas (pinos P74, P78 a P82, P84 e P86) e oito saídas (pinos P65 a P68 e P70 a P73). Os estímulos aplicados nas entradas são efectuados pelo conjunto de botões visíveis na interface, passíveis de serem controlados individualmente nos dois modos referidos na interface anterior (*Push* ou *Switch*). No que se refere à possibilidade de exercitar circuitos síncronos, o relógio disponível é capaz de gerar um determinado número de impulsos definidos pelo utilizador, a uma cadência de 1 impulso por segundo.

WebCam

Para monitorização do estado dos LEDs existentes nas carta de demonstração, desenvolveu-se uma interface que disponibiliza uma imagem, capturada através de uma WebCam presente no laboratório, conforme ilustra a figura 4.11.

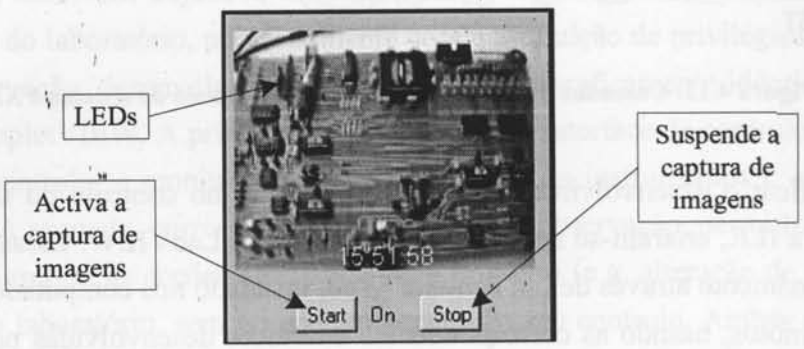


Figura 4.11: Interface referente à WebCam.

A imagem é actualizada em intervalos de tempo na ordem dos 3 segundos, sendo essas actualizações perceptíveis ao utilizador, através do tempo de captura indicado na própria. Desta forma, é conseguido o sincronismo entre as acções efectuadas sobre as cartas de demonstração, através das interfaces descritas, e as respostas esperadas nos LEDs das referidas cartas. De forma a controlar a captura dessas imagens, encontram-se disponíveis dois botões que permitem suspendê-la (*Stop*) ou activá-la (*Start*).

4.1.3 Aspectos de desenvolvimento

Com a excepção da interface da WebCam (figura 4.11) e do painel para visualização de sinais do osciloscópio (figura 4.3), todas as interfaces descritas foram desenvolvidas com base no pacote de *software* AppletVIEW da Nacimiento [Nacimiento, 02]. Estas, comunicam com VIs desenvolvidos com base no *software* LabVIEW da Nacional Instruments [National, 03a], de forma a controlar, através de um conjunto de DLLs, as cartas do sistema PXI assim como as portas série e paralela do controlador desse sistema, conforme representa a figura 4.12.

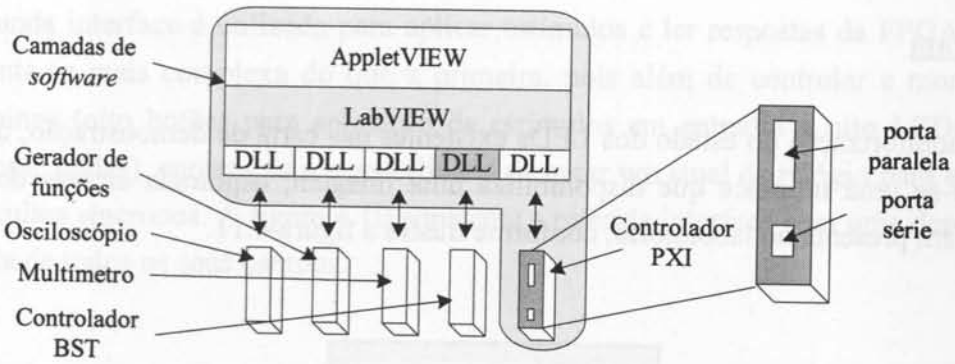


Figura 4.12: Camadas de *software* utilizadas no controlo do sistema PXI.

Para simplificar o desenvolvimento do *software* usado no controlo do sistema PXI, pertencente à ILR, criaram-se aplicações individuais em LabVIEW. Essas são controladas sincronamente através de um *browser* Web, instalado nos computadores dos utilizadores remotos, usando as correspondentes interfaces desenvolvidas no AppletVIEW. Toda a comunicação (Interface-VI) é suportada por uma *Intranet/Internet* conforme ilustra a figura 4.13.

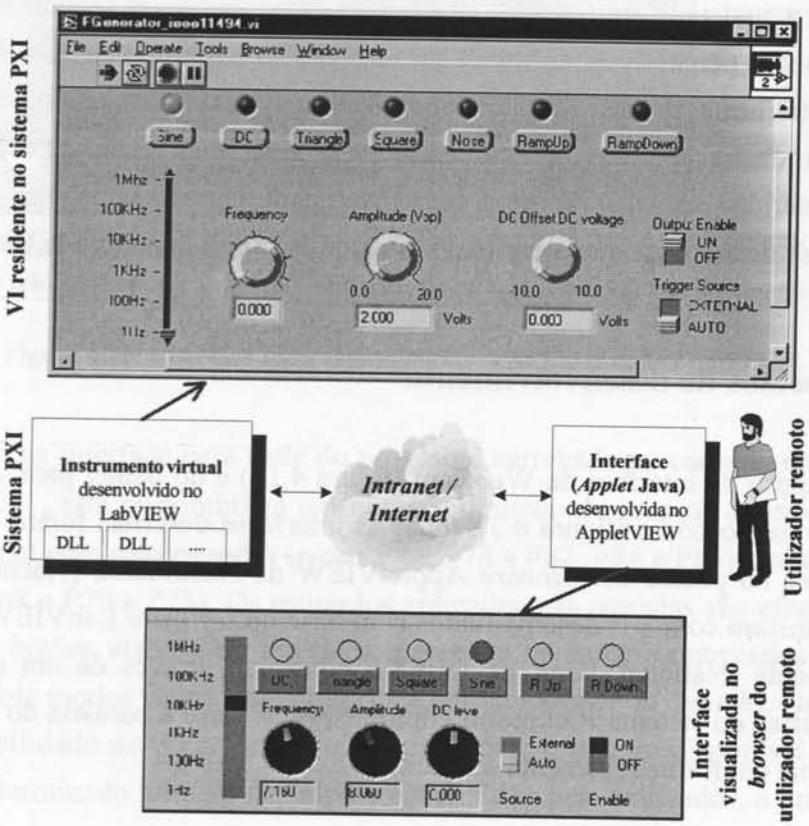


Figura 4.13: Exemplo do VI e da interface criada para controlar o gerador de funções.

As aplicações desenvolvidas no LabVIEW, e as correspondentes interfaces no AppletVIEW, apresentam as mesmas funcionalidades de controlo. Esta situação é conseguida com recurso a um conjunto de métodos, disponibilizados no LabVIEW, capazes de serem invocados pelo AppletVIEW, permitindo, através duma correspondência de identificadores, estabelecer a comunicação entre cada um dos controlos/indicadores presentes em cada interface.

No entanto, tendo por objectivo disponibilizar ao utilizador diferentes características de controlo do laboratório, nomeadamente com a atribuição de privilégios de controlo ou de observação, desenvolveram-se duas interfaces graficamente idênticas, com recurso ao AppletVIEW. A primeira, correspondente à interface de controlo, permite ao utilizador controlar e monitorar remotamente todos os instrumentos e controladores dedicados. A segunda, correspondente à interface de observação, permitirá a um outro utilizador observar as acções efectuadas pelo primeiro (e.g. alteração de um botão) e monitorar o laboratório, sem no entanto permitir o seu controlo. Ambas as interfaces comunicam com um único VI (localizado no sistema PXI) composto por dois painéis, através de uma *Intranet/Internet*, conforme ilustra a figura 4.14.

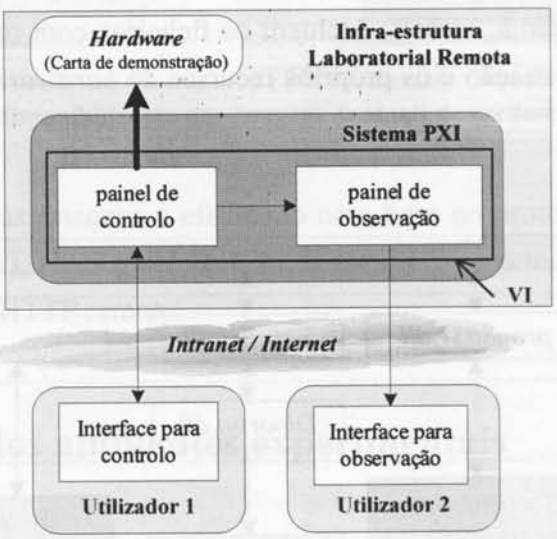


Figura 4.14: Tipo de interfaces para interacção com o *hardware* remoto (carta de demonstração).

O primeiro painel do VI desenvolvido, correspondente ao painel de controlo, permite o controlo do laboratório através de uma comunicação em dois sentidos com a interface de controlo disponibilizada ao utilizador 1. O segundo, correspondente ao painel de observação, repercute todas as acções efectuadas no primeiro painel (comunicação

num único sentido com o painel de controlo) impossibilitando qualquer controlo remoto (comunicação num único sentido com o utilizador 2)[8].

A implementação de determinadas funções de comunicação entre os VIs e as cartas de demonstração passam pela criação de três DLLs específicas, que poderão comunicar com DLLs proprietárias. A *prog8051.dll* apresenta um conjunto de funções para leitura do ficheiro com o código do programa a transferir para programar a carta de demonstração, composta pelo µC8051. O ambiente experimental implementado para a programação do µC8051 (descrito na próxima secção), requer o uso da porta paralela para controlo e monitorização da respectiva carta de demonstração. Deste modo, foi desenvolvida a *parallel.dll* que estabelece uma comunicação com a *Dlportio.dll,* desenvolvida pela SST [SST, 03], capaz de controlar todos os recursos da porta paralela do controlador PXI. Por fim, desenvolveu-se a *program.dll* para a configuração da FPGA, permitindo a inicialização e controlo do controlador da TAP seleccionada da placa controladora BST, através do acesso à *Boundy.dll,* desenvolvida pela Goepel [Goepel, 02], tratamento e transferência do ficheiro de configuração para a FPGA, assim como a monitorização do seu estado através da leitura do seu código interno (influencia o estado do *Hardware Status* presente na interface de configuração da FPGA visível na figura 4.8). A figura 4.15 ilustra a interacção entre as referidas DLLs e os recursos do sistema, onde se incluem os ficheiros com os programas a carregar nas cartas de demonstração e os próprios recursos de *hardware* (porta paralela e controlador BST).

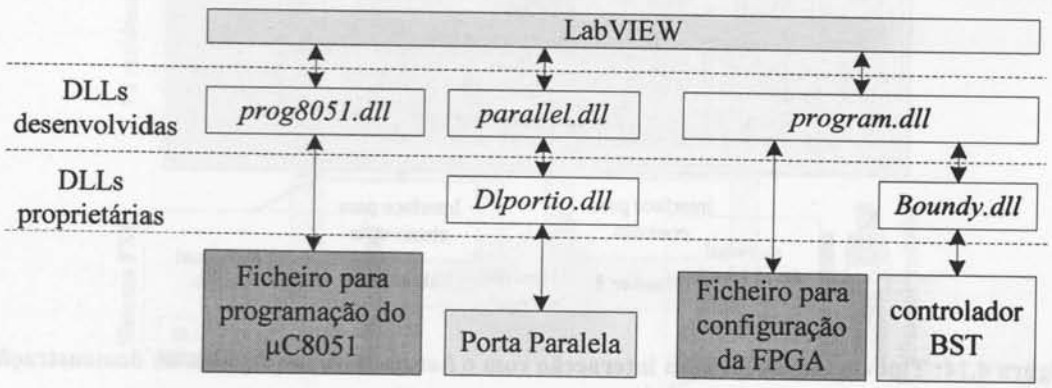


Figura 4.15: Conjunto de DLLs utilizadas no acesso a recursos do sistema PXI.

No desenvolvimento da interface referente à WebCam (figura 4.11) e ao painel para visualização de sinais do osciloscópio (figura 4.3), não se utilizou o AppletVIEW pois

[8] No anexo A é detalhada a forma como se desenvolveram as interfaces de controlo/observação utilizando o LabVIEW e o AppletVIEW.

as funcionalidades deste pacote de *software* não disponibilizam uma sollução que permita uma constante captura de imagens. Em ambos os casos, a interfacce disponibilizada aos utilizadores foi construída a partir de uma *Applet* Java que acttualiza, em intervalos de 3 segundos, imagens previamente criadas no laboratório. No caso do painel para visualização de sinais do osciloscópio, a criação dessa imagem fica a cargo do VI usado para seu controlo, enquanto a imagem obtida pela WebCam, apontada para a carta de demonstração ligada ao sistema PXI, é criada pelo *software* SpyCam [SpyCam, 03], conforme representa a figura 4.16.

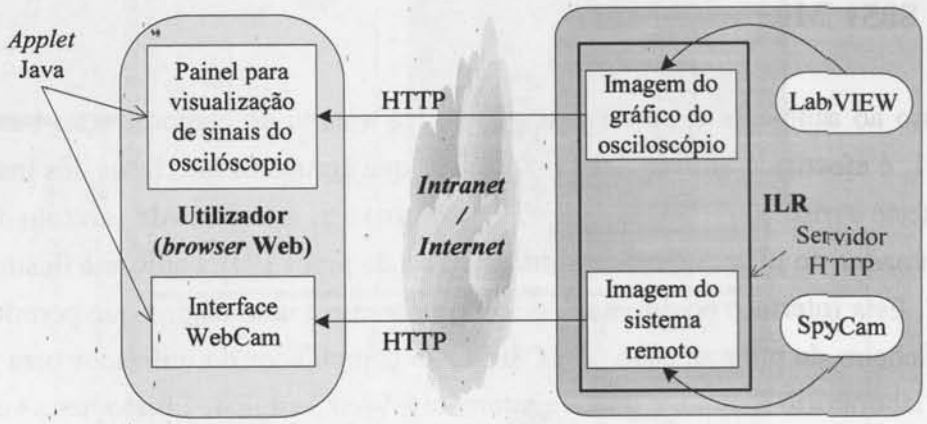


Figura 4.16: Captura e disponibilização das imagens de sinais do osciloscópio e do laboratório.

O acesso das *Applets* às imagens é efectuado com base no protocolo HTTP (*Hyper-Text Transfer Protocol*), através de um URL que especifica o local onde essas foram colocadas no servidor HTTP remoto.

4.2 Interfaces dos ambientes experimentais

Utilizando as interfaces individuais desenvolvidas para controlo remoto do laboratório composto pelo sistema PXI, desenvolveram-se três interfaces para os ambientes experimentais [Ferreira et al., 02]:

- *8051 Microcontroller*. Ambiente experimental para realização de experiências baseadas no μC8051.
- *Introductory logic design*. Ambiente experimental para realização de experiências baseadas na FPGA XCV 100E da Xilinx.

- *IEEE 1149.x test Std.* Ambiente experimental para realização de experiências baseadas nas normas IEEE 1149.1 [IEEE 1149.1, 01] e 1149.4 [IEEE 1149.4, 99][9].

Todas as interfaces são descritas nos pontos seguintes, no entanto sugere-se ao leitor a consulta de guiões com exemplos de experiências possíveis de se realizarem em cada um dos ambientes experimentais: *8051 Microcontroller* disponível em [Ferreira et al., 01], *Introductory logic design* disponível em [Alves et al., 01a] e *IEEE 1149.x test Std.* disponível em [Alves et al., 01b][10].

4.2.1 8051 Microcontroller

O acesso ao ambiente experimental que utiliza a carta de demonstração baseada no µC8051, é efectuado através de uma interface que agrupa as interfaces dos instrumentos de teste e medição (osciloscópio e multímetro) e as interfaces de controlo dedicado (programador do µC8051, e de estímulo/leitura de pinos I/O), conforme ilustra a figura 4.17. Esta interface possui ainda o ícone referente a uma página que permite carregar o ficheiro de programação do µC8051, do computador do utilizador para o servidor do laboratório remoto, e o ícone referente à WebCam. Este último, uma vez seleccionado apresenta uma nova página que disponibiliza a interface referente à WebCam com a imagem da carta de demonstração.

A carta de demonstração e a sua interligação ao sistema PXI

A carta de demonstração utilizada nesta experiência é composta por um conjunto de dispositivos digitais, nomeadamente o µC8051 com as respectivas portas de I/O, uma RAM e um conversor digital-analógico (*Digital-to-Analog Converter*, DAC), conforme ilustra o diagrama de blocos da figura 4.18. O primeiro será o dispositivo a programar, via porta série, através da transferência do ficheiro com o código do programa desenvolvido pelo utilizador, para a RAM. O DAC disponibiliza uma saída analógica, facultando ao utilizador o desenvolvimento de programas que permitam gerar sinais analógicos (e.g. gerador de formas de onda)[11].

[9] Sugere-se ainda a leitura do documento referente às normas IEEE 1149.1 e 1149.4 acessível em [Ferreira, 00] ou no CD anexo a esta dissertação.

[10] Todos os guiões referidos também se encontram acessíveis no CD anexo a esta dissertação.

[11] O esquema desta carta de demonstração encontra-se no CD anexo a esta dissertação.

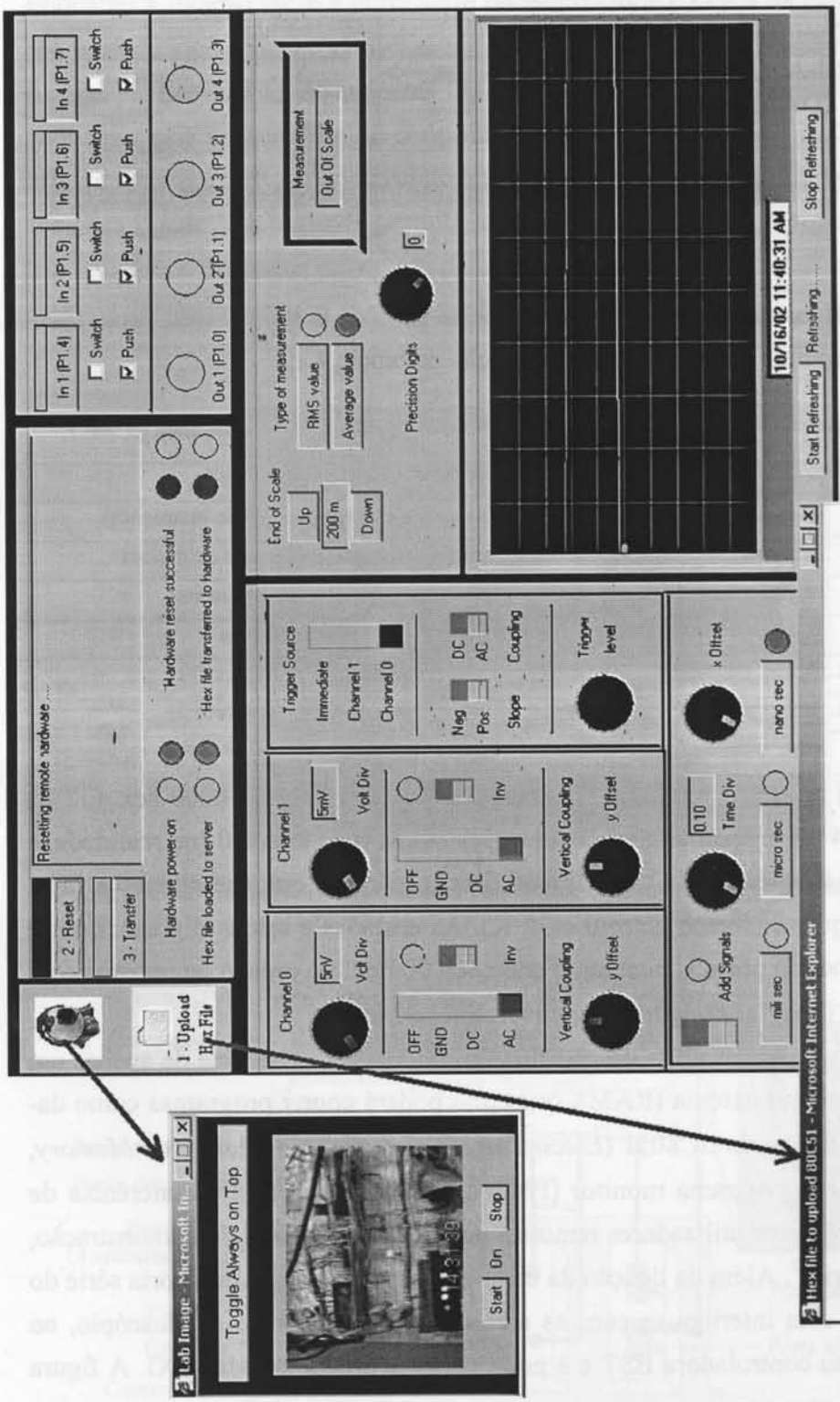


Figura 4.17: Interface do ambiente experimental *8051 Microcontroller*.

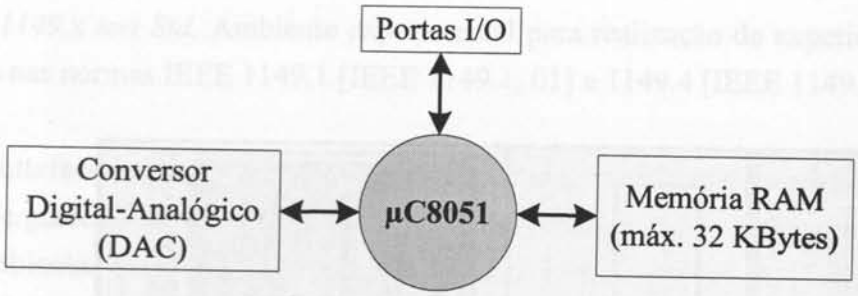


Figura 4.18: Diagrama de blocos da carta de demonstração utilizada em experiências baseadas no µC8051.

Todos os dispositivos digitais e portas de I/O desta carta de demonstração encontram-se endereçados segundo o mapa de descodificação da tabela 4.1.

Tabela 4.1: Descodificação de endereços na carta de demonstração composta pelo µC8051.

/PSEN	/RD	/WR	A15	Acesso seleccionado
0	1	1	1	Memória externa (leitura de instruções)
1	0	1	1	Memória externa (leitura de dados)
1	1	0	1	Memória externa (escrita)
1	1	0	0	Saída analógica
endereço 90 hex., linhas P1.0 a P1.3				Saídas digitais (porta 1)
endereço 90 hex., linhas P1.4 a P1.7				Entradas digitais (porta 2)

A memória RAM poderá ter até 32 KBytes e ocupa os endereços de 8000 hex. (32 K) até FFFF hex. (64 K), enquanto a saída analógica ocupa o endereço 0 (na realidade, e atendendo a que é especificada uma descodificação parcial, que usa apenas a linha A15, ocupa qualquer endereço entre 0 e 32 K). As entradas e saídas digitais, que se fizeram corresponder à porta 1, ocupam o endereço 90 hex. no espaço de registos com funções especiais (*Special Function Registers*, SFR) do µC8051.

Um dos aspectos a salientar nesta descodificação, refere-se à existência de apenas um dispositivo de memória externa (RAM), que tanto poderá conter programas como dados. A memória interna do µC8051 (*Electrically Programmable Read-Only Memory*, EPROM) possui um programa monitor [Philips, 93] que permite a transferência de programas, criados pelos utilizadores remotos, para a RAM da carta de demonstração, usando a porta série[12]. Além da ligação da carta de demonstração com a porta série do controlador PXI, esta interliga-se com as cartas PXI referentes ao osciloscópio, ao multímetro, à carta controladora BST e à porta paralela do controlador PXI. A figura

[12] O protocolo de comunicação implementado pelo programa residente na EPROM do µC8051, para a comunicação entre o PXI (porta série do controlador PXI) e a carta de demonstração, encontra-se descrito no anexo B, estando o respectivo código do programa incluído no CD anexo a esta dissertação.

4.19 apresenta a experiência baseada no μC8051, enquanto a figura 4.20 descreve as ligações efectuadas entre o sistema PXI e a referida carta de demonstração.
Enquanto a ligação entre a porta série do controlador PXI e a da carta de demonstração é usada para transferir o ficheiro de programação para o μC8051 (RAM externa), a porta paralela utiliza duas portas I/O controladas com base nos três endereços ocupados por esta na memória do controlador PXI (3BC hex., 3BD hex. e 3BE hex.). A primeira porta monitoriza o nível de tensão do circuito, permitindo verificar se este se encontra ligado, e a segunda permite reinicializar o μC8051. A figura 4.21 ilustra os três endereços ocupados pela porta paralela, assim como as ligações efectuadas entre a carta de demonstração e o controlador PXI.

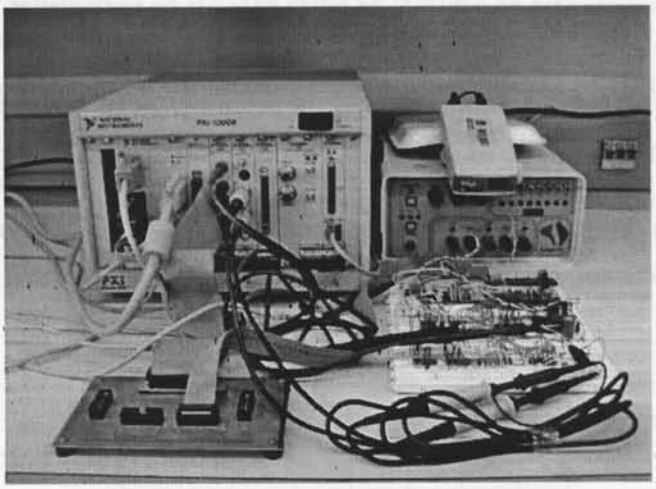


Figura 4.19: Experiência controlada pelo ambiente experimental *8051 Microcontroller*.

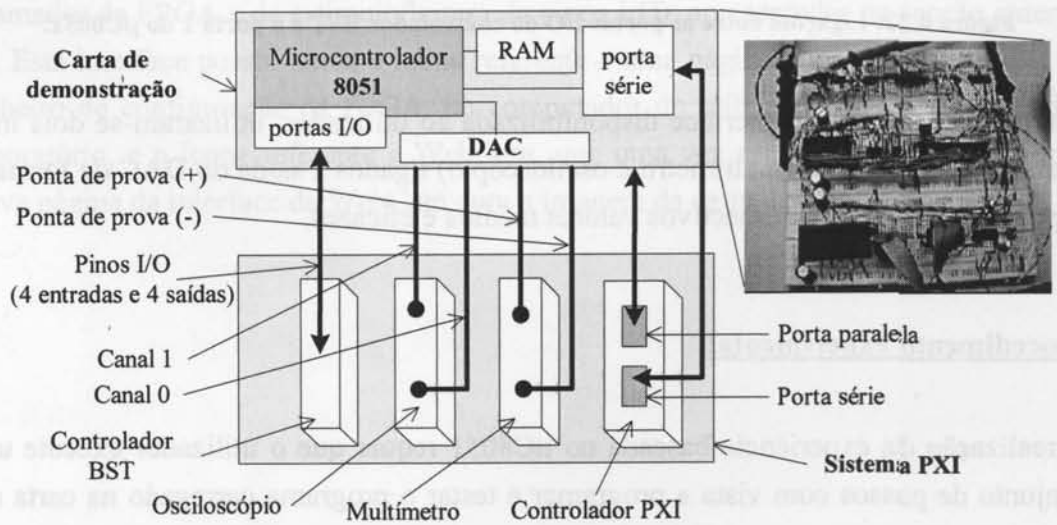


Figura 4.20: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração com o μC8051.

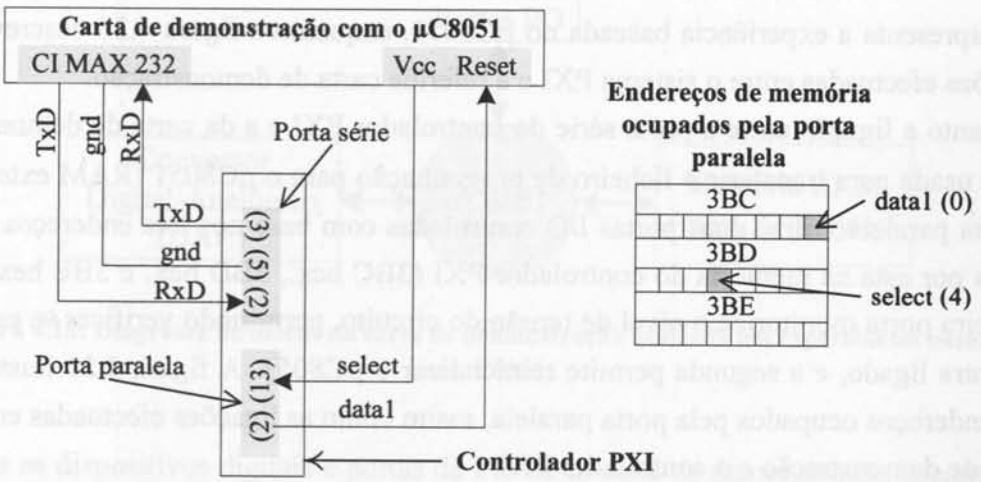


Figura 4.21: Ligações das portas série e paralela com a carta de demonstração e endereços de memória usados no controlo da porta paralela do controlador PXI.

Para realizar a experiência remota, através da monitorização e controlo de alguns pinos do µC8051, utilizaram-se as portas I/O do controlador BST (4 pinos de saída e 4 pinos de entrada), conforme representado na figura 4.22.

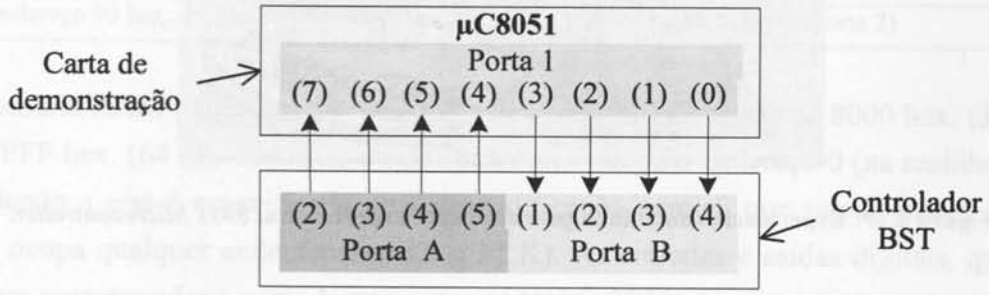


Figura 4.22: Ligações entre as portas I/O do controlador BST e a porta 1 do µC8051.

Por fim, e conforme a interface disponibilizada ao utilizador, utilizaram-se dois instrumentos de medição (multímetro e osciloscópio) ligados à saída do DAC de forma a capturar sinais e ler os respectivos valores médios e eficazes.

Procedimento experimental

A realização da experiência baseada no µC8051 requer que o utilizador execute um conjunto de passos com vista a programar e testar o programa carregado na carta de demonstração, nomeadamente:

1. Escrever um programa em C ou *Assembly* e usar um compilador capaz de criar um ficheiro em formato Intel (*.hex).
2. Simular esse programa para verificar se o código desenvolvido está conforme.
3. Ligar-se ao laboratório remoto.
4. Descarregar o ficheiro (*.hex) criado, reinicializar a carta de demonstração e transferi-lo para o μC8051 (RAM externa).
5. Testar remotamente a execução do programa, utilizando as interfaces disponíveis.

Os passos 1 e 2 podem ser efectuados com base em *software* proprietário e de domínio público (e.g. PK51 Eval da KEIL [KEIL, 03]), enquanto os restantes requerem a utilização de um *browser* Web. Enquanto os dois primeiros passos não requerem ligação ao laboratório, a partir do passo 3 o utilizador deverá estar ligado, de forma a descarregar o ficheiro do programa criado, transferi-lo para o μC8051 (RAM externa), com recurso à interface de programação, e testá-lo usando as restantes interfaces, nomeadamente os instrumentos de medição (osciloscópio e multímetro), a interface para estímulo/leitura de pinos I/O e, opcionalmente, a própria WebCam para monitorização. Todo este processo é descrito em pormenor no guião disponível em [Ferreira et al., 01] ou no CD anexo a esta dissertação, que descreve uma possível experiência baseada no μC8051.

4.2.2 Introductory logic design

O acesso a este ambiente experimental é efectuado através da interface ilustrada na figura 4.23, que agrupa as interfaces do osciloscópio e as de controlo dedicado (programador da FPGA e de estímulo/leitura de pinos I/O), apresentadas na secção anterior. Esta interface possui ainda o ícone referente a uma página que permite carregar o ficheiro de configuração da FPGA, do computador do utilizador para o servidor do laboratório, e o ícone referente à WebCam, que uma vez seleccionado fornece uma nova página da interface da WebCam com a imagem da carta de demonstração.

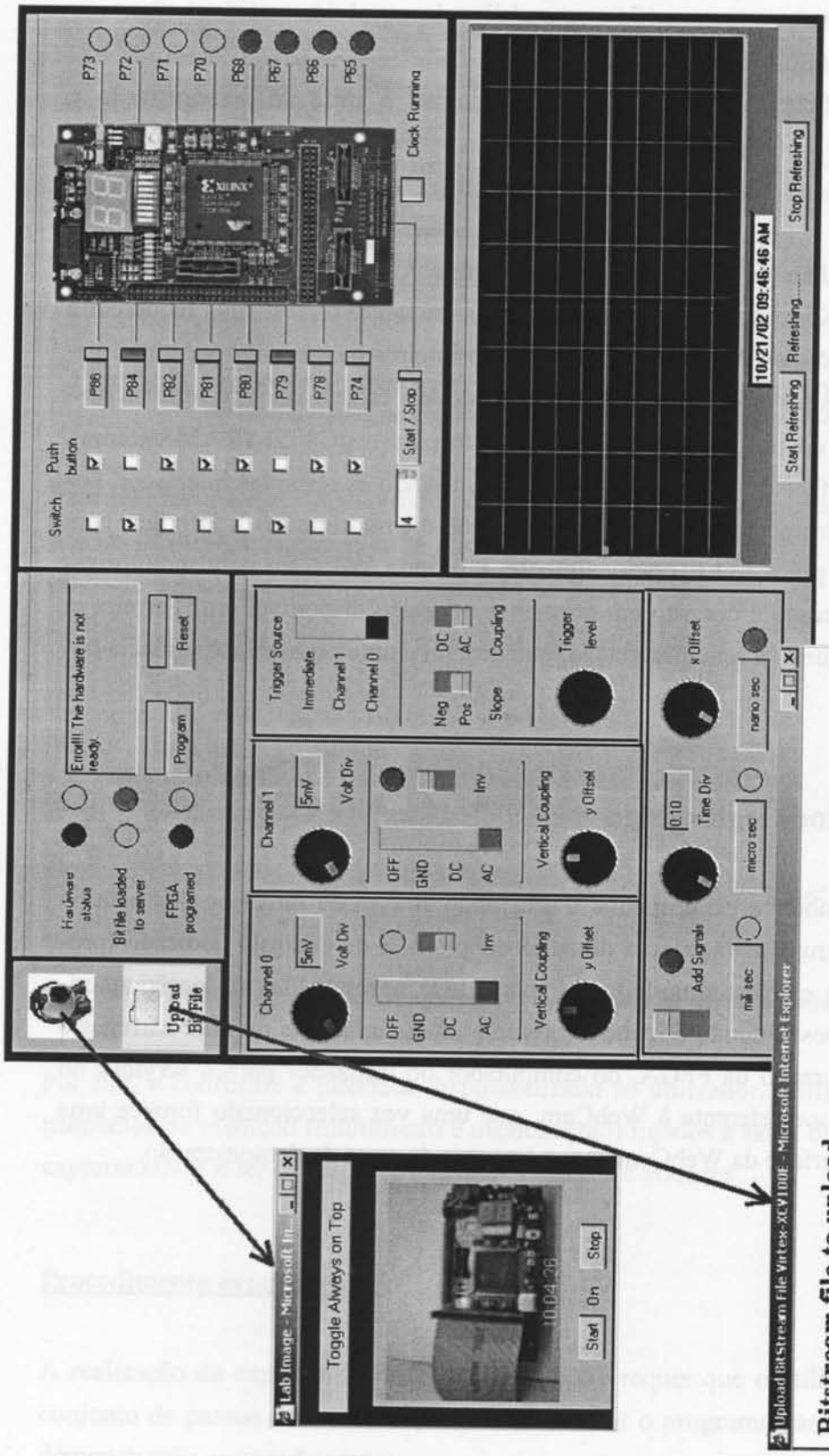


Figura 4.23: Interface do ambiente experimental *Introductory logic design.*

A carta de demonstração e a sua interligação ao sistema PXI

A carta de demonstração utilizada para a realização deste tipo de experiências é composta pela FPGA XCV 100E da Xilinx e um conjunto de periféricos (termómetro, 8 LEDs e dois *displays* de 7 segmentos)[13] passíveis de serem controlados e monitorados remotamente, conforme ilustra a figura 4.24.

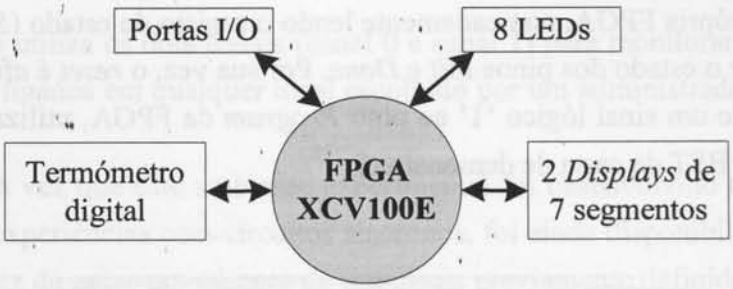


Figura 4.24: Diagrama de blocos da carta de demonstração utilizada em experiências baseadas na FPGA XCV 100E.

Esta carta de demonstração interliga-se às cartas do sistema PXI, nomeadamente ao controlador BST e ao osciloscópio. A figura 4.25 apresenta a experiência baseada na FPGA, enquanto a figura 4.26 descreve as ligações efectuadas entre o sistema PXI e a referida carta de demonstração.

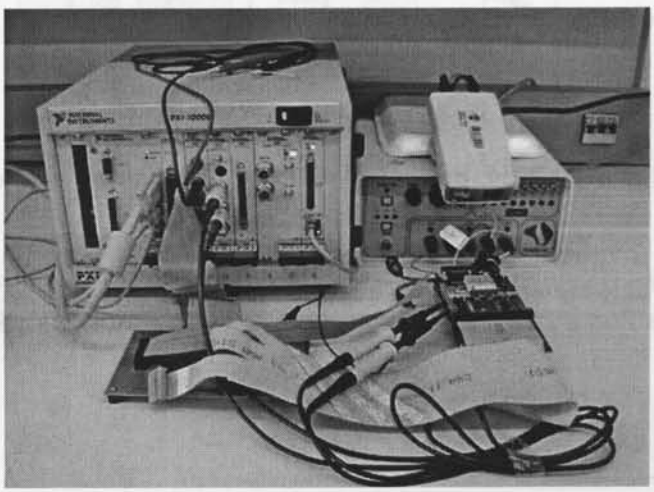


Figura 4.25: Experiência controlada pelo ambiente experimental *Introductory logic design*.

[13] A carta de demonstração foi desenvolvida pela AVNET [Avnet, 03a], estando os seus esquemas no CD anexo à dissertação ou em [Avnet, 03b].

O controlador BST apresenta duas ligações com a carta de demonstração conforme ilustra a figura 4.27. A primeira interliga a TAP1 do controlador BST com a infra-estrutura BST da FPGA. Esta interligação tem por objectivo transferir o ficheiro de configuração (*.bit), previamente carregado no servidor remoto, para a FPGA[14], assim como controlar o seu estado, nomeadamente: a) efectuar uma reinicialização (*reset*); b) verificar se a FPGA se encontra disponível para ser programada (*Init* em estado lógico '1'); c) verificar se a FPGA já se encontra programada (*Done* em estado lógico '1'). Este processo de controlo é totalmente realizado através da infra-estrutura BST existente na própria FPGA, nomeadamente lendo o registo de estado (*Status Register*) para monitorar o estado dos pinos *Init* e *Done*. Por sua vez, o *reset* é efectuado através da aplicação de um sinal lógico '1' ao pino *Program* da FPGA, utilizando também a infra-estrutura BST da carta de demonstração[15].

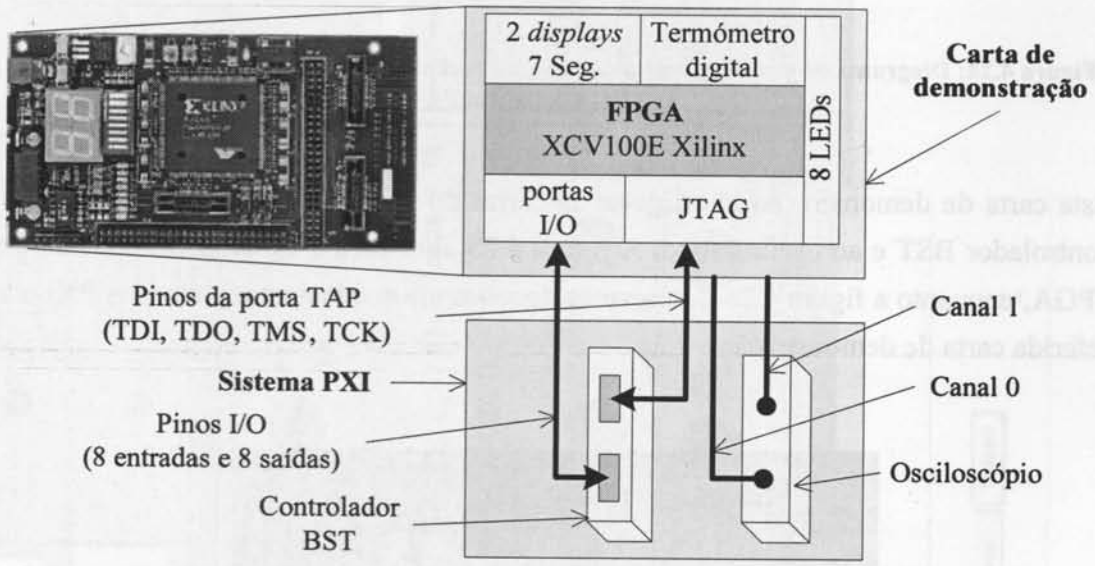


Figura 4.26: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração com a FPGA.

A segunda interliga algumas das portas I/O da FPGA (entradas: P74, P78 a P82, P84 e P86; saídas: P65 a P68 e P70 a P73) às portas C e D do controlador BST.

[14] O ficheiro de configuração (*.bit) é transferido usando o programador da FPGA, através do procedimento descrito nos documentos referenciados em [Xilinx, 02a] e [Xilinx, 02b] e disponíveis no CD anexo a esta dissertação.

[15] Importa referir que a infra-estrutura BST contempla não só a da FPGA mas também a de uma EPROM (ver esquema da carta em [Avnet, 03b] ou no CD anexo), o que obrigou a efectuar alguns ajustes ao tamanho dos vectores a enviar e a ter atenção na leitura dos vectores recebidos.

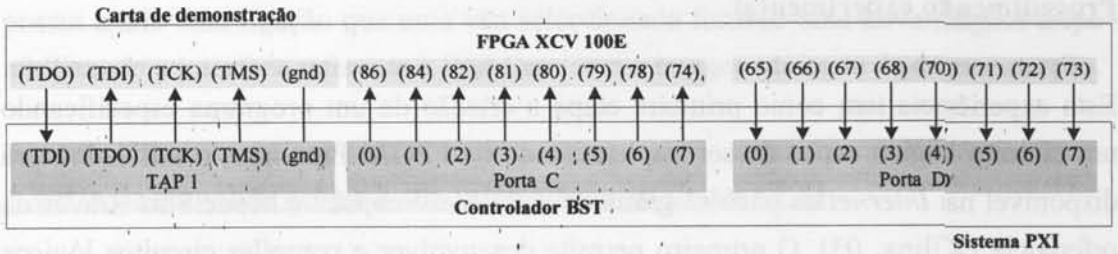


Figura 4.27: Ligações entre o controlador BST e a carta de demonstração com a FPGA.

O osciloscópio utiliza os dois canais (canal 0 e canal 1) para monitorar sinais em saídas da FPGA, ligados em qualquer local escolhido por um administrador do laboratório remoto.

Por fim, e uma vez que este ambiente experimental foi desenvolvido também para a realização de experiências com circuitos síncronos, foi ainda disponibilizado um sinal de relógio capaz de gerar um número de impulsos, previamente definidos pelo utilizador na interface de estímulo/leitura de pinos I/O da FPGA, à frequência de 1Hz[16]. Conforme ilustra a figura 4.28, o sinal é gerado pelo pino 2 da porta A do controlador BST, podendo ser ligado a qualquer local da FPGA (idealmente numa entrada de relógio de forma a eliminar problemas de atrasos, denominados por *Clock Skew,* na propagação dos sinais).

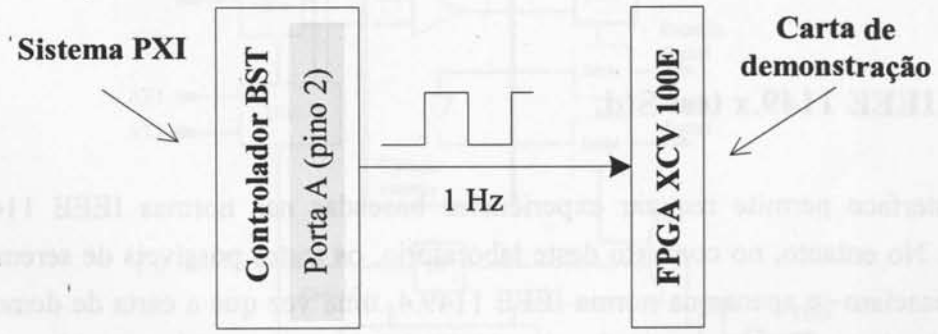


Figura 4.28: Ligação entre o sinal de relógio e a carta de demonstração com a FPGA.

[16] A escolha de uma frequência de funcionamento baixa (1 Hz) justifica-se pelo facto do sinal de relógio ser gerado por *software*. O seu valor baseou-se em vários testes realizados em laboratório, onde se observou que a utilização de frequências mais elevadas tornava o período do sinal variável (os patamares do sinal tinham valores temporais aleatórios).

Procedimento experimental

Esta experiência tem como primeira etapa a criação de um programa especificando um circuito lógico capaz de ser implementado na FPGA. Para isso, o utilizador terá disponível na *Internet* os pacotes grátis de *software* Webpack e ModelSim através da referência [Xilinx, 03]. O primeiro permite desenvolver e compilar circuitos lógicos (diagramas esquemáticos, linguagens de descrição de *hardware* nomeadamente Verilog ou VHDL, diagrama de estados, etc.), enquanto o segundo permite a sua simulação. Por fim, e concluindo a fase onde o utilizador não se encontra ligado ao laboratório, este deverá criar um ficheiro binário (*.bit) para configurar a referida FPGA residente na carta de demonstração. Numa segunda etapa, é requerida ao utilizador uma ligação Web com o laboratório, a fim de testar o circuito previamente desenvolvido.
Uma vez conectado, o utilizador deverá realizar os seguintes passos:

1. Descarregar o ficheiro binário (*.bit) para o servidor remoto.
2. Transferir esse ficheiro do servidor remoto para a FPGA, de forma a configurar a sua estrutura lógica.
3. Testar essa configuração através da interface apresentada na figura 4.10.

Todo este processo é descrito em pormenor no guião disponível em [Alves et al., 01a] ou no CD anexo a esta dissertação, referente a uma possível experiência baseada na carta de demonstração descrita.

4.2.3 IEEE 1149.x test Std.

Esta interface permite realizar experiências baseadas nas normas IEEE 1149.1 e 1149.4. No entanto, no contexto deste laboratório, os testes possíveis de serem realizados baseiam-se apenas na norma IEEE 1149.4, uma vez que a carta de demonstração utilizada emula um circuito funcional constituído por um andar seguidor analógico (amplificador operacional com realimentação negativa unitária) e uma porta lógica inversora, rodeados por uma infra-estrutura compatível com a norma IEEE 1149.4. Ao contrário das experiências anteriores, esta não requer qualquer configuração/programação da carta de demonstração, sendo todo o processo de controlo efectuado com base na interface *Explorer* através do envio de comandos compatíveis com as referidas normas [Hine et al. 02].
O acesso a este ambiente experimental é efectuado através da interface ilustrada na figura 4.30, que agrupa as interfaces dos instrumentos de teste e medição (osciloscópio, gerador de funções e o *Explorer*) apresentadas na secção anterior. Esta interface

possui ainda uma ligação que uma vez seleccionada fornece uma nova página disponibilizando a interface referente à WebCam com a imagem da carta de demonstração.

A carta de demonstração e a sua interligação ao sistema PXI

A carta de demonstração, disponibilizada remotamente, implementa um seguidor de tensão e um inversor rodeados por uma infra-estrutura contemplando a norma IEEE 1149.4, conforme ilustra a figura 4.29.

Toda o controlo da infra-estrutura 1149.4 é efectuado pela TAP (idêntico à norma IEEE 1149.1) que controla os interruptores da estrutura de comutação entre os pinos AT1 e AT2, correspondente ao barramento interno de teste analógico (*Test Bus Interface Circuit*, TBIC), e os módulos analógicos (*Analog Boundary Module*, ABM), conforme descreve a respectiva norma. Para monitorização remota via WebCam, o utilizador tem acessível um conjunto de LEDs que indicam o estado de cada interruptor analógico: 10 LEDs amarelos para o TBIC, 6 LEDs vermelhos para o ABM1 e 6 LEDs verdes para o ABM2[17].

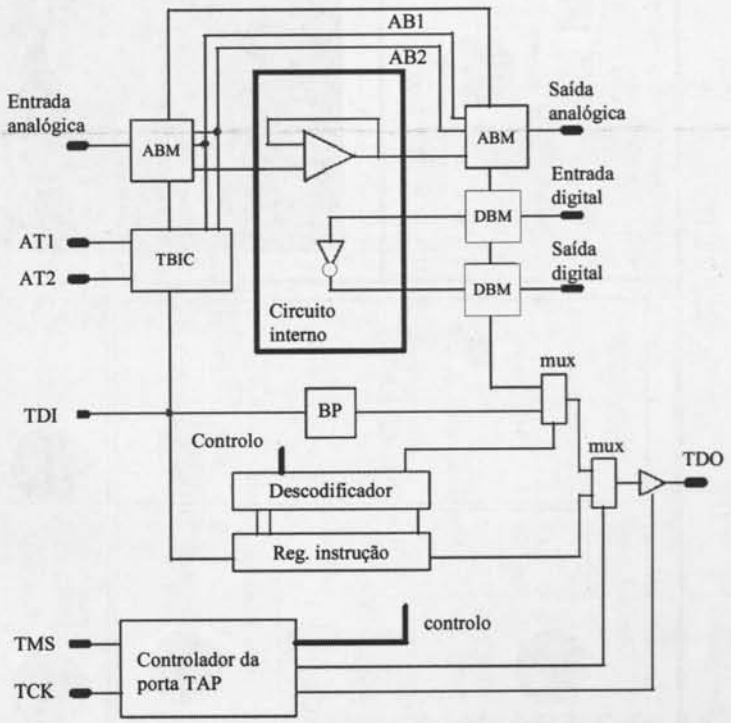


Figura 4.29: Diagrama de blocos da carta de demonstração com a infra-estrutura IEEE 1149.4.

[17] Sugere-se ao leitor a consulta do esquema da carta, disponibilizado no CD anexo a esta dissertação.

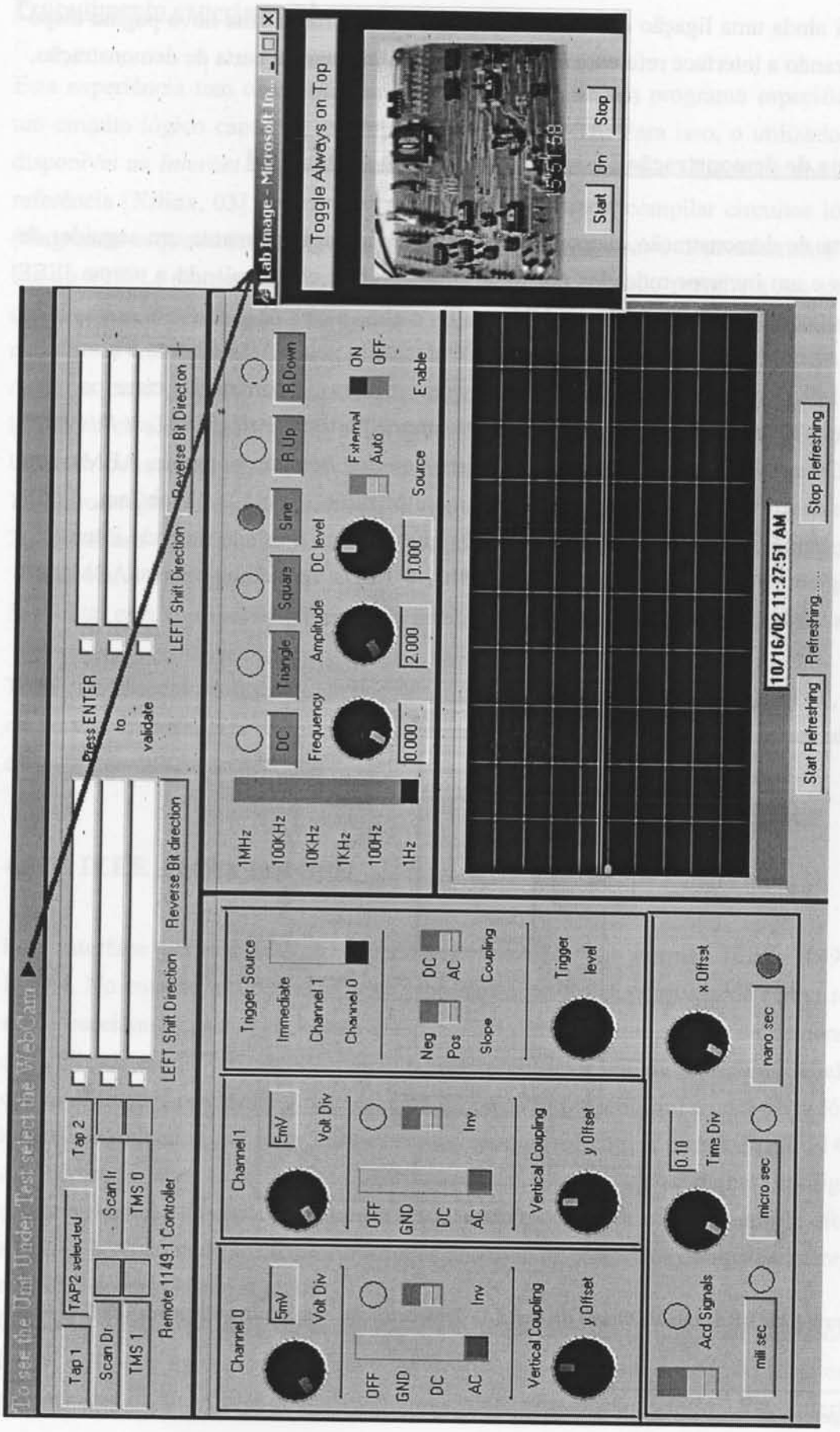


Figura 4.30: Interface do ambiente experimental *IEEE 1149.x test Std.*

A ligação desta carta de demonstração ao sistema PXI contempla a utiliização de três cartas, nomeadamente o controlador BST, o osciloscópio e o gerador de funções. A figura 4.31 apresenta a experiência, enquanto a figura 4.32 descreve as lligações efectuadas entre o sistema PXI e a referida carta de demonstração.

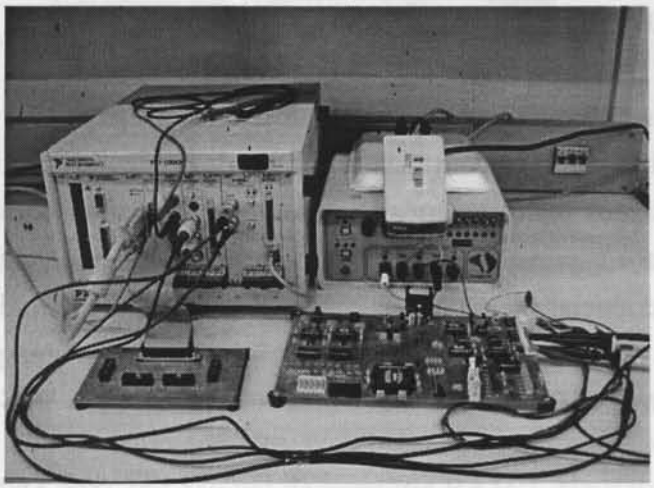


Figura 4.31: Experiência controlada pelo ambiente experimental *IEEE 1149.x test Std.*.

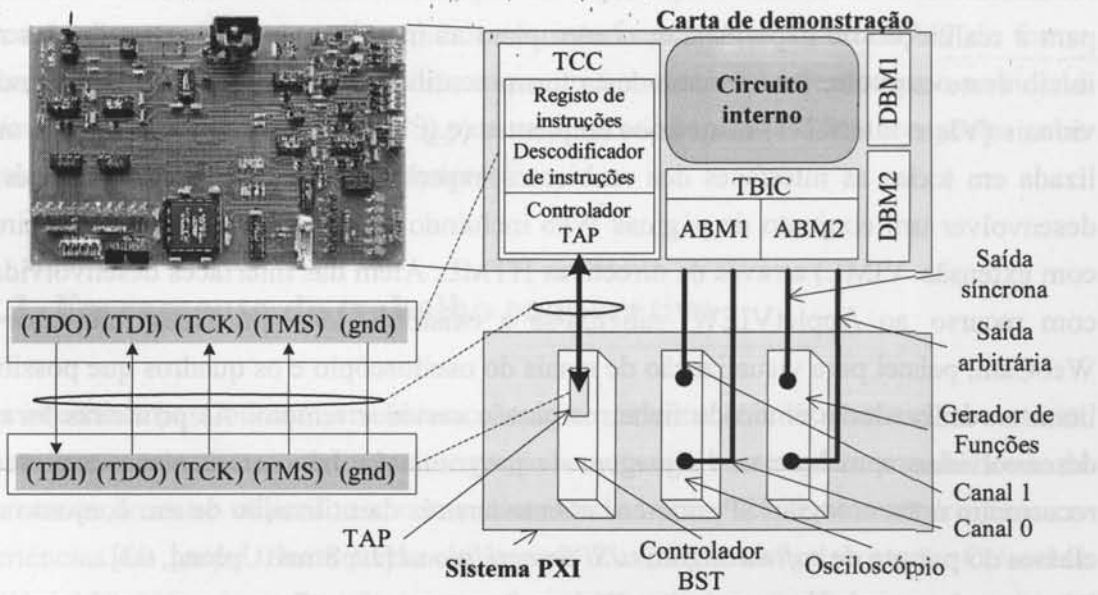


Figura 4.32: Interligação do sistema PXI com a carta de demonstração que inclui a infra-estrutura compatível com a norma IEEE 1149.4

O controlador BST liga directamente ao circuito de controlo (*Test Conttrol Circuitry,* TCC) através dos pinos TDI, TDO, TMS, TCK e gnd. Desta forma, o utiilizador pode-

rá controlar toda a infra-estrutura digital da carta de demonstração através da interface *Explorer*. As restantes cartas PXI (osciloscópio e gerador de funções) são utilizadas para interligação à parte analógica da carta, nomeadamente aos pinos de I/O analógicos (ABM1 e ABM2) e aos pinos AT1 e AT2 do TBIC.

Procedimento experimental

A realização de uma experiência, baseada na norma IEEE 1149.4 ou IEEE 1149.1, requer um controlo efectuado com base no envio de comandos, utilizando a interface *Explorer*. Os restantes instrumentos, nomeadamente o osciloscópio e o gerador de funções, permitem a captura e envio de sinais respectivamente, permitindo a realização de várias experiências baseadas nas referidas normas. O guião disponível em [Alves et al., 01a] ou no CD anexo a esta dissertação exemplifica uma possível experiência baseada na norma IEEE 1149.4.

4.2.4 Aspectos de desenvolvimento

As interfaces dos ambientes experimentais disponibilizadas aos utilizadores remotos para a realização de experiências, contemplam as interfaces individuais referidas no início deste capítulo. Procurou-se desta forma reutilizar os módulos de *software* individuais (VIs e interfaces) nos vários ambientes (e.g. a interface do osciloscópio é utilizada em todas as interfaces dos ambientes experimentais). Para tal foi necessário desenvolver um conjunto de páginas Web incluindo as referidas interfaces (ficheiros com extensão VIML) através de directivas HTML. Além das interfaces desenvolvidas com recurso ao AppletVIEW, salienta-se a existência das interfaces referentes à WebCam, painel para visualização de sinais do osciloscópio e os quadros que possibilitam ao utilizador o envio de ficheiros para o servidor remoto. As primeiras foram desenvolvidas com base na linguagem de programação Java, enquanto as segundas recorreram à tecnologia JSP, nomeadamente através da utilização de um conjunto de classes do pacote de *software* grátis *JSPSmartUpload* [JspSmartUpload, 03].
Uma vez desenvolvidas as páginas Web, referentes às interfaces das experiências remotas, houve a necessidade de garantir um serviço rápido e fiável aos utilizadores. Neste contexto, e conforme já referido no capítulo anterior, implementou-se a arquitectura composta pelo sistema PXI (computador Brama) e um servidor (computador Pandora), apresentada na figura 4.33.

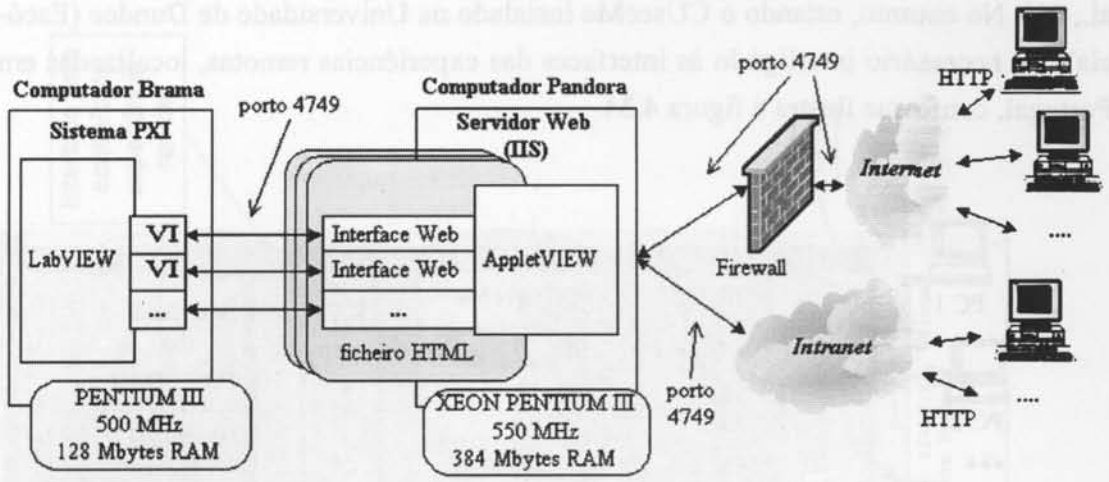


Figura 4.33: Arquitectura implementada no laboratório e comunicação entre VIs e interfaces Web.

Com esta arquitectura alivia-se o controlador PXI de todo o processamento, tirando partido da melhor qualidade do servidor Web baseado num processador XEON PENTIUM III a 550 MHZ com 384 Mbytes de memória RAM[18]. No sistema PXI instalou-se o *software* LabVIEW, enquanto o servidor Web terá o AppletVIEW integrado com o servidor IIS. No primeiro colocaram-se os VIs, enquanto no segundo colocaram-se os ficheiros VIML referentes às interfaces a disponibilizar aos utilizadores. A comunicação entre os VIs e as correspondentes interfaces utiliza a porta 4749 de forma transparente para o utilizador remoto, enquanto a comunicação deste com o servidor é feita pela porta 80 (via servidor IIS) para recepção de páginas HTML compostas pelas interfaces descritas nos pontos anteriores[19].

4.3 Ferramenta de trabalho cooperativo

As interfaces possibilitam uma interacção síncrona entre o utilizador e o laboratório. No entanto, este sistema de experimentação remota não contempla a possibilidade de comunicação entre utilizadores, nomeadamente se houver o interesse em realizar experiências em grupo. Desta forma utilizou-se o ambiente de colaboração CUseeMe [CUseeMe, 02] com as interfaces para controlo ou observação descritas, permitindo assim uma interacção em tempo-real, usando áudio, vídeo e texto (*chat*) [Sergeant et

[18] Uma lista com as características dos computadores utilizados pode ser consultada no anexo D.

[19] Um vez que o laboratório se encontra atrás de uma *Firewall,* houve a necessidade de abrir a porta 4749 para facultar a interacção entre as interfaces Web, disponíveis aos utilizadores ligados à *Internet*, e os VIs.

al., 01]. No entanto, estando o CUseeMe instalado na Universidade de Dundee (Escócia), foi necessário interligá-lo às interfaces das experiências remotas, localizadas em Portugal, conforme ilustra a figura 4.34.

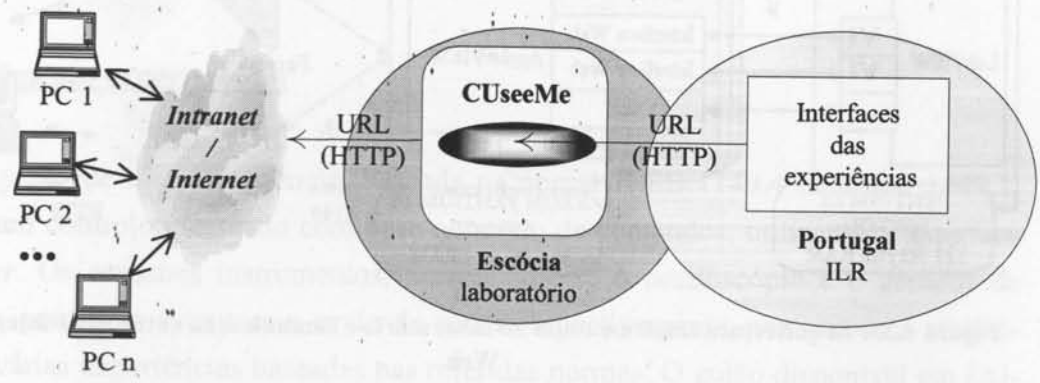


Figura 4.34: Interligação entre as experiências remotas e o CUseeMe.

Essa ligação é efectuada através do URL específico de cada experiência remota. Desta forma, o acesso dos clientes às experiências remotas, utilizando o CUseeMe, é efectuado de forma transparente, bastando a estes abrir um *browser* indicando o URL da página Web com a experiência desejada. A figura 4.35, exemplifica dois utilizadores usando a interface do ambiente experimental *8051 Microcontroller* integrada no CUseeMe.

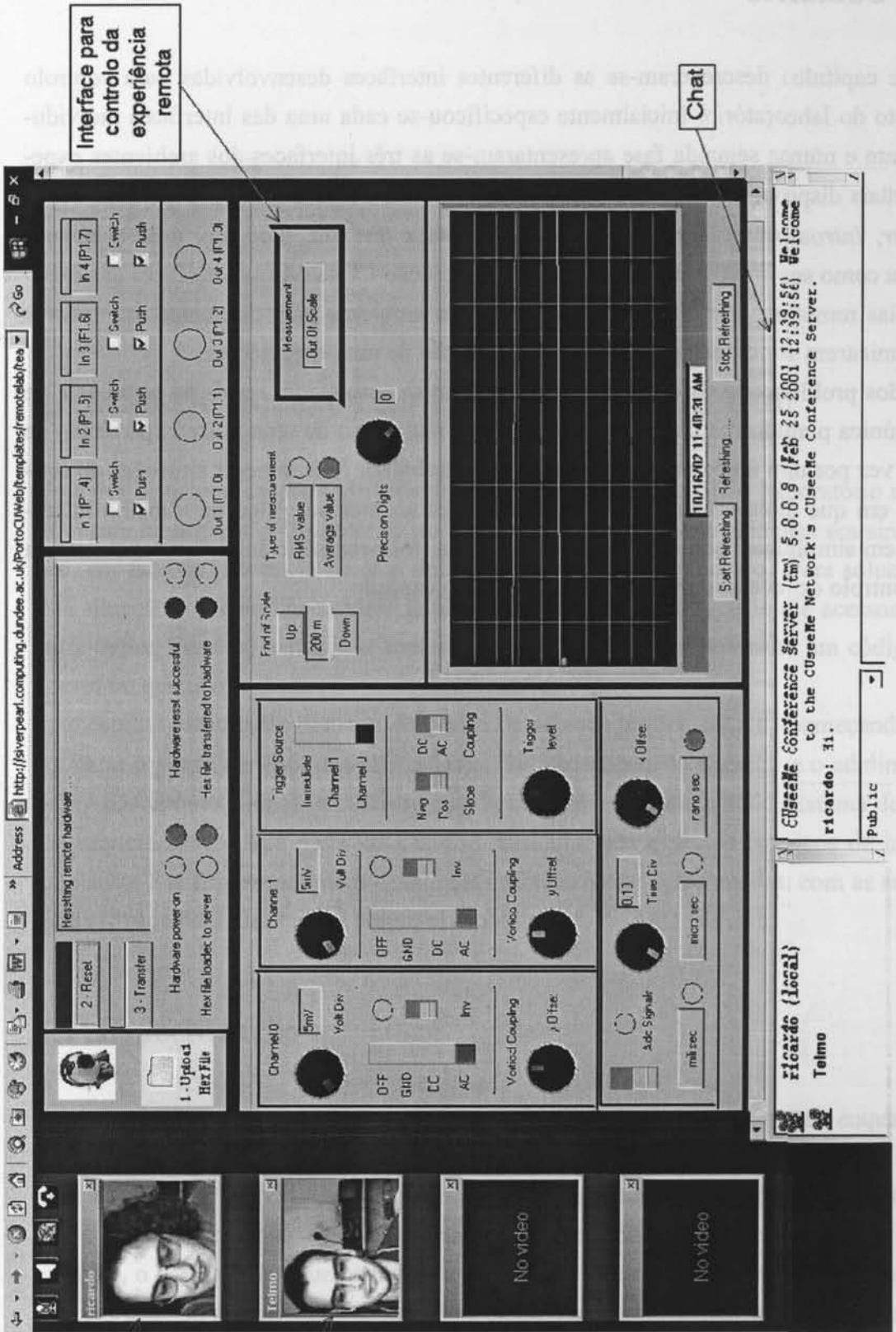


Figura 4.35: Exemplo da utilização do CUseeMe integrado na experiência do µC8051.

4.4 Sumário

Neste capítulo descreveram-se as diferentes interfaces desenvolvidas para controlo remoto do laboratório. Inicialmente especificou-se cada uma das interfaces individualmente e numa segunda fase apresentaram-se as três interfaces dos ambientes experimentais disponibilizados aos utilizadores remotos, nomeadamente: *8051 Microcontroller, Introductory logic design* e *IEEE 1149.x test Std.*. Por fim, descreveu-se a forma como se interligou o ambiente de colaboração CUseeMe às interfaces das experiências remotas, com o objectivo de criar um ambiente para diferentes utilizadores comunicarem sincronamente durante a realização de uma experiência.

Um dos problemas existentes com o laboratório desenvolvido, reside na existência de uma única plataforma física, o que restringe à realização de uma única experiência de cada vez por um único utilizador ou grupo de trabalho. Para impedir situações de conflito, em que dois utilizadores não pertencentes ao mesmo grupo de trabalho interagem em simultâneo sobre a mesma experiência, foi necessário implementar o sistema de controlo de acessos apresentado no próximo capítulo.

Capítulo 5

Gestão de acessos ao laboratório remoto

Uma das principais lacunas identificadas na ILR que implementa o laboratório remoto, reside na impossibilidade de se realizarem duas ou mais experiências em simultâneo, em face da existência de uma única plataforma física de acesso. Para solucionar esta situação tornou-se necessário implementar um sistema de gestão de acessos que, entre outras funções, restrinja o acesso a utilizadores que não possuam um código de acesso ou que não tenham efectuado uma reserva.

Este capítulo descreve o sistema de gestão de acessos implementado, começando por enfatizar o ponto de vista dos utilizadores, nomeadamente os clientes e o administrador. Após uma explicação detalhada das características funcionais do sistema de gestão implementado, será dada uma ênfase particular aos aspectos técnicos de implementação. Por fim, mencionam-se algumas características relacionadas com as acessibilidades consideradas no seu desenvolvimento.

5.1 Especificação

O laboratório tem como utilizadores duas entidades: os clientes, onde se enquadram alunos e professores, e um administrador. Os clientes têm por objectivo realizar experiências remotas, individualmente ou em grupo de trabalho, enquanto o administrador terá o papel de controlar e gerir os recursos do laboratório. Conforme ilustrado na figura 5.1, o acesso aos recursos disponibilizados no laboratório é efectuado através de uma *Intranet* ou da *Internet*, requerendo a ambas as entidades mencionadas, uma chave de acesso (*login* e *password*) armazenada numa base de dados local.

Deste modo, o acesso de um cliente ou grupo ao laboratório requer:

- Pedido de registo. Trata-se da primeira acção a realizar por um novo cliente do laboratório. Este deverá requerer ao administrador o acesso ao laboratório, através de um pedido de registo na base de dados local. No final deste processo o cliente irá obter um *login* e uma *password* correspondentes à chave de acesso.
- Marcação da experiência. Após obtenção da chave de acesso, o cliente terá disponível uma agenda electrónica onde poderá efectuar as reservas de períodos de tempo para a realização de uma experiência remota.
- Entrada e realização das experiências. Por fim, e consoante a reserva efectuada, o cliente poderá aceder ao laboratório e à experiência disponível num determinado momento, utilizando a sua chave de acesso.

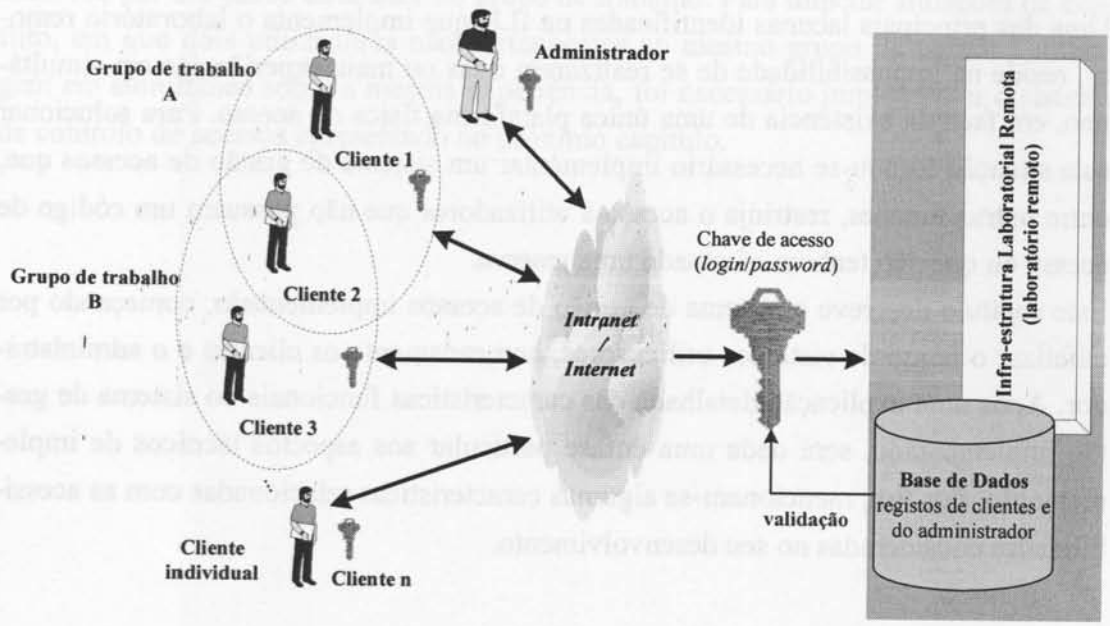


Figura 5.1: Modelo conceptual das entidades envolvidas no acesso ao laboratório remoto.

Do ponto de vista do administrador, este possui uma chave de acesso que lhe é fornecida na altura da instalação do sistema[20], permitindo-lhe gerir todos os recursos do laboratório, nomeadamente: os clientes, as experiências disponíveis e os períodos de reservas efectuadas pelos clientes, bem como reservar o laboratório para efeitos de manutenção.

[20] O anexo C desta dissertação descreve o processo de instalação do sistema desenvolvido.

5.2 Páginas do cliente

Para realizar uma experiência remota, o cliente terá que: a) efectuar um registo na base de dados do laboratório, de forma a obter a chave de acesso; b) efectuar uma reserva; c) aceder ao ambiente experimental[21] disponível num dado momento. Todo este processo, descrito na secção anterior, recorre à utilização de um conjunto de páginas Web acessíveis através de um simples *browser*[22] sem a necessidade do utilizador instalar qualquer *software* adicional (modelo *Thin Client*). No entanto, e conforme se irá descrever, as páginas desenvolvidas contemplam um conjunto de interfaces criadas em Java que requerem, em cada acesso, a transferência destas para os computadores dos utilizadores.

Todos os percursos disponíveis aos clientes estão representados no diagrama da figura 5.2, onde se salientam as três etapas referidas para a realização de experiências: registo (*registration*), reserva (*booking*) e entrada nos ambientes experimentais (*log*)[23].

5.2.1 Página de entrada

Conforme mostra o diagrama da figura 5.2, todas as etapas iniciam-se numa primeira página (*main page*)[24], ilustrada na figura 5.3, onde os clientes poderão cumprir as tarefas que precedem o acesso a um ambiente experimental para a realização duma experiência remota. Para além dos apontadores para as etapas de reserva e acesso aos ambientes experimentais, esta página permitirá ao cliente aceder a um conjunto de informações, para ajuda à utilização do laboratório, acessíveis a partir de uma barra localizada no seu topo, nomeadamente:

- *Overview*. Permite aceder a um diagrama interactivo, idêntico ao da figura 5.2, contendo explicações pormenorizadas de todas as páginas possíveis de serem acedidas por um cliente.
- *About*. Fornece informações genéricas sobre o laboratório.
- *Help*. Fornece instruções referentes à utilização da página Web.

[21] Os diferentes ambientes experimentais (*8051 Microcontroller*, *Introductory logic design*, e *IEEE 1149.x test Std.*) encontram-se descritos no capítulo anterior.

[22] As páginas Web do laboratório foram testadas com os *browsers* IE 5.5, IE 6.0 e Netscape 6.21.

[23] O diagrama ilustrado está disponível, através de um conjunto de páginas Web interactivas, no CD anexo à dissertação.

[24] Acessível através do URL: **http://ptse.fe.up.pt/Rlab/**

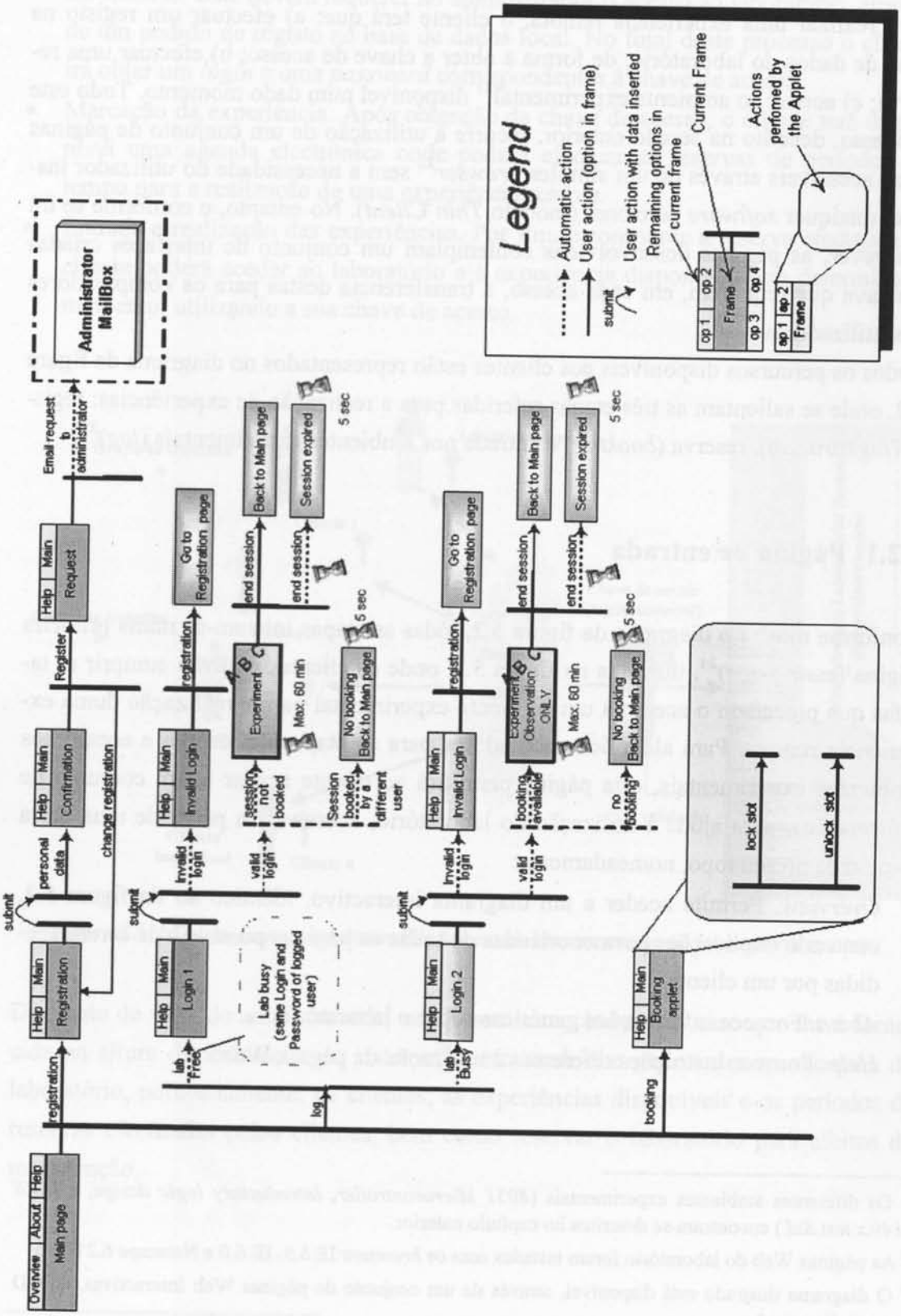


Figura 5.2: Diagrama com os percursos Web disponíveis aos clientes do laboratório remoto.

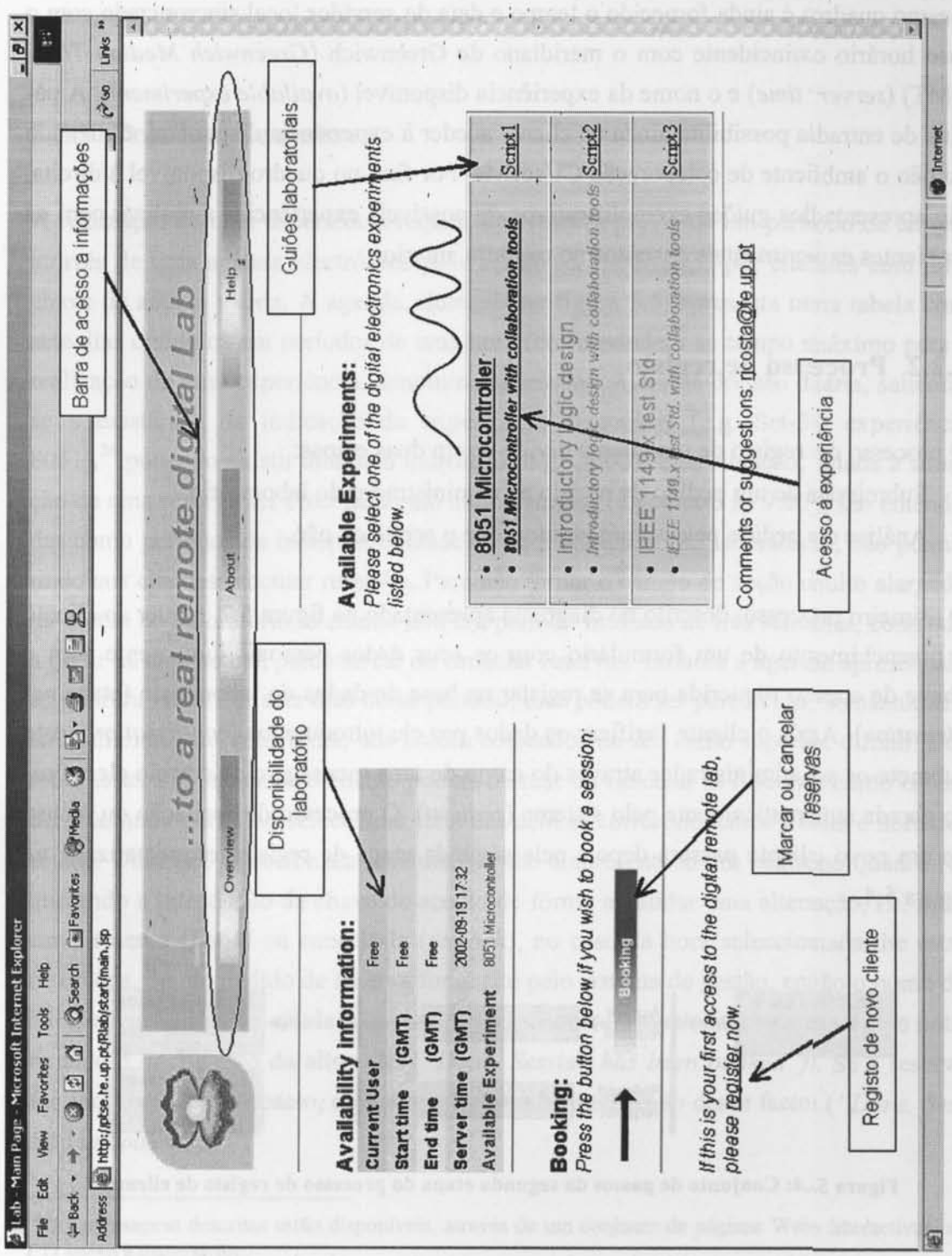


Figura 5.3: Página inicial do laboratório remoto.

O quadro denominado *Availability Information*, informa os utilizadores do laboratório sobre a sua disponibilidade, nomeadamente com a informação do cliente conectado à experiência disponível (nome - *current user*, tempo de acesso à experiência - *start time* e tempo em que a sessão reservada para a sua utilização finda - *end time*). No mesmo quadro é ainda fornecido o tempo e data do servidor local sincronizado com o fuso horário coincidente com o meridiano de Greenwich (*Greenwich Median Time*, GMT) (*server time*) e o nome da experiência disponível (*available experiment*). A página de entrada possibilita ainda ao cliente aceder à experiência disponível, utilizando ou não o ambiente de colaboração CUseeMe. Por fim, no quadro disponível à direita, são apresentados guiões exemplificativos de possíveis experiências a realizar com os ambientes experimentais descritos no capítulo anterior.

5.2.2 Processo de registo

O processo de registo de um cliente divide-se em duas etapas:

- Submissão de um pedido de registo ao administrador do laboratório.
- Análise do pedido pelo administrador, que o aceita ou não.

O primeiro processo, descrito no diagrama apresentado na figura 5.2, requer ao cliente o preenchimento de um formulário com os seus dados pessoais juntamente com a chave de acesso requerida para se registar na base de dados do laboratório (etapa *registration*). Após o cliente verificar os dados por ele introduzidos (*confirmation*), este submete-os ao administrador através do envio de uma mensagem de correio electrónico gerada automaticamente pelo sistema (*request*). O processo de aceitação ou recusa de um novo cliente passará depois pela segunda etapa de registo, esquematizada na figura 5.4.

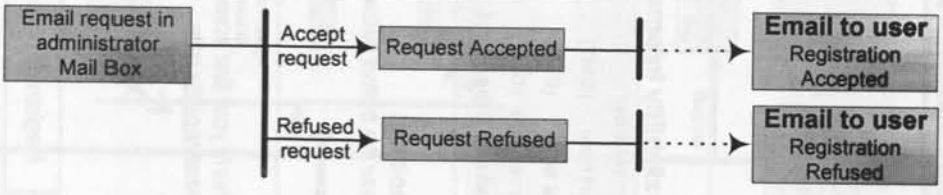


Figura 5.4: Conjunto de passos da segunda etapa do processo de registo de clientes.

Uma vez recebido o pedido de registo na caixa de correio do administrador, este irá certificar-se da sua validade analisando os dados recebidos. Com base nessa análise, o

administrador aceita ou recusa o registo, sendo em ambas as situações enviada ao cliente uma mensagem de correio electrónico notificando-o da sua decisão[25]. Uma vez aceite o pedido de registo de um cliente, este possuirá a chave para acesso aos recursos do laboratório, nomeadamente aos processos para reserva e realização de experiências.

5.2.3 Processo de reserva

A realização de uma experiência requer uma reserva prévia de um período de tempo, através de uma agenda electrónica possível de ser modificada por clientes com uma chave de acesso válida. A agenda, ilustrada na figura 5.5, apresenta uma tabela com sete dias divididos em períodos de uma hora (correspondem ao tempo máximo para a realização de uma experiência, denominado sessão). Além da divisão diária, salienta-se a existência da indicação da experiência disponível (e.g. Set-30 experiência 8051),[26] podendo existir dias sem indicação (e.g. Out-3). Esta situação, aliada à situação de uma reserva ser efectuada pelo administrador (e.g. Out-5 às 9:00), são entendidas como períodos de indisponibilidade ou de manutenção do laboratório, não permitindo aos clientes efectuar reservas. Para não tornar o campo de acção muito alargado na gestão do laboratório, o cliente terá um período limitado de três semanas, contando a partir da data actual, para marcar ou cancelar reservas. Embora a agenda apresentada só permita visualizar sete dias desse período, esse poderá ser percorrido, semanalmente ou diariamente, recorrendo aos botões colocados no seu canto superior direito. Durante essas três semanas, o cliente poderá marcar ou cancelar as reservas como entender, bastando para isso seleccionar uma das células correspondentes à data e hora desejada. Uma vez seleccionada a célula, ser-lhe-á apresentado um pequeno quadro requerendo a introdução da chave de acesso de forma a validar uma alteração, i.e. marcar a reserva (*book*) ou cancelá-la (*unbook*), no caso da hora seleccionada lhe estar reservada. Se um pedido de reserva for aceite pelo sistema de gestão, então o nome do cliente será visível na célula (e.g. Ana), sendo ainda apresentada uma mensagem notificando-o do sucesso da alteração (*"Done. Session has been booked"*).. Se a reserva for cancelada com sucesso, o cliente será também notificado desse facto (*"Done. Session unbooked"*).

[25] As mensagens descritas estão disponíveis, através de um conjunto de páginas Web interactivas, no CD anexo à dissertação.

[26] A decisão do período a disponibilizar para a realização de determinada experiência ficará a cargo do administrador do laboratório. Todo o processo envolvido na disponibilização de uma experiência é explicado no ponto 5.3 quando se fizer referência às páginas Web do administrador.

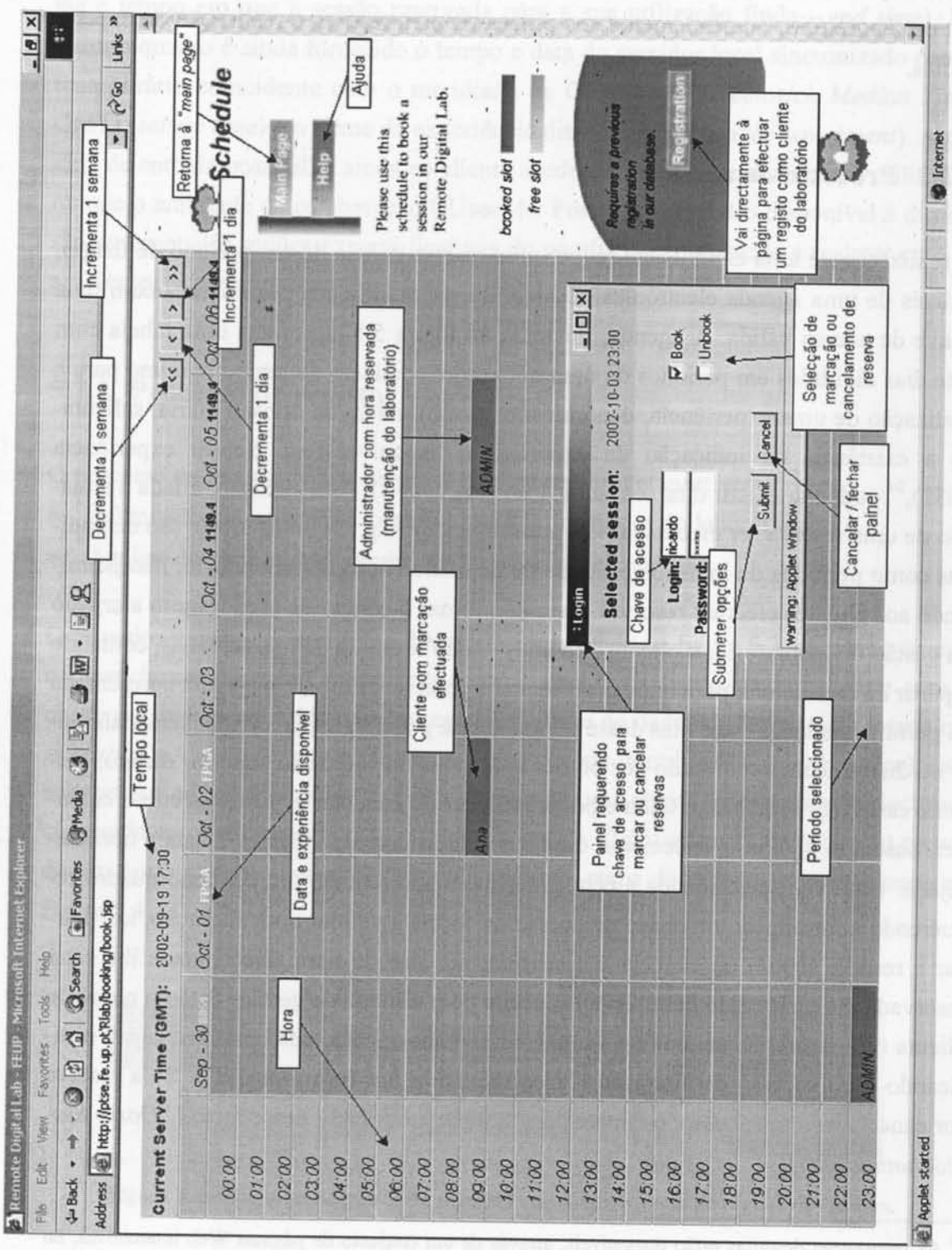


Figura 5.5: Agenda electrónica para reservas do laboratório remoto.

No caso de ocorrer alguma situação de erro ou selecção incorrecta, ser-lhe-á apresentada uma mensagem indicativa do sucedido:

- *"Invalid!!! Login and Password invalid"*. Ocorre quando a chave de acesso é inválida. Se o cliente estiver a marcar ou cancelar uma reserva, a indicação desta mensagem pode ocorrer em diferentes situações:
    - Cliente enganou-se ao introduzir a chave de acesso.
    - Cliente ainda não se registou no laboratório, não possuindo chave de acesso.
    - Cliente tentou cancelar uma reserva de um outro cliente com a sua chave de acesso.
- *"Expired. Check your local time"*. Ocorre quando o cliente tenta efectuar uma marcação num horário já ultrapassado. Nesta situação o cliente deverá certificar-se da hora remota apresentada no canto superior esquerdo da agenda, e sincronizar a sua reserva com ela.
- *"No access. Already booked"*. Ocorre quando determinado cliente tenta efectuar uma reserva numa data e hora já ocupada.
- *"Unavailable. No experiment available"*. Ocorre quando existe uma tentativa de efectuar uma reserva num dia sem nenhuma experiência disponível.

Conforme referido na apresentação deste capítulo, o administrador apresenta características distintas dos restantes clientes, nomeadamente a possibilidade de aceder a um conjunto de páginas para gestão do laboratório. Neste contexto, a agenda apresentada não poderá ser alterada pelo administrador, i.e. qualquer tentativa de marcação/cancelamento de reservas para manutenção ou qualquer acto ligado à gestão dos recursos do laboratório não será permitida, originando uma mensagem de erro: *"Unavailable. Administration area only"*.

5.2.4 Acesso às experiências

Uma vez obtida a chave de acesso, através de um registo como utilizador do laboratório, e após efectuar uma reserva utilizando a agenda electrónica, o cliente poderá aceder a um ambiente experimental para a realização de uma experiência. Este deverá seleccionar a ligação acessível na página inicial do laboratório (figura 5.3) correspondente ao ambiente experimental disponível e ao seu interesse em trabalhar com ou sem o ambiente CUseeMe integrado. Depois de seleccionar uma das opções indicadas, o cliente deverá introduzir a sua chave de acesso, que uma vez validada possibilitará a sua entrada na experiência.

No entanto, a reserva na agenda electrónica nem sempre é obrigatória, pois o cliente poderá aceder a uma experiência como observador, no caso do laboratório se encontrar ocupado. Além disso, os clientes poderão também controlar em simultâneo a mesma experiência, sendo para isso necessário entrarem com a mesma chave de acesso (chave de grupo). Desta forma, ilustra-se na figura 5.6 as diferentes formas de acesso de um cliente às experiências disponíveis no laboratório.

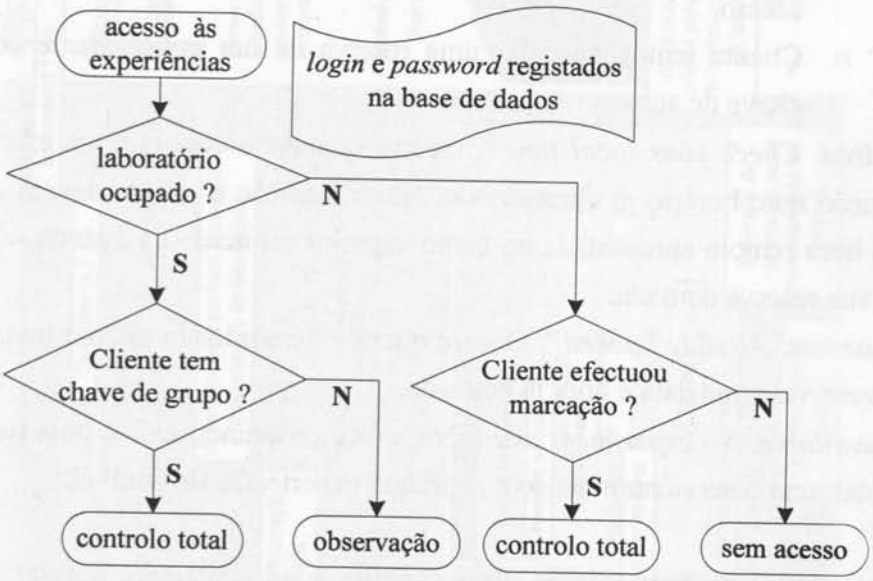


Figura 5.6: Formas de acesso dos clientes às experiências remotas.

5.2.5 Aspectos de desenvolvimento

A implementação do sistema de gestão do laboratório orientou-se pela arquitectura ilustrada na figura 5.7, dividida em três camadas: a) Interfaces; b) Lógica de negócio; c) Dados persistentes.

A primeira camada representa todas as interfaces disponibilizadas aos utilizadores, acessíveis através de um URL. Estas comunicam com base no protocolo HTTP (porto 80), com as aplicações residentes no servidor Tomcat [Apache, 00] e [Apache, 02], referentes às páginas dinâmicas desenvolvidas com base em tecnologias Java [Sun, 03], nomeadamente JSPs [Sun, 00] e *Servlets* [Sun, 02a].

A segunda camada, referente à lógica de negócio, tem por objectivo gerir os recursos do laboratório, salientando-se o controlo de acessos aos ambientes experimentais.

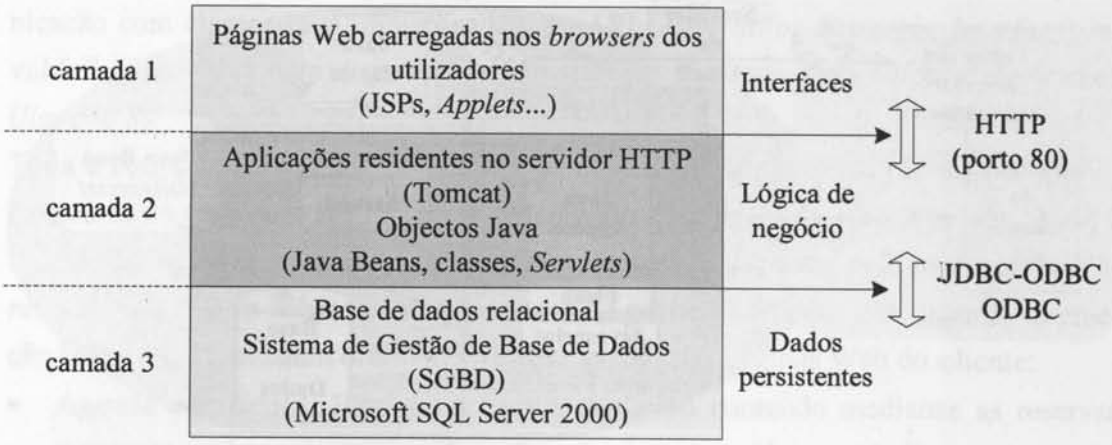


Figura 5.7: Arquitectura de três camadas implementada na gestão de acessos.

Devido às características do sistema implementado houve ainda necessidade de colocar uma terceira camada constituída por dados persistentes. Esta camada é implementada com recurso ao SGBD Microsoft SQL Server 2000 [Microsoft, 02a] onde reside uma base de dados relacional, denominada *remotelab,* com toda a informação dos utilizadores do laboratório, das experiências e dos horários para a sua realização. Toda a comunicação entre esta camada e a camada referente à lógica de negócio, efectua-se por intermédio de um *driver* utilizado para conexão com a base de dados (*Open DataBase Connectivity*, ODBC). Este é acedido por uma interface Java (*Java DataBase Connectivity*, JDBC) [Sun, 98] e [Hamilton et al., 96] através da ponte JDBC-ODBC.

Lógica de negócio

No desenvolvimento das páginas Web utilizou-se a tecnologia JSP que permite criar páginas dinâmicas, i.e. páginas cujo conteúdo varia em função de acções efectuadas pelo utilizador sobre as mesmas. O esquema apresentado na figura 5.8 especifica a lógica de negócio envolvida na gestão do laboratório, dividida em dois grupos: o cliente e o servidor. O primeiro apresenta os recursos disponíveis para interagir com o servidor, nomeadamente o *browser*, onde o cliente abre páginas do laboratório, e um leitor de correio electrónico[27] utilizado na recepção de mensagens geradas pelo sistema. O segundo apresenta todos os objectos usados na implementação da lógica de negócio e a forma como estes interagem.

[27] O leitor de correio electrónico testado foi o *Microsoft Outlook 2000* [Microsoft, 03dl], sendo este o sugerido para a leitura das mensagens enviadas automaticamente pelo sistema implementado.

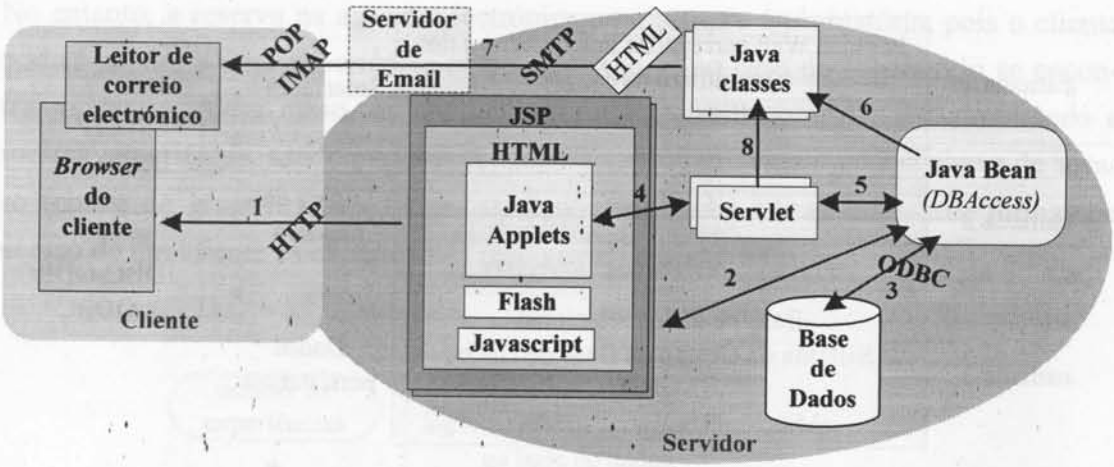


Figura 5.8: Lógica de negócio entre cliente e servidor.

A arquitectura seguida no servidor rege-se por um modelo onde os pedidos dos clientes, e respectivas respostas, se baseiam no acesso a JSPs implementadas com base na linguagem HTML, eventualmente integrando objectos Java (*Applets)*, objectos gráficos Flash[28] e algumas rotinas na linguagem de programação JavaScript[29]. Enquanto as JSPs acedem directamente à classe *DBAccess* implementada com a tecnologia JavaBeans [MageLang, 97], responsável pelo acesso à base de dados (leituras, escritas, actualizações e eliminações) e a informações do próprio servidor, as *Applets* interagem com objectos Java a correr no servidor (*Servlets*) que acedem aos seus recursos e à própria classe *DBAccess*.

O acesso às páginas do laboratório é representada pela *ligação 1*, onde os utilizadores, via HTTP, acedem às páginas dinâmicas (JSPs) carregadas no seu *browser*. Uma vez carregadas no *browser* de um cliente, a actualização do conteúdo dessas páginas só pode ser feita mediante a sua reabertura. Desta forma, qualquer informação que varie, referente ao laboratório (e.g. indicação de que o laboratório passou de livre para ocupado), só será perceptível se o utilizador fizer o refrescamento do seu *browser*. Uma forma encontrada para resolver esta situação baseia-se na utilização de *Applets,* que constantemente monitorizam o servidor sem qualquer intervenção do utilizador. Assim, desenvolveram-se *Servlets* que interagem com as *Applets* previamente carregadas no *browser* do cliente (*ligação 4*). As *Servlets* desenvolvidas servirão de suporte à comunicação entre as *Applets* e o servidor, nomeadamente o conteúdo da base de dados, sincronização horária com o sistema, estado de ocupação do laboratório e comu-

[28] *Flash: software* desenvolvido pela Macromedia [Macromedia, 03] para criar gráficos baseados em animações e ilustrações gráficas orientadas para aplicações na Web.

[29] *JavaScript:* linguagem de programação desenvolvida pela Netscape [Netscape, 03a], interpretada no próprio *browser* e possível de se incluir em páginas com código HTML.

nicação com classes Java implementando a API (*Application Program Interface*) JavaMail [Sun, 02c] para a geração automática de mensagens de correio electrónico (*ligação 8*).

Toda a comunicação estabelecida entre os objectos Java descritos (*Servlet* e *Applet*) baseou-se no protocolo HTTP (porto 80), devido à simplicidade na implementação e à facilidade com que ultrapassa as restrições de acesso impostas pela maioria das *Firewalls*[30] no que se refere ao bloqueamento de portas de acesso. Este tipo de interacção foi implementada em diferentes *Applets* usadas nas páginas Web do cliente:

- Agenda electrónica. Esta *Applet* actualiza o seu conteúdo mediante as reservas presentes na base de dados. Esta situação é conseguida através da comunicação com uma *Servlet* residente no servidor, que terá por função aceder aos métodos da classe *DBAccess* para comunicação com a base de dados. Além desta informação, esta *Applet* informa o cliente do tempo local do laboratório, efectuando pedidos com intervalos de 30 segundos à *Servlet* residente no servidor (figura 5.5).
- Disponibilidade do laboratório. A informação sobre a disponibilidade de recursos do laboratório é fornecida por esta *Applet*, presente na página inicial (figura 5.3). Esta, monitoriza em intervalos de 15 segundos o estado de ocupação do laboratório, nomeadamente o nome do cliente conectado a uma experiência, a hora de entrada e a hora em que a sessão para a realização da experiência finda. Além dessa informação, esta *Applet* permitirá obter a hora e data do servidor assim como a experiência disponível.
- Controlo de sessões. Além dos painéis de controlo disponibilizados em todas as experiências remotas, salienta-se a existência de um painel (*Applet*) que tem por objectivo informar determinado cliente sobre o tempo disponível para a realização de uma experiência, conforme ilustra a figura 5.9. Toda a monitorização é efectuada com base em pedidos realizados ao servidor (*Servlet*) em intervalos de 15 segundos. Além de informar o utilizador sobre o tempo disponível para a realização de uma experiência remota, esta *Applet* controla também a própria sessão, que uma vez finalizada (*Current Time* atinge o tempo *Ending Time*) redireccciona o utilizador para a página inicial do laboratório. Esta acção poderá também ser efectuada pelo próprio utilizador através do botão à direita do referido painel (*Close session*).

[30] *Firewall*: conjunto de programas que têm por objectivo proteger recursos de uma rede privada.

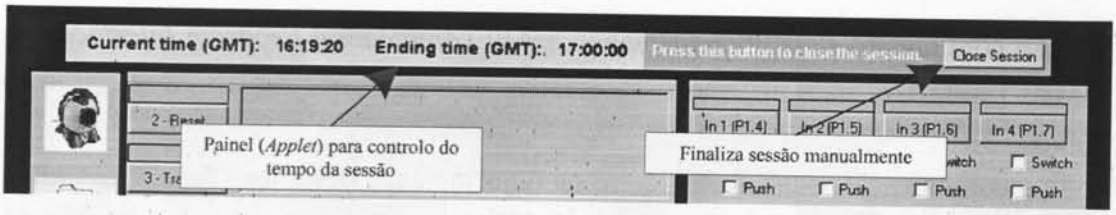


Figura 5.9: Painel para controlo do tempo de uma sessão para a realização de uma experiência.

As *ligações 5* e *3*, apresentadas na figura 5.8, representam a forma como as *Servlets* acedem à base de dados. Invocando funções disponibilizadas pela classe *DBAccess*, as *Servlets* conseguirão o acesso a informação residente no SGBD (*ligação 5*). Por sua vez, a comunicação entre essas funções e a base de dados é efectuada com base na API JDBC em conjunto com o *driver* ODBC (*ligação 3*).

Também as páginas Web, implementadas por JSPs, permitem o acesso à base de dados invocando para isso métodos da classe *DBAccess* (*ligação 2*). Além desta função, já referida, a classe *DBAccess* terá ainda a função de controlar os acessos às páginas Web e monitorar o estado do laboratório. A primeira (controlar acessos) será a responsável por garantir que as etapas de acesso às páginas Web respeitem o fluxo representado no diagrama da figura 5.2, evitando acessos não autorizados (e.g. qualquer tentativa de acesso a uma experiência através da introdução do URL correspondente às interfaces das experiências, leva o utilizador à página inicial do laboratório). A segunda função (monitorar o estado do laboratório) permite a partilha do estado de ocupação do laboratório por vários utilizadores em diferentes sessões Web, conseguida através duma variável estática declarada na classe.

Algumas funções, implementadas na classe *DBAccess* e nas *Servlets*, invocam funções de classes que utilizam a API JavaMail para o envio automático de mensagens de correio electrónico (em HTML ou texto), nomeadamente: o pedido de registo de um novo cliente (acção desencadeada pelo cliente) e a aceitação ou recusa de um novo cliente (acção desencadeada pelo administrador). Todo o processo descrito encontra-se evidenciado através das *ligações 6* e *7* da figura 5.8, quando os métodos das classes Java são invocados pela classe *DBAccess*, e pelas *ligações 8* e *7* quando são invocados directamente pelas *Servlets*[31]. As mensagens de correio electrónico são primeiramente enviadas para o servidor de correio electrónico da FEUP, utilizando o protocolo de transferência SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), e lidas por leitores de correio electrónico através dos protocolos POP (*Post Office Protocol*) ou IMAP (*Internet Messaging Access Protocol*).

[31] Importa referir que a *ligação 8*, ilustrada na figura 5.8, só é estabelecida nas páginas referentes ao administrador.

Camada de dados persistentes

As informações referentes aos dados dos clientes, às suas reservas e às experiências marcadas pelo administrador, deverão manter-se guardadas no servidor. Desta forma, projectou-se a base de dados relacional denominada *remotelab*. Esta, ilustrada no modelo conceptual da figura 5.10, é composta por três tabelas relacionadas entre si (*Client*, *Experiment* e *Reservation*) representativas das entidades envolvidas em todo o processo de gestão do laboratório.

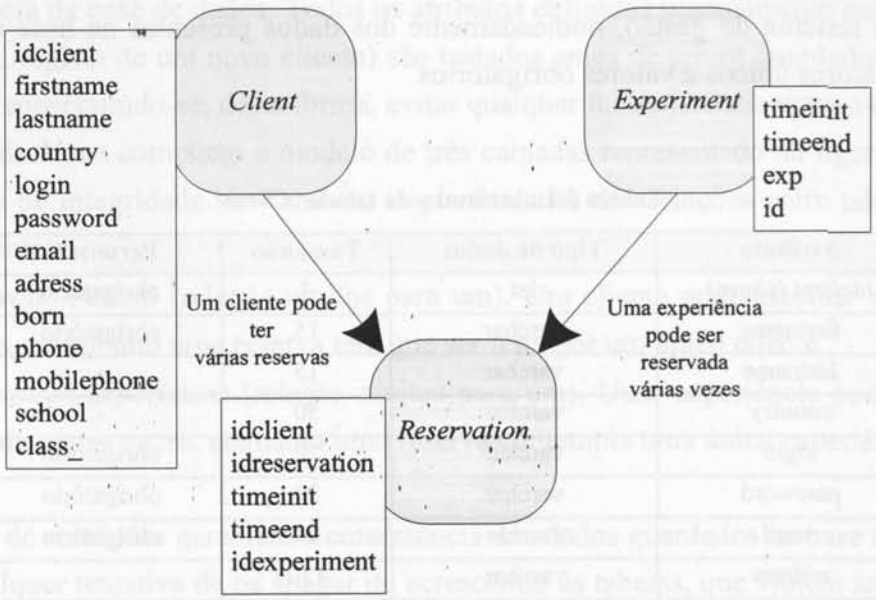


Figura 5.10: Modelo conceptual da base de dados usada para a gestão do laboratório remoto.

Esta base de dados relacional foi implementada no SGBD Microsoft SQL Server 2000, tendo cada uma das suas tabelas um conjunto de características próprias (atributos):

- *Experiment*. Representa as experiências disponibilizadas aos clientes. O conteúdo desta tabela é alterado exclusivamente pelo administrador do laboratório, permitindo a definição do dia inicial (*timeinit*) e dia final (*timeend*) em que determinada experiência se encontra disponível. O atributo *exp* refere-se ao nome da experiência, enquanto que o *id* refere-se ao seu número.
- *Client*. Informação de todos os clientes do laboratório. Esta tabela é preenchida quando um novo cliente é registado no laboratório. Os seus atributos permitem identificar o cliente: *firstname* (primeiro nome); *lastname* (último nome); *country* (país de origem); *email* (endereço de correio electrónico); *address* (endereço); *born* (data de nascimento); *phone* (telefone fixo); *mobilephone* (telemóvel); *school*

BIBLIOTECA F.E. PORTO

(escola); *class_* (turma); *login* e *password* (chave de acesso); *idclient* (identificador do cliente)[32].

- *Reservation*. Contém todas as reservas efectuadas pelos clientes registados na base de dados para a realização das experiências remotas. Cada reserva, definida por um número (*idreservation*), encontra-se associada a uma única experiência (*idexperiment*) e a um cliente (*idclient*), sendo o período da reserva definido em intervalos de uma hora, pelo tempo inicial (*timeinit*) e o tempo final (*timeend*).

Todos os atributos, descritos nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, apresentam um conjunto de características, onde se salientam as restrições de integridade que garantem a consistência do sistema de gestão, nomeadamente dos dados presentes na base de dados: chaves, valores únicos e valores obrigatórios.

Tabela 5.1: Atributos da tabela *'Client'*.

Atributo	Tipo de dados	Tamanho	Permissão
idclient (chave)	int	4	obrigatório
firstname	varchar	15	obrigatório
lastname	varchar	15	-
country	varchar	50	-
login	varchar	20	obrigatório
password	varchar	20	obrigatório
email	varchar	25	obrigatório
address	varchar	120	-
born	datetime	8	-
phone	bigint	8	-
mobilephone	bigint	8	-
scholl	varchar	40	-
class_	varchar	40	-

Tabela 5.2: Atributos da tabela *'Reservation'*.

Atributo	Tipo de dados	Tamanho	Permissão
idclient	int	4	obrigatório
idreservation (chave)	int	4	obrigatório
timeinit	datetime	8	obrigatório
timeend	datetime	8	obrigatório
idexperiment	int	4	obrigatório

[32] A primeira posição desta tabela deverá ser definida na altura da instalação das páginas Web, na medida em que esta representa todos os dados referentes ao administrador imprescindíveis à gestão do laboratório (nome, *login*, *password*, *email*,...).

Tabela 5.3: Atributos da tabela *'Experiment'*.

Atributo	Tipo de dados	Tamanho	Permissão
timeinit	datetime	8	-
timeend	datetime	8	-
exp	char	6	-
id (chave)	int	4	obrigatório

Cada tabela da base de dados tem uma chave não nula e única, de forma a diferenciar todo o seu conteúdo. Os restantes atributos podem ser definidos como obrigatórios ou não, dependendo da sua importância no contexto da gestão do laboratório e na própria consistência da base de dados. Todos os atributos definidos manualmente nas páginas Web (e.g. registo de um novo cliente) são testados antes de serem guardados na base de dados conseguindo-se, desta forma, evitar qualquer inconsistência entre a camada 1 e a camada 3 que compõem o modelo de três camadas representado na figura 5.7. As restrições de integridade são também implementadas nas relações entre tabelas, nomeadamente:

- *reservation-client* (relação muitos para um). Um cliente pode efectuar várias reservas, no entanto uma reserva terá que ser feita por um único cliente.
- *reservation-experiment* (relação muitos para um). Uma experiência pode ser reservada várias vezes, enquanto uma reserva contempla uma única experiência.

Este tipo de restrições garantem a consistência dos dados guardados na base de dados, onde qualquer tentativa de os apagar ou acrescentar às tabelas, que violem as relações descritas, será invalidada pelo SGBD.

Conforme referido, o acesso à base de dados é feito pela classe *DBAccess* utilizando um conjunto de funções, implementadas na API JDBC, capazes de incluir a linguagem SQL (*Structured Query Language)* para manipulação e interrogação dos dados presentes no SGBD. No entanto, o acesso aos dados do SGBD, nomeadamente à base de dados implementada, requer o uso de *drivers*. Neste contexto, utilizou-se o *driver* ODBC específico do SGBD Microsoft SQL Server 2000. Este *driver* vocaciona-se para aplicações desenvolvidas nas linguagens de programação C, C++ ou Visual Basic, disponibilizando um conjunto de métodos de acesso que não permitem a utilização directa das funções da classe *DBAccess*, na medida em que a linguagem de programação utilizada é o Java. Foi então necessário utilizar a ponte JDBC-ODBC para aceder aos métodos disponibilizados pelo *driver*, conforme ilustra a figura 5.11.

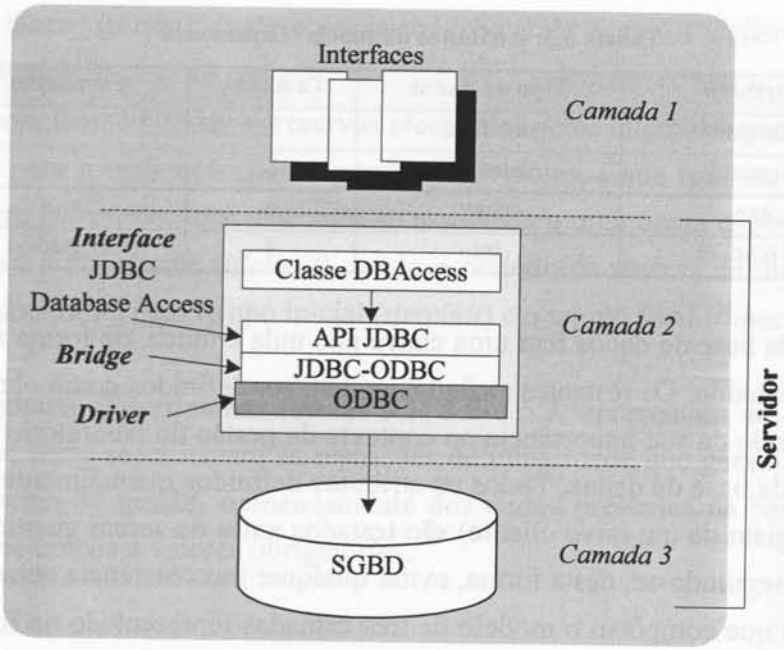


Figura 5.11: Acesso ao SGBD segundo o modelo de 3 camadas.

5.3 Páginas do administrador

Embora automatizado, o laboratório remoto necessita de uma intervenção humana, quer no controlo dos recursos disponibilizados aos clientes, quer nas duas vertentes de manutenção periódica a que deverá estar sujeito, nomeadamente:

- Manutenção física. O administrador efectuará uma verificação de todo o laboratório, desde o *hardware*, que suporta as experiências remotas, até à própria plataforma informática que o sustenta, nomeadamente a rede informática.
- Manutenção lógica. O administrador terá a função de gerir os recursos, controlando a forma como estes são utilizados pelos clientes:
    - Aceitar/recusar pedidos de registo a novos clientes.
    - Controlar reservas de clientes no laboratório.
    - Definir períodos para a realização de determinada experiência.
    - Definir horas para a manutenção do laboratório.

Todos os meios de manutenção fornecidos ao administrador são acedidos através de um conjunto de páginas Web, conforme representa o diagrama da figura 5.12. Após a entrada no portal Web para a gestão do laboratório, o administrador, através da sua chave de acesso fornecida na altura da instalação do sistema, tem a possibilidade de controlar três recursos:

- Gerir clientes. Permite visualizar os clientes do laboratório tendo ainda a capacidade de os excluir da base de dados.
- Gerir experiências. Permite definir os dias para a realização de determinada experiência.
- Gerir reservas. Permite monitorizar, visualizar e eliminar determinada reserva, efectuada por clientes, para a realização de uma experiência. O administrador pode ainda efectuar marcações de horas para a manutenção do laboratório nos dias com experiências disponíveis.

5.3.1 Página de entrada

Após a entrada no portal Web correspondente às páginas do administrador[33], este deverá introduzir a sua chave de acesso para aceder à página de entrada para a gestão do laboratório, ilustrada na figura 5.13.

Esta página contempla dois grupos de opções:

- *Ajuda*. Dá uma visão genérica de todo o sistema (*Overview*), disponibilizando um diagrama interactivo, idêntico ao da figura 5.12, com possibilidade de obter ajuda para todas as páginas do portal Web. Fornece ainda informação sobre o autor e contexto do laboratório (*About*) e ajuda específica da página Web em questão (*Help*).
- *Gestão*. Permite gerir recursos referentes aos dados dos clientes (*Clients*), às experiências (*Experiments*) e às reservas do laboratório (*Booking*).

5.3.2 Acesso aos clientes

Após o acesso à página de entrada, o administrador tem a opção de gerir os clientes do laboratório, nomeadamente excluí-los ou verificar os seus dados pessoais. Seguindo a ligação *Clients*, acessível na página de entrada (figura 5.13), o administrador pode definir um conjunto de elementos (primeiro nome, último nome, turma e instituição) para efectuar uma procura pormenorizada dos clientes registados no laboratório. Após submeter esses elementos, este obtém uma tabela com os clientes encontrados, exemplificada pela figura 5.14.

[33] Acessível através do URL: **http://ptse.fe.up.pt/Rlab/admin/**

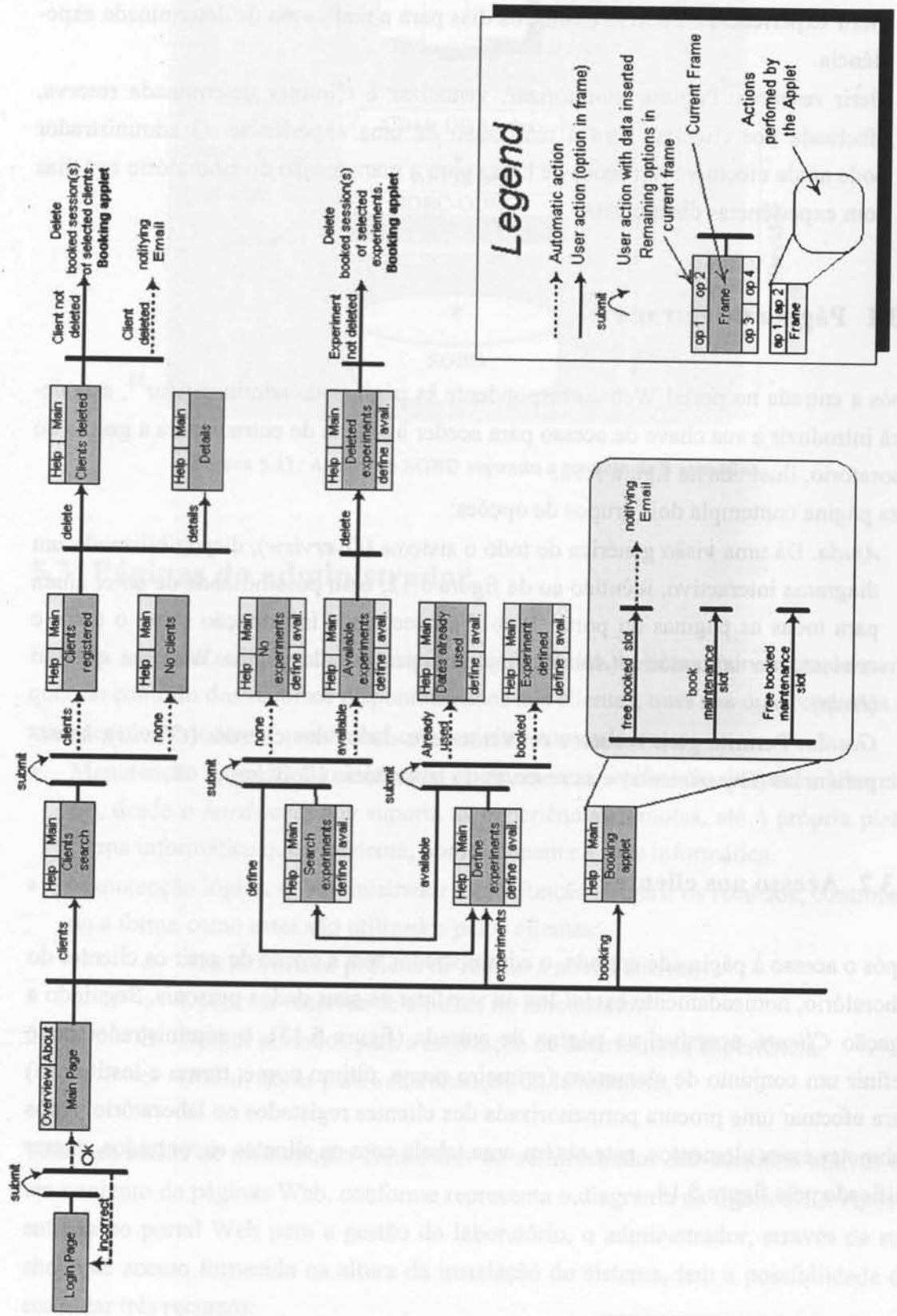


Figura 5.12: Diagrama com os percursos Web disponíveis ao administrador do laboratório remoto.

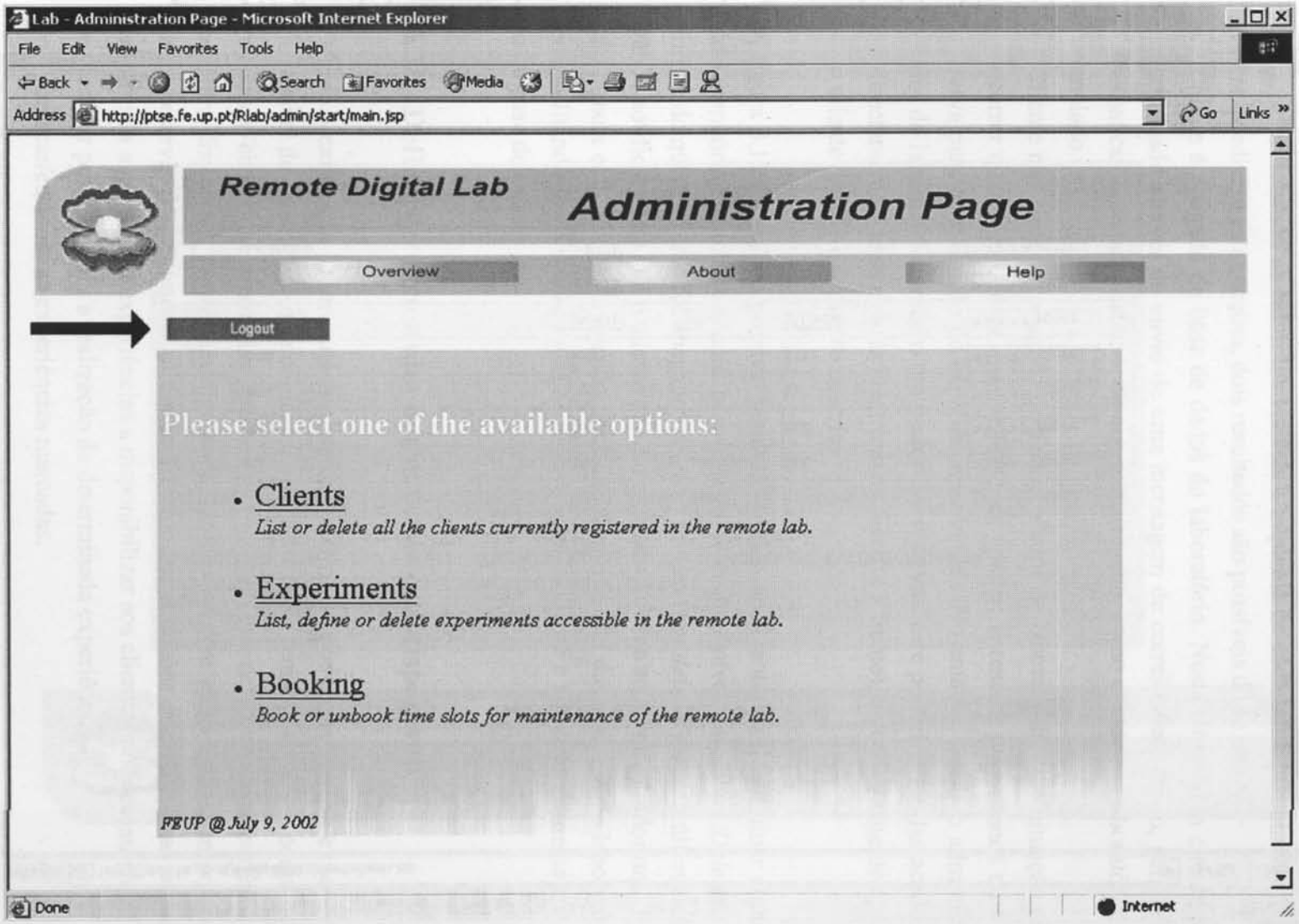


Figura 5.13: Página de entrada no portal Web para administração do laboratório remoto.

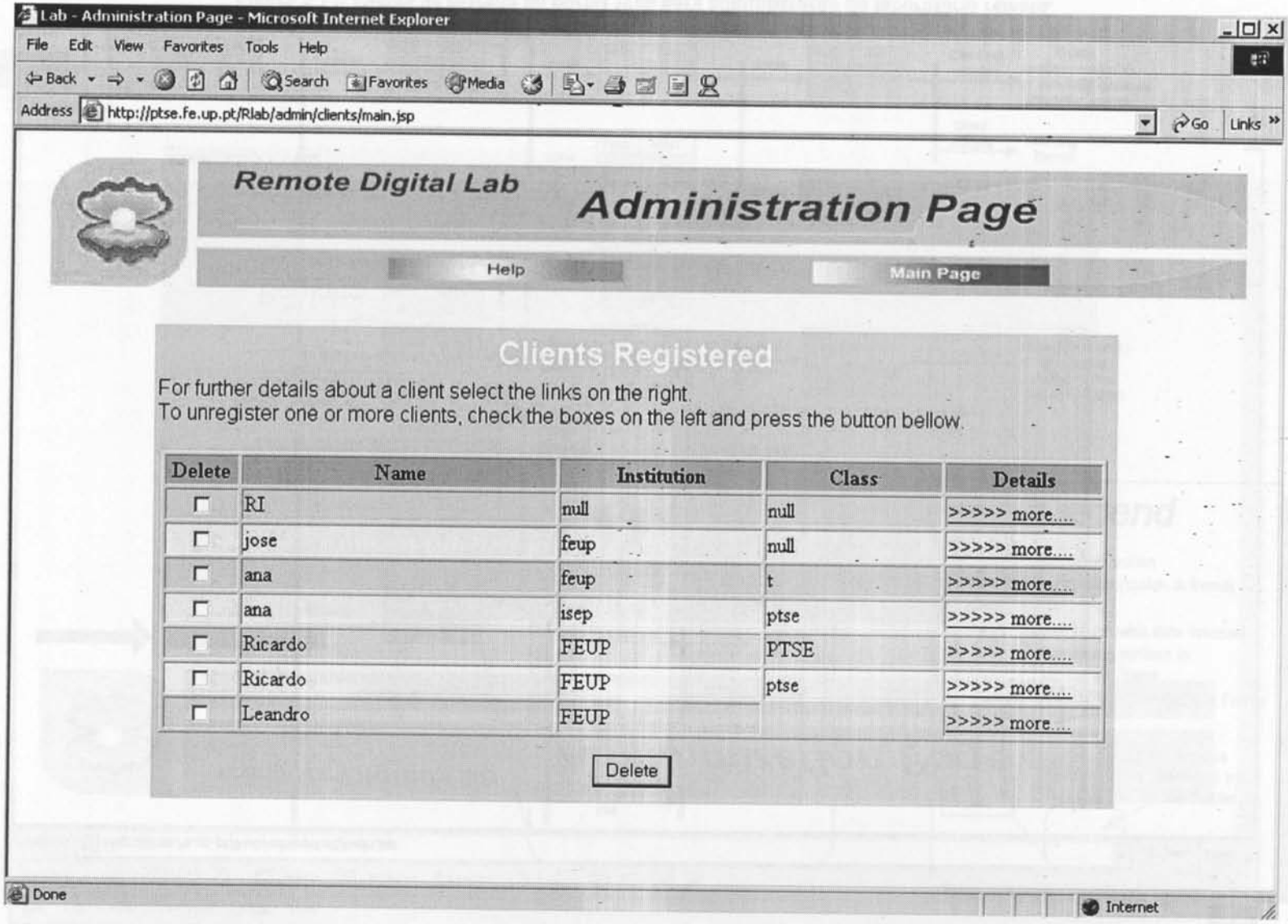


Figura 5.14: Exemplo de um resultado após uma procura dos clientes registados no laboratório remoto.

Uma vez encontrados os clientes na base de dados, o administrador pode obter informações detalhadas sobre eles, bastando para isso seguir a ligação *more...* à direita de cada um. Nesta mesma página o administrador pode ainda eliminar os clientes registados, seleccionando os controlos visíveis à esquerda de cada um e premindo o botão *Delete*. Mediante estas acções, dois resultados são possíveis de se obter:

- Cliente é apagado da base de dados do laboratório. Nesta situação o cliente será notificado através do envio de uma mensagem de correio electrónico, gerada automaticamente pelo sistema, de que o seu registo, como cliente do laboratório, foi anulado.
- Cliente não pode ser apagado da base de dados do laboratório. Esta situação pode ocorrer quando o cliente, que se pretende apagar, apresenta pelo menos uma reserva para a realização de experiências remotas. No entanto, sendo o administrador do laboratório também um gestor das reservas, este poderá anulá-las acedendo directamente a uma agenda electrónica (descrita à frente), e posteriormente apagar o cliente usando o processo descrito.

A figura 5.15 ilustra um possível resultado obtido após tentativa de eliminar clientes do laboratório, de onde se salienta a ligação Web disponível na coluna *Deleted*, informando que o cliente foi apagado (*deleted*) ou não (*not deleted*). Nesta última situação, a notificação de que o cliente não foi apagado fornece ao administrador uma ligação directa com a referida agenda electrónica para gestão das reservas do laboratório, possibilitando-lhe eliminar todas as reservas desse cliente e só posteriormente apagá-lo da base de dados.

5.3.3 Definição ou consulta das experiências disponíveis

Devido à existência de uma única plataforma física, só poderá existir um experiência disponível de cada vez. Neste contexto, o administrador tem acessível um conjunto de páginas Web que lhe possibilita gerir os períodos em que determinada experiência se encontra disponível, permitindo-lhe ainda definir dias sem experiências, impossibilitando reservas do laboratório. A figura 5.16 mostra as opções disponíveis ao administrador para a gestão das experiências a disponibilizar aos clientes, nomeadamente:

- Definir períodos para a realização de determinada experiência.
- Verificar/eliminar as experiências marcadas.

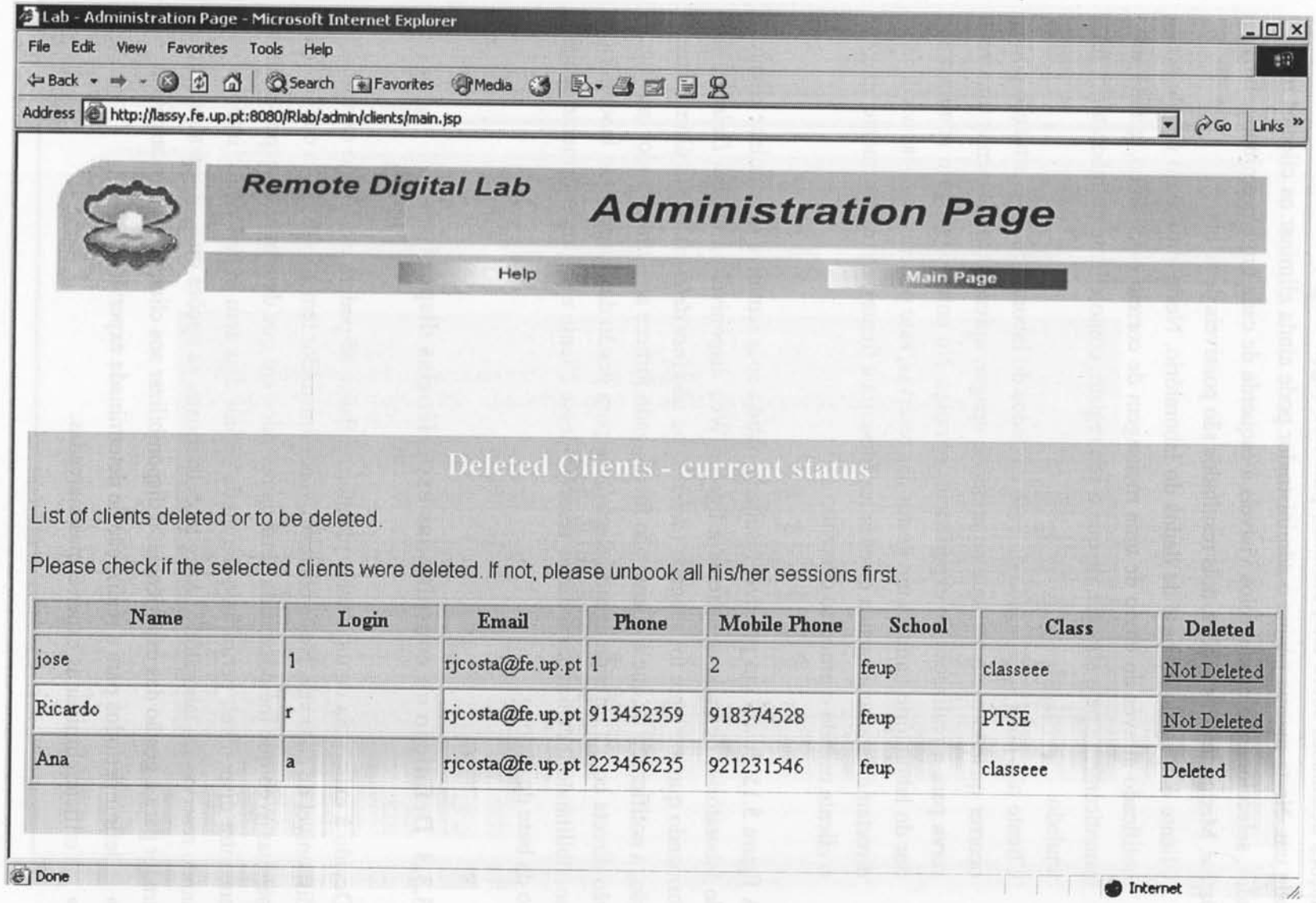


Figura 5.15: Tabela com os clientes eliminados, ou não, da base de dados do laboratório remoto.

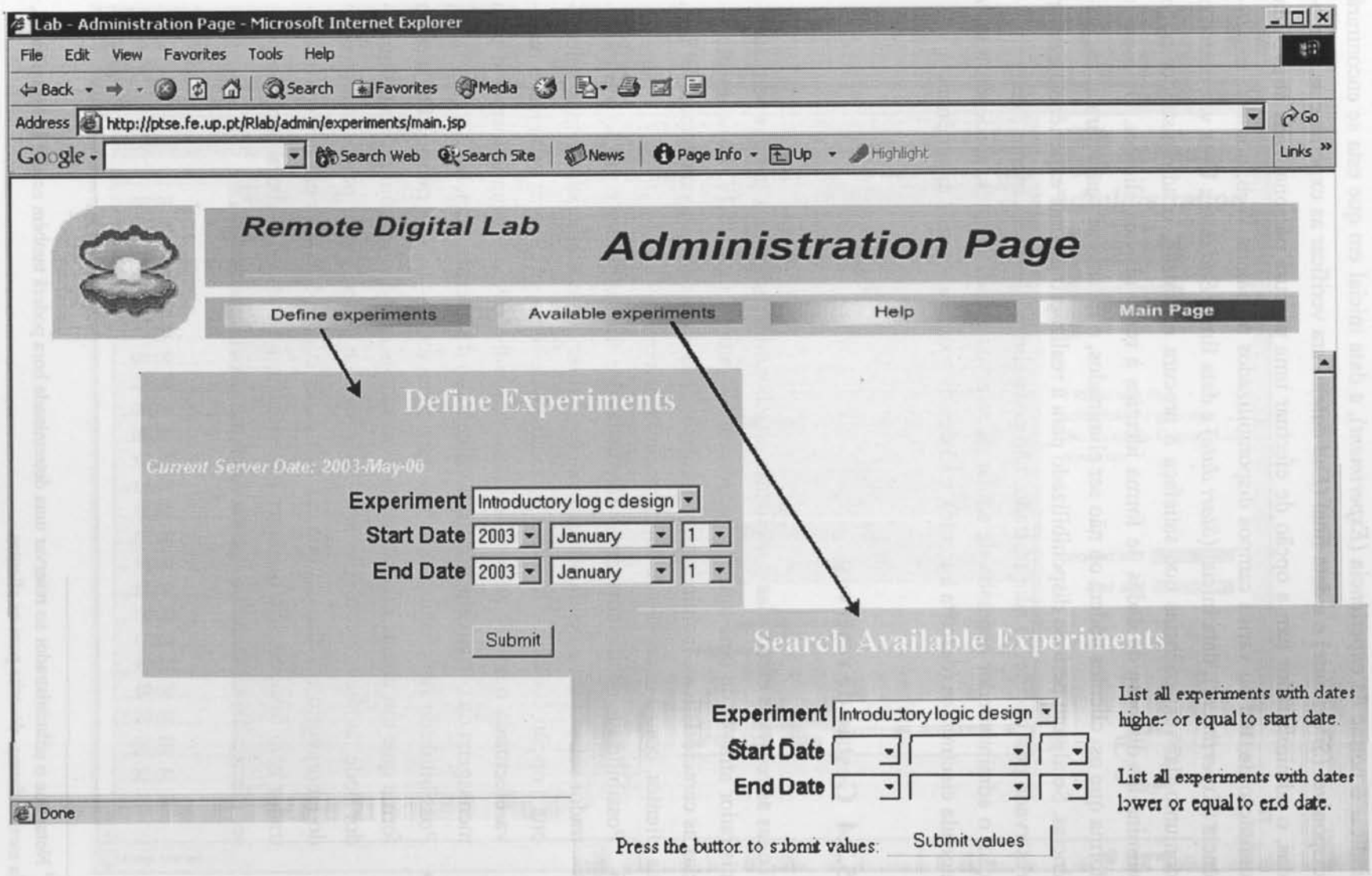


Figura 5.16: Opções disponíveis ao administrador para gestão das experiências.

Para definir um período para a realização de uma experiência o administrador deve indicar o nome da experiência (*Experiment*), a data inicial em que esta se encontrará disponível (*Start date*) e a data final (*End date*). Para verificar as experiências marcadas, o administrador tem a opção de efectuar uma procura personalizada através da definição de um ou vários campos disponibilizados na página Web: nome da experiência (*Experiment*), data inicial (*Start date*) e data final (*End date*). Uma vez obtido o conjunto das experiências que satisfaça a procura efectuada, o administrador pode eliminá-las da base de dados de forma idêntica à realizada nos clientes. Da mesma forma que os clientes podem ou não ser eliminados, o mesmo se passa para as experiências. Se algum período disponibilizado para a realização de uma experiência estiver reservado por clientes, o administrador não pode eliminá-lo directamente. Nesta situação, o administrador necessita de anular as reservas desses clientes, acedendo a uma agenda electrónica (descrita à frente), e só depois apagar a referida experiência.

5.3.4 Gestão de reservas

Todas as reservas efectuadas por clientes do laboratório podem ser geridas pelo administrador através de uma agenda electrónica ilustrada na figura 5.17. Basicamente todas as características, incluindo a apresentação, são idênticas à agenda disponível para os clientes, com a excepção de dois aspectos funcionais:

- Possibilidade de anular reservas efectuadas por clientes. Nesta situação o administrador selecciona a célula correspondente à reserva efectuada pelo cliente, selecciona a opção *Unbook*, e introduz a sua chave de acesso. Uma vez validada, a reserva efectuada pelo cliente será anulada, sendo-lhe enviada automaticamente uma mensagem de correio electrónico notificando-o da referida situação.
- Possibilidade de efectuar reservas para manutenção do laboratório. Da mesma forma que um cliente efectua as reservas na sua agenda electrónica, o administrador pode também efectuar as suas reservas, que podem servir para a manutenção do laboratório em dias em que existam experiências. Nos dias em que o administrador não disponibiliza qualquer experiência, a reserva do laboratório não pode ser efectuada, tal como na agenda referente aos clientes[34].

[34] Notar que o administrador ao reservar uma determinada hora poderá também aceder às experiências, da mesma forma descrita para os clientes.

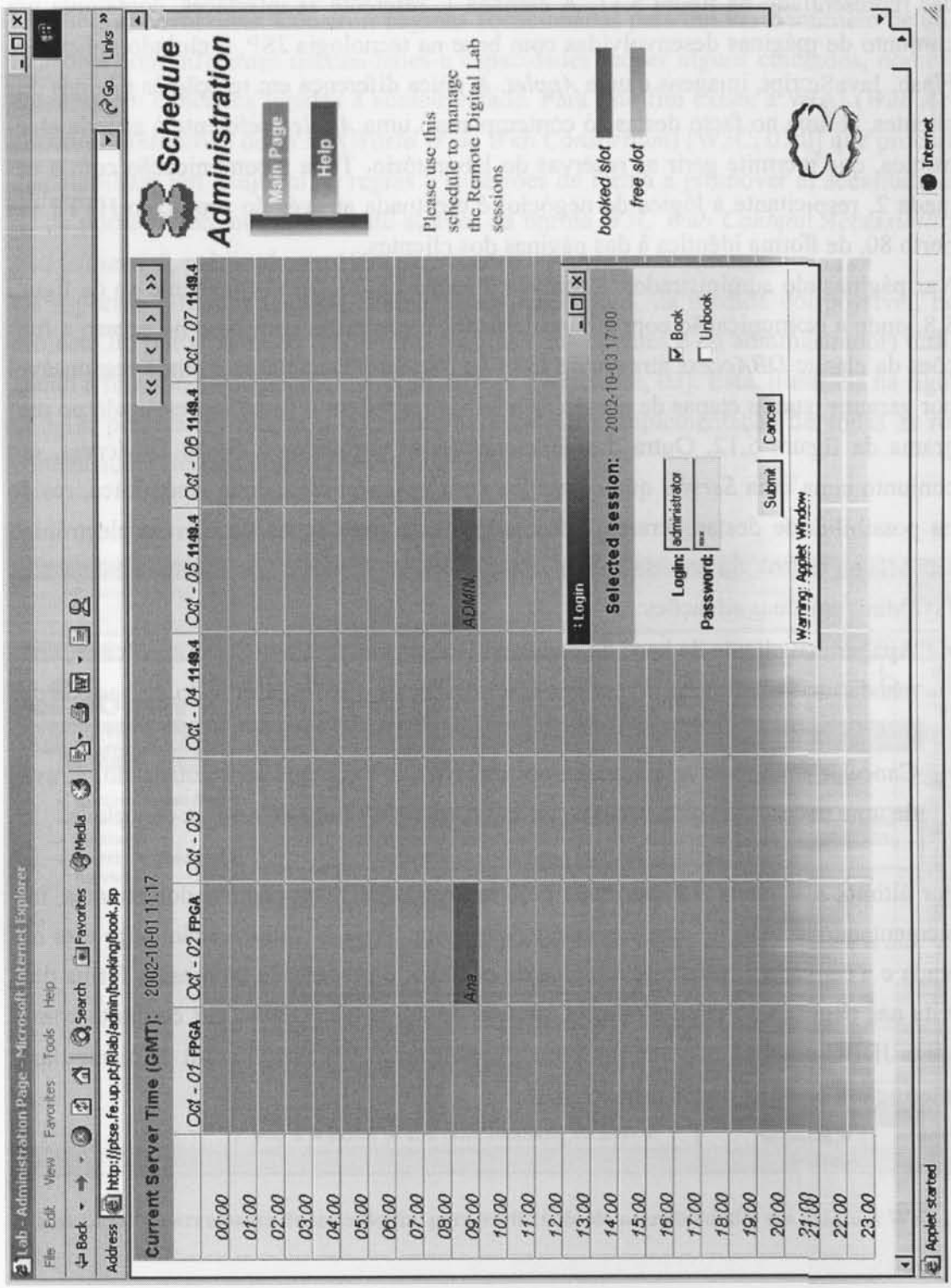


Figura 5.17: Agenda electrónica para gestão das reservas do laboratório remoto.

5.3.5 Aspectos de desenvolvimento

A implementação das páginas do administrador seguiu o mesmo modelo de 3 camadas representado na figura 5.11. A camada 1, referente às interfaces, contempla um conjunto de páginas desenvolvidas com base na tecnologia JSP, incluindo aplicações Flash, JavaScript, imagens e uma *Applet*. A única diferença em relação às páginas dos clientes, reside no facto destas só contemplarem uma *Applet*, referente à agenda electrónica, que permite gerir as reservas do laboratório. Toda a comunicação com a camada 2, respeitante à lógica de negócio, é efectuada através do protocolo HTTP via porto 80, de forma idêntica à das páginas dos clientes.
Nas páginas do administrador, a camada 2 segue um modelo semelhante ao da figura 5.8, onde a comunicação com a base de dados é efectuada com base no acesso a funções da classe *DBAccess* através de JSPs ou *Servlets*. Esta classe é ainda responsável por garantir que as etapas de acesso às páginas respeitem o fluxo representado no diagrama da figura 5.12. Outra das funcionalidades atribuídas à classe *DBAccess,* em conjunto com uma *Servlet* que comunica com a *Applet* da agenda electrónica, reside na possibilidade destas gerarem automaticamente mensagens de correio electrónico (HTML ou texto), através da chamada a funções das classes Java que utilizam a API JavaMail, em duas situações:

- Apagar um cliente da base de dados do laboratório. O cliente será notificado, através de uma mensagem de correio electrónico, de que foi eliminado da base de dados.
- Cancelar uma reserva efectuada por um cliente. O cliente será notificado, através de uma mensagem de correio electrónico, da data e hora da reserva cancelada.

Por último, a camada 3 é suportada pelo mesmo SGBD das páginas dos clientes, implementando a base de dados *remotelab* descrita. Toda a comunicação entre esta camada e a camada 2, referente à lógica de negócio, é processada da mesma forma descrita nas páginas do cliente ou seja, através de um *driver* ODBC em conjunto com a ponte JDBC-ODBC, que tem por objectivo utilizar a API JDBC a fim de manipular e interrogar a base de dados usando SQL.

5.4 Acessibilidades

O desenvolvimento de páginas Web não se limita a conhecimentos técnicos sobre as tecnologias envolvidas. Construir páginas vocacionadas para um vasto número de utilizadores com diferentes necessidades e capacidades requer alguns cuidados, nomeadamente em conceitos ligados à acessibilidade. Para este fim existe a WAI (*Web Accessibility Initiative*) do W3C (*World Wide Web Consortium*) [W3C, 03d]] que procura disponibilizar um conjunto de regras e sugestões de forma a promover a acessibilidade de portais Web, nomeadamente através da norma *W3C Web Content Accessibility Guidelines 1.0*, publicada em 1999 [W3C, 99].

Os aspectos referidos naquela norma foram empregues, na medida do possível, no projecto do portal Web do laboratório (páginas dos clientes e do administrador) utilizando a ferramenta disponível na Web, Bobby [Watchfire, 03]. Esta, ilustrada na figura 5.18, permitirá verificar a correcta interpretação e implementação de todas as recomendações descritas na norma mencionada.

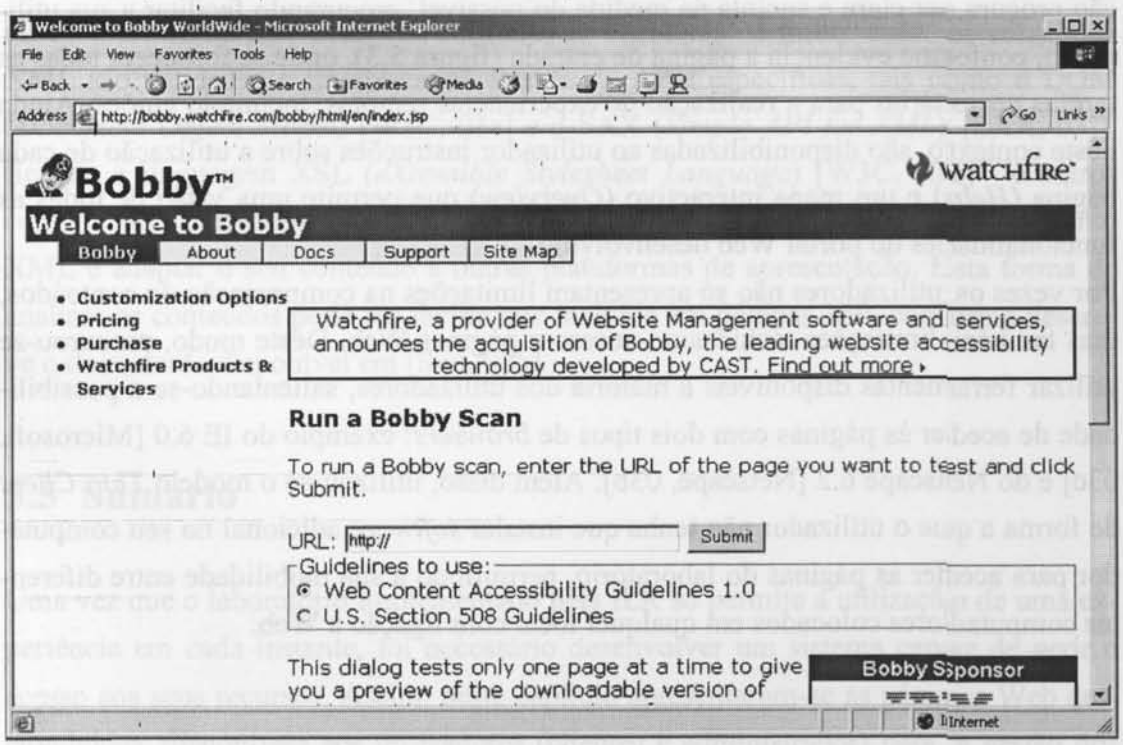


Figura 5.18: Ferramenta de teste Bobby para verificação de acessibilidades em páginas Web.

Especificando o endereço da página e definindo a norma[35], esta ferramenta verifica automaticamente se a página testada está conforme a norma, indicando todas as inconformidades.

Aspectos relacionados com possíveis utilizadores com necessidades especiais foram difíceis de explorar devido à grande interactividade do portal desenvolvido, contendo várias interfaces que requerem tacto (e.g. utilização de um "rato"), visão e por vezes audição (e.g. utilização do CUseeMe). Neste contexto, e embora não tenham sido exploradas, alerta-se o leitor para a existência de diversas ferramentas comerciais para suportar o acesso a pessoas com necessidades especiais a páginas Web (e.g. JAWS for Windows [Freedom, 03] e Home Page Reader [IBM, 03]). Alerta-se ainda para o facto de algumas empresas, nomeadamente a Microsoft, começarem a disponibilizar diferentes ferramentas nos seus mais recentes sistemas operativos, como é exemplo o Windows 2000 com a *Magnifier*, *Narrator*, *On-Screen Keyboard*, entre outras[36].

As dificuldades na compreensão de conteúdos foram também tomadas em consideração. Embora este portal Web pretenda abranger o maior número possível de utilizadores, a realidade é que este se vocaciona para a vertente do ensino, logo direccionado para um público alvo, no caso alunos de engenharias. Mesmo assim, a sua apresentação procura ser clara e sucinta na medida do possível, procurando facilitar a sua utilização, conforme evidencia a página de entrada (figura 5.3), onde se fornecem todas as tarefas necessárias para a realização de experiências remotas, incluindo guiões. Ainda neste contexto, são disponibilizadas ao utilizador instruções sobre a utilização de cada página (*Help*) e um mapa interactivo (*Overview*) que permite uma visão de todas as funcionalidades do portal Web desenvolvido.

Por vezes os utilizadores não só apresentam limitações na compreensão de conteúdos, mas também limitações técnicas no acesso a páginas Web. Deste modo, procurou-se utilizar ferramentas disponíveis à maioria dos utilizadores, salientando-se a possibilidade de aceder às páginas com dois tipos de *browsers*: exemplo do IE 6.0 [Microsoft, 03c] e do Netscape 6.2 [Netscape, 03b]. Além disso, utilizou-se o modelo *Thin Client* de forma a que o utilizador não tenha que instalar *software* adicional no seu computador para aceder às páginas do laboratório, permitindo a sua mobilidade entre diferentes computadores colocados em qualquer local com ligação à Web.

[35] A ferramenta Bobby tem a possibilidade de verificar páginas Web segundo duas normas (*W3C Web Content Accessibility Guidelines 1.0* ou *Section 508*), no entanto, no âmbito do projecto PEARL só a primeira foi considerada, pois a segunda vocaciona-se para o projecto de portais Web governamentais nos EUA.

[36] Estas ferramentas podem ser acedidas no Windows 2000 em: Start/Programs/Acessories/Acessibility.

Referência à tecnologia XML

Devido à grande variedade de plataformas existentes e àquelas que tendem a surgir no futuro para a apresentação de conteúdos, a norma descrita em [W3C, 99]] sugere a separação do conteúdo, onde se enquadra toda a informação a disponibilizar ao utilizador final, da apresentação, que está relacionada com o dispositivo onde esssa será apresentada. Embora este assunto não tenha sido explorado no desenvolvimento deste trabalho devido a restrições temporais, interessa fazer uma breve referência que sirva para futuros desenvolvimentos.

Todas as páginas utilizaram a linguagem HTML inserida em JSPs, onde a grande limitação reside na dificuldade em separar o conteúdo da apresentação, que facilitaria futuras adaptações a outras plataformas (e.g. telemóveis). No entanto, com o surgir da linguagem de descrição de dados (eX*tensible Markup Language*, XML) [O'Reilly, 03], toda esta dificuldade tende a ser ultrapassada, na medida em que esta linguagem permite criar estruturas de informação bem definidas, segundo uma lista de elementos especificada num ficheiro DTD (*Document Type Definition*) [Jupitermedia, 02] ou *schema* XSD (*XML Schema Definition*) [W3C, 03f], e encaixadas de forma a estruturar toda a informação. Uma vez definidas as estruturas de informação, os conteúdos XML são validados e interpretados através de APIs específicas, tais como o DOM (*Document Object Model*) [W3C, 03e] e o SAX (*Simple API for XML*) [SAX, 03]), ficando a linguagem XSL (*eXtensible Stylesheet Language*) [W3C, 03c][37] e outros componentes derivados (XSLT ou XPath), com a tarefa de formatar um documento XML e adaptar o seu conteúdo a outras plataformas de apresentação. Esta forma de analisar os conteúdos pode ser facilmente incluída em páginas JSP, conforme descreve o documento disponível em [Sun, 02b].

5.5 Sumário

Uma vez que o laboratório implementado pela ILR só permite a utilização de uma experiência em cada instante, foi necessário desenvolver um sistema capaz de gerir o acesso aos seus recursos. Assim, neste capítulo apresentaram-se as páginas Web desenvolvidas, disponíveis aos utilizadores (clientes e administrador) para a gestão dos recursos do laboratório, especificando a sua vertente funcional e técnica. Por fim, concluiu-se este capítulo com uma referência aos aspectos ligados às acessibilidades

[37] Como primeiro contacto com as tecnologias referidas (XML, DTD e XSL) sugere-se a consulta do portal Web disponível em [W3Schools, 03].

consideradas no desenvolvimento das páginas, apontando as dificuldades encontradas neste ponto, bem como alguns cuidados a ter em futuros desenvolvimentos.
No próximo capítulo serão apresentadas duas fases de validação do laboratório efectuadas por alunos da FEUP. Será também descrita uma demonstração realizada a docentes e investigadores da FEUP, que teve por objectivo recolher opiniões sobre a viabilidade em utilizar o laboratório no apoio ao ensino, assim como discutir alguns aspectos ligados à experimentação remota.

Capítulo 6

Validações experimentais

Na planificação do projecto PEARL definiram-se duas fases de validação e uma demonstração. As fases de validação consistiram numa intermédia, destinada a obter um retorno dos utilizadores-alvo acerca da eficácia e facilidade de utilização, não só do conceito associado à experimentação remota como também de aspectos específicos relacionados com a experiência a implementar; e numa final, destinada a validar os conceitos pedagógicos associados ao trabalho colaborativo, e os aspectos que tivessem sido alterados em face dos comentários recebidos na fase de validação anterior. A demonstração consistiu na apresentação do trabalho desenvolvido a docentes e investigadores de forma a se obter uma opinião sobre a viabilidade da sua utilização no ensino. Existindo três ambientes experimentais distintos (ver capítulo 4) optou-se, em face do estado de desenvolvimento, por seleccionar para a fase de validação intermédia, realizada em finais de 2001, a experiência referente ao teste da norma IEEE 1149.4 (descrita na secção 4.2.3) e para a fase de validação final, realizada em finais de 2002, a experiência baseada no µC8051 (descrita na secção 4.2.1). A demonstração, realizada em Fevereiro de 2003, compreendeu todos os ambientes experimentais e funcionalidades desenvolvidas.

Desta forma, este capítulo começa por descrever os objectivos propostos para cada fase de validação, seguindo-se uma descrição dos preparativos e das sessões realizadas. As validações compreendem uma análise técnica, onde se analisa o tráfego da rede informática, e funcional, onde se comentam as opiniões dos alunos sobre a utilização dos ambientes experimentais, enquanto na demonstração descrevem-se as opiniões de docentes e investigadores sobre a ILR desenvolvida assim como aspectos genéricos relacionados com a experimentação remota.

6.1 Objectivos

As duas fases de validação, em conjunto com a demonstração realizada a docentes e investigadores, serviram para avaliar o laboratório desenvolvido e os ambientes experimentais utilizados (*8051 Microcontroller* e *IEEE 1149.x test Std.*), incluindo os respectivos guiões, em aspectos tecnológicos, funcionais e pedagógicos:

- Tecnológico. Tecnologia utilizada nos ambientes experimentais usados para controlar o laboratório remoto implementado pela ILR.
- Funcional. Desenho e funcionalidade das interfaces dos ambientes experimentais.
- Pedagógico. Potencialidades que o laboratório, nomeadamente os ambientes experimentais usados para o seu controlo, têm em satisfazer as necessidades educacionais de professores e alunos.

Descreve-se em seguida cada uma das validações, começando pela referente à validação intermédia.

6.2 IEEE 1149.x test Std. – Validação intermédia

A primeira validação baseou-se no ambiente experimental *IEEE 1149.x test Std.* que permite a realização de experiências com uma carta de demonstração composta por uma infra-estrutura de teste compatível com a norma IEEE 1149.4, a rodear um circuito funcional formado por um seguidor analógico e uma porta lógica inversora[38]. Esta validação contemplou um conjunto de sessões experimentais realizadas por um grupo de dez alunos da disciplina de PCSD (Projecto de Circuitos e Sistemas Digitais) do MEEC (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) da FEUP. Cada experiência foi realizada com base no guião apresentado no CD anexo e disponível em [Alves et al., 01b].

O conjunto de sessões experimentais foi realizado sensivelmente a meio do projecto PEARL, para obter um primeiro resultado de todo o trabalho desenvolvido até essa altura, servindo ainda como um ponto de reflexão do mesmo [Paolo, 02a].

Esta validação teve duas etapas distintas; a primeira nos dias 27 e 29 de Novembro de 2001, envolveu quatro sessões experimentais realizadas por oito alunos divididos em grupos de dois que, alternadamente, realizaram a experiência em salas separadas durante um período de 30 minutos. Cada aluno teve acesso a um computador juntamente

[38] O capítulo 4 desta dissertação fornece uma descrição mais detalhada sobre a carta de demonstração.

com uma WebCam e um conjunto de colunas com microfone, ou *headsetss* (microfone com auscultadores), para comunicarem entre si utilizando o ambiente de colaboração CUseeMe [CUseeMe, 02]. Além do grupo de dois alunos, interveio ainda um terceiro elemento, denominado tutor, que orientou e ajudou na realização das sessões experimentais, todas elas filmadas de forma a se registarem eventuais dificuldades encontradas pelos alunos. Na segunda etapa, efectuada a 20 de Dezembro de 2001, foi realizada uma única sessão experimental pelo último grupo de dois alunos, já com uma série de melhorias técnicas e logísticas relativamente às primeiras sessões.

6.2.1 Preparação e realização das sessões experimentais

Durante a realização desta validação, alunos e tutor, colocados em locais distintos dentro da FEUP, utilizaram a mesma rede local (*Local Area Network*, LAN), onde se inseria a ILR. Por outro lado, para a comunicação por videoconferência, ou texto (*chat*), entre alunos e entre alunos e tutor, foi necessário estabelecer uma ligação através da *Internet* ao servidor Silverpearl, localizado em Dundee (Escócia), com o CUseeMe instalado. Na figura 6.1 apresenta-se o esquema conceptual com as três entidades envolvidas nas sessões experimentais (alunos e tutor) indicando-se os endereços de rede IP (*Internet Protocol*) utilizados[39].

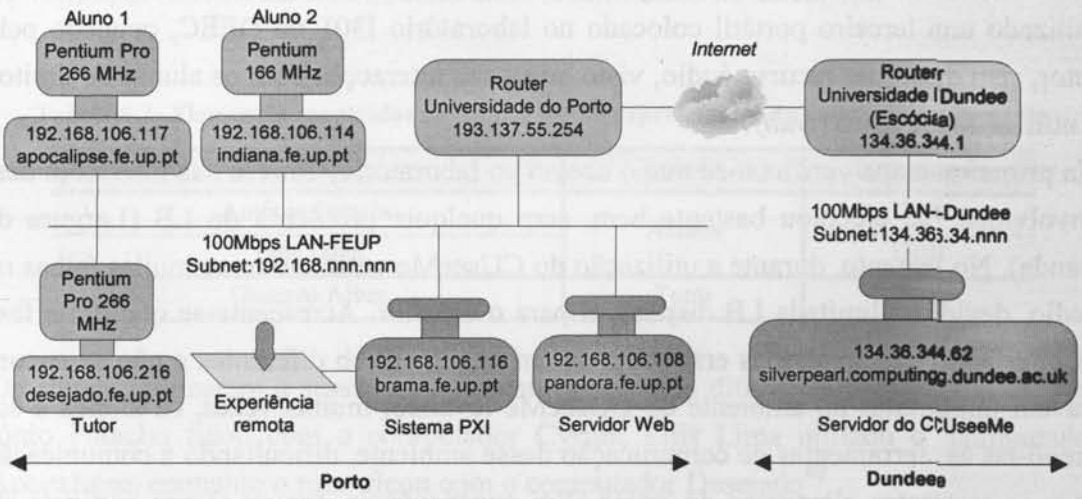


Figura 6.1: Entidades envolvidas na validação intermédia.

[39] Nesta validação não se detalha os endereços de rede IP nem as características dos computadores usados em todas as sessões experimentais devido à falta de informação disponível.

Primeira etapa

As primeiras sessões experimentais, envolveram o conjunto de elementos identificados na tabela 6.1.

Tabela 6.1: Elementos envolvidos nas primeiras sessões experimentais da validação intermédia.

Nome	Função	Localização
Veríssimo Manuel Brandão Lima Santos	Grupo 1	I205 e I206
Sandra Manuela Lemos Machado		
Mário Rui Tavares Borges Barreto	Grupo 2	
José Luís Gomes Carrilho Ramalho		
Ana Paula Martins	Grupo 3	
Luís António Dias Madureira		
Luís Cláudio dos Santos Barradas	Grupo 4	
Fernando Jorge Costa Fontes		
Gustavo Ribeiro da Costa Alves	Tutor	I301

Todos os alunos utilizaram computadores portáteis fornecidos pelo GAUTI (Gabinete de Apoio à Utilização das Tecnologias de Informação) [GAUTI, 03]. No decorrer das sessões, os portáteis foram ligados a tomadas de rede disponibilizadas pelo CICA (Centro de Informática Prof. Correia de Araújo) [CICA, 03], das salas I205 e I206 do DEEC (Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Foi ainda utilizado um terceiro portátil colocado no laboratório I301 do DEEC, ocupado pelo tutor, sem qualquer recurso áudio, visto que a sua interacção com os alunos se limitou à utilização de texto (*chat*).

Na primeira etapa verificou-se que o acesso ao laboratório, através das interfaces desenvolvidas, se efectuou bastante bem, sem qualquer problema de LB (Largura de Banda). No entanto, durante a utilização do CUseeMe verificaram-se muitas falhas no áudio, devido à limitada LB disponível para o exterior. Acrescente-se que nesta fase as interfaces desenvolvidas eram abertas em páginas Web diferentes e não se encontravam integradas no ambiente do CUseeMe levando, muitas vezes, os alunos a sobrepô-las às ferramentas de comunicação desse ambiente, dificultando a comunicação com os restantes elementos do grupo. Em consequência, tomou-se um conjunto de medidas antes da realização da sessão experimental seguinte (2ª etapa):

- Requisitou-se ao CICA a reserva de uma LB para a realização das sesssões experimentais. Consequentemente, os elementos do CICA reconfiguraram a *Gateway*[40] que serve o laboratório I301 com uma LB garantida de 90 Kbps para todo o tráfego na comunicação com Dundee (onde se encontra localizado o servidor do CUseeMe).
- De forma a efectuar a integração das interfaces com o ambiente do CUseeMe, efectuaram-se pequenos ajustes nos seus tamanhos, resultando nas interfaces finais descritas no capítulo 4.
- Todo o tráfego dos computadores utilizados durante as sessões experimentais foi capturado utilizando o *software* EtherPeek [WildPackets, 03] ou o módulo EtherHelp[41], ilustrados na figura 6.2, instalados em cada um dos computadores (alunos e tutor). De forma a não causar qualquer impacto no funcionamento do servidor Web, todo o tráfego foi monitorado por um computador differente. Para tal, o CICA configurou um porto especial na *Gateway* para trabalhar como um espelho para todo o tráfego de/para o servidor, onde o referido computtador com o EtherPeek instalado, foi ligado.

Segunda etapa

Uma vez concluídas as alterações, foi realizada a última sessão experimental da fase de validação intermédia com os elementos identificados na tabela 6.2.

Tabela 6.2: Elementos envolvidos na última sessão experimental da validação intermédia.

Nome	Função	Localização
António Patacho	Alunos	I311
Luís Lima		I301
Gustavo Alves	Tutor	I301

Os alunos realizaram a sessão experimental utilizando diferentes computtadores: António Patacho ficou com o computador Cyrius, Luís Lima utilizou o computador Apocalipse, enquanto o tutor ficou com o computador Desejado[42].

[40] *Gateway*: ponto de rede que actua como uma entrada para outra de rede.

[41] As diferenças entre o EtherPeek e o EtherHelp são descritas mais à frente.

[42] Uma lista com as características dos computadores utilizados nas validações pode ser consultada no anexo D.

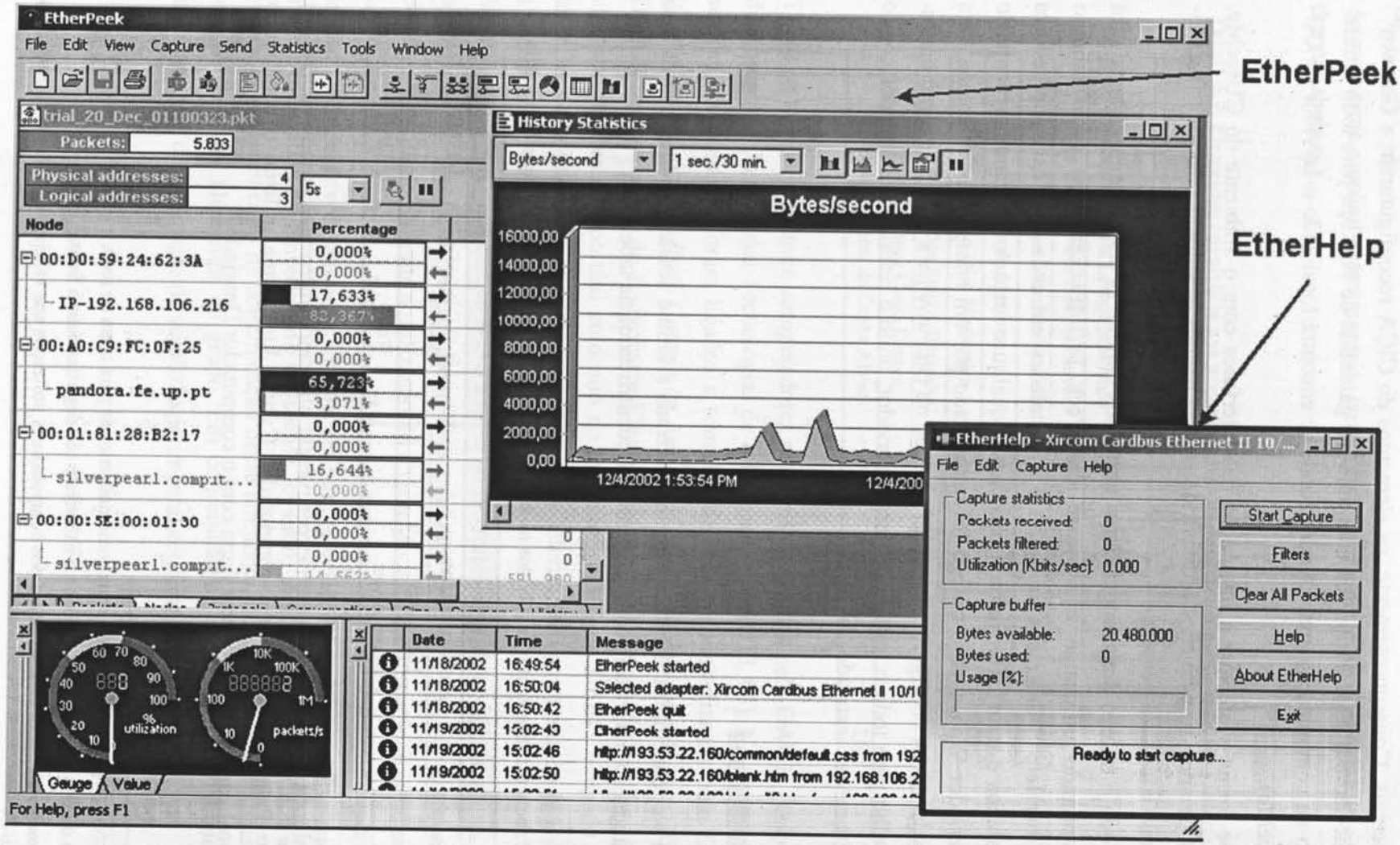


Figura 6.2: Ferramentas EtherPeek e EtherHelp para análise e captura de tráfego numa rede informática.

Após a realização desta última sessão experimental, verificou-se que as alterações introduzidas nas interfaces gráficas e a inclusão do CUseeMe, facilitou a tarefa aos alunos, evitando a abertura de várias páginas em simultâneo. Além disso, a garantia de uma LB de 90 Kbps permitiu um melhoria significativa na qualidade do áudio durante a realização da experiência.

Nos pontos seguintes apresentam-se as validações técnicas e funcionais das sessões experimentais realizadas, as primeiras baseadas exclusivamente na análise do tráfego capturado em cada um dos computadores utilizados na última sessão experimental, e as segundas nas opiniões obtidas através de um questionário e entrevistas realizadas a cada aluno, abarcando todas as sessões.

6.2.2 Validação técnica

A LB necessária para a realização da última sessão experimental em boas condições (i.e. boa qualidade na videoconferência e controlo da instrumentação remota) foi calculada com base no tráfego monitorado nos computadores/servidores envolvidos. Conforme apontado, o único defeito detectado durante a realização das primeiras sessões experimentais relacionou-se com a fraca qualidade na comunicação áudio via CUseeMe. Por outro lado, a interacção dos alunos com o laboratório decorreu sob boas condições, uma vez que se utilizou a LAN da FEUP caracterizada por uma LB máxima de 100 Mbps. Neste pressuposto, sabendo que a utilização do CUseeMe requer a ligação de cada computador ao servidor Silverpearl, localizado em Dundee (Escócia), e que a maioria do tráfego com ele trocado se baseia no protocolo sem conexão preestabelecida (*User Datagram Protocol*, UDP), foi reservada uma LB mínima de 90 Kbps para ligação ao exterior, resultando numa melhoria significativa do áudio.

Procurando validar a solução preconizada, analisou-se o tráfego capturado nos computadores/servidores utilizando a ferramenta EtherPeek. Esta análise permitiu verificar, por exemplo, que no computador do tutor o tráfego médio rondou as poucas centenas de Kbps, conforme ilustra a figura 6.3.

Este tráfego contempla a comunicação com o servidor Web, segundo o protocolo orientado à conexão (*Transmission Control Protocol*, TCP), enquanto o restante é usado pela videoconferência utilizando o protocolo UDP para comunicar com o servidor Silverpearl. Esta e outras conclusões podem ser retiradas com base no tráfego médio capturado nos diferentes computadores/servidores resumido na tabela 6.3..

Tabela 6.3: Tráfego médio capturado na última sessão experimental da validação intermédia.

	Momento da amostra			
Máquina	10:03	10:24	10:42	Utilizador
Servidor Silverpearl IP:134.36.34.62	56.9 Kbps UDP	57.6 Kbps UDP	58.5 Kbps UDP	Aluno 1 António Patacho IP:192.168.106.114
Servidor Web IP:192.168.106.108	85.9 Kbps TCP	83.8 Kbps TCP	77.8 Kbps TCP	
Total	142.8 Kbps	141.4 Kbps	136.3 Kbps	
Servidor Silverpearl IP:134.36.34.62	56.9 Kbps UDP	57.6 Kbps UDP	58.5 Kbps UDP	Aluno 2 Luís Lima IP:192.168.106.117
Servidor Web IP:192.168.106.108	117.1 Kbps TCP	107.6 Kbps TCP	115.9 Kbps TCP	
Total	174 Kbps	165.2 Kbps	174.4 Kbps	
Servidor Silverpearl IP:134.36.34.62	52.9 Kbps UDP	53.5 Kbps UDP	57.5 Kbps UDP	Tutor IP:192.168.106.216
Servidor Web IP:192.168.106.108	116.5 Kbps TCP	123.3 Kbps TCP	114.2 Kbps TCP	
Total	169.4 Kbps	176.8 Kbps	171.7 Kbps	
Aluno 1 192.168.106.114	85.9 Kbps TCP	83.8 Kbps TCP	77.8 Kbps TCP	Servidor Web IP:192.168.106.108
Aluno 2 192.168.106.117	117.1 Kbps TCP	107.6 Kbps TCP	115.9 Kbps TCP	
Tutor 192.168.106.216	116.5 Kbps TCP	123.3 Kbps TCP	114.2 Kbps TCP	
Sistema PXI 192.168.106.116	164.6 Kbps TCP	164.2 Kbps TCP	162.2 Kbps TCP	
Total	484.1 Kbps	478.9 Kbps	470.1 Kbps	
Aluno 1 192.168.106.114	56.9 Kbps UDP	57.6 Kbps UDP	58.5 Kbps UDP	Servidor Silverpearl (CUseeMe) IP:134.36.34.62
Aluno 2 192.168.106.117	56.9 Kbps UDP	57.6 Kbps UDP	58.5 Kbps UDP	
Tutor 192.168.106.216	52.9 Kbps UDP	53.5 Kbps UDP	57.5 Kbps UDP	
Total	166.7 Kbps	168.7 Kbps	174.5 Kbps	

Analisando o tráfego, chegou-se à conclusão que o tráfego total gerado ronda os 650 Kbps, dos quais cerca de 26% (170 Kbps) são transmitidos segundo o protocolo UDP, trocados entre o servidor Silverpearl e os utilizadores, enquanto os restantes 74% (480 Kbps) utilizam o protocolo TCP entre o servidor Web e os utilizadores em conjunto com sistema PXI. Desta forma, conclui-se que uma rede interna com uma LB de 500 Kbps seria a aconselhável para o controlo do laboratório por 3 utilizadores. Por outro lado, e embora os 90 Kbps reservados se mostrassem suficientes para a comunicação

por videoconferência (tráfego UDP), aferiu-se que estes serviram uniccamente para salvaguardar os instantes em que a LB se mostrou insuficiente, uma vez qque em média os valores rondaram os 170 Kbps (cerca de duas vezes superior). Assim, e embora a reserva de 90 Kbps para a comunicação por videoconferência se mostrassse suficiente, uma LB mínima de 200 Kbps para tráfego UDP seria mais aconselhável.

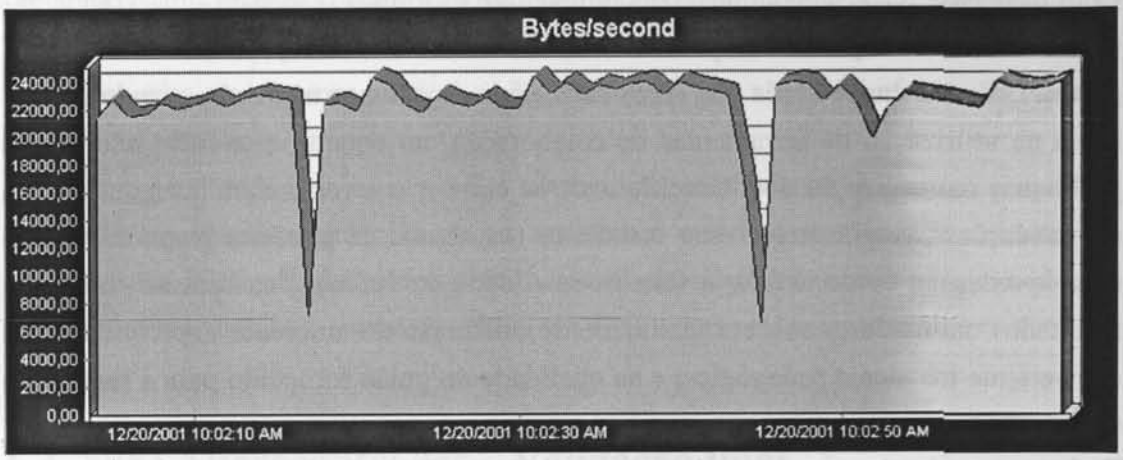


Figura 6.3: Tráfego monitorado no computador do tutor, durante a experiência realizada em 20 de Dezembro de 2001, entre as 10:02:10 e as 10:02:50.

6.2.3 Validação funcional

Esta validação teve por objectivo recolher opiniões de todos os alunos sobre a utilidade, vantagens e desvantagens da experiência realizada. Desta forma, no final de cada sessão experimental tentou-se obter algum retorno através de um questionário e de entrevistas, realizados por Terry DiPaolo[43] [Paolo, 01].

Questionário

O questionário foi distribuído aos alunos, disponível no anexo E em conjunto com as respectivas respostas, foi dividido em quatro partes:

- Experiência dos alunos em trabalhar com computadores.
- Generalidades sobre a utilização do ambiente experimental para conttrolo do laboratório.

[43] Doutor em tecnologia educacional. Colaborador do projecto europeu PEARL na Open University (Inglaterra).

- Prática no uso de ferramentas de colaboração e meios utilizados (*chat* e videoconferência). Obteve-se ainda uma opinião sobre as condições de funcionamento do CUseeMe durante as sessões experimentais[44].
- Vantagens da utilização do laboratório e forma como as sessões experimentais se desenrolaram (ajuda dada pelo tutor e qualidade do material disponibilizado).

Com base nas respostas obtidas, concluiu-se que os alunos possuíam uma grande experiência na utilização de computadores em diferentes domínios, inclusive no acesso à *Internet*. Verificou-se ainda que cerca de metade dos alunos não tinha grande experiência na utilização de ferramentas de colaboração, no entanto este facto não trouxe problemas na utilização do CUseeMe onde os alunos, que realizaram a segunda etapa de validações, responderam estar satisfeitos (os alunos da primeira etapa de validações apontaram como defeito a falta de qualidade do áudio). Também se obtiveram resultados animadores sobre a facilidade de utilização do ambiente experimental, na sua vertente técnica e pedagógica, e na qualidade do guião fornecido para a realização das sessões experimentais.

Embora na primeira etapa de validações o áudio do CUseeMe não funcionasse em boas condições, na última sessão experimental este aspecto foi ultrapassado através da reserva de LB, o que permitiu ao quinto grupo utilizar este recurso para suportar um esforço colaborativo na resolução das tarefas propostas no guião. Por outro lado, a utilização do laboratório, no contexto da experiência descrita, nem sempre foi considerada simples, onde a maioria considerou serem necessárias muitas etapas para se realizarem as acções remotas, apontando ainda que o retorno das acções efectuadas sobre o laboratório nem sempre eram visíveis no ambiente experimental, levando-os a sentirem alguma insegurança na sua utilização. Por fim, todos referiram ter gostado de realizar a experiência, classificando-a como agradável. No entanto, e com base no último grupo de questões colocadas, depreende-se que o tema da matéria objecto da experiência foi considerado pouco interessante.

Entrevistas

Numa segunda fase de análise às experiências realizadas, Terry DiPaolo efectuou a cada a aluno uma entrevista com cerca de meia hora.

[44] Este grupo de questões não se encontram em anexo, no entanto faz-se referência aos resultados nas entrevistas descritas à frente.

Embora os alunos nunca tivessem realizado esta experiência num laboratório real, impossibilitando-os de comparar entre a realização remota e a local, a impressão geral foi extremamente positiva, tendo a experiência sido considerada adequada ao contexto da disciplina de PCSD. Consideraram ainda o ambiente experimental fácil de utilizar e bastante interessante, comentando com satisfação a possibilidade de realizar a experiência em grupo utilizando o CUseeMe, que lhes permitiu trocar ideias e opiniões. O único aspecto apontado como complicado foi a utilização da interface *Explorer*[45], visto nunca a terem usado, assim como o tempo necessário para actuar os controlos das interfaces, que em algumas situações não indicavam se a acção foi efectuada remotamente com sucesso.

De forma geral todos os comentários efectuados pelos primeiros quatro grupos de alunos foram idênticos aos alunos que realizaram a última sessão experimental, no entanto estes já não apontaram o defeito inicial de existirem muitas páginas abertas em simultâneo, devido à correcção efectuada após as primeiras sessões.

6.3 8051 Microcontroller – Validação final

A segunda validação realizada utilizou o ambiente experimental *8051 Microcontroller* que envolve uma carta de demonstração composta pelo µC8051 e um conjunto de periféricos. Destes, destacam-se uma memória de dados RAM, onde fica armazenado o programa a testar, e um DAC, que permite obter sinais analógicos mediante o programa armazenado na referida memória[46]. Esta validação final compreendeu quatro sessões experimentais realizadas nos dias 16, 17 e 18 de Dezembro de 2002, por um conjunto de nove alunos da FEUP. O conjunto foi dividido em quatro grupos de alunos (três grupos de dois e um grupo de três) da disciplina Microprocesssadores do 2º ano da LEEC (Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Cada grupo realizou uma sessão experimental onde se testou remotamente um programa desenvolvido em *assembly* referente a um GFOP (Gerador de Formas de Onda Programável), conforme descreve o guião utilizado disponível em [Ferreira et al., 01]. Uma vez criado o programa, através da ferramenta de desenvolvimento PK51 Eval [KEIL, 03] instalada em cada computador utilizado pelos alunos, estes puderam-no simular, usando o ambiente DSCOPE pertencente à mesma ferramenta. Após simulação, foi-lhes possibilitado testar o programa remotamente utilizando o ambiente expe-

[45] A interface *Explorer* é utilizada para controlar a infra-estrutura BST da carta de demonstração utilizada, conforme descreve o capítulo 4.

[46] O capítulo 4 fornece uma descrição mais detalhada da carta de demonstração utilizada.

rimental baseado no μC8051 para controlo do laboratório, permitindo-lhes aplicar valores lógicos a quatro pinos de entrada do μC e capturar noutros quatro pinos os resultados obtidos. Além disso, os alunos puderam monitorar sinais analógicos na saída do DAC através dos instrumentos de medição (osciloscópio e multímetro) existentes no laboratório.

6.3.1 Preparação e realização das sessões experimentais

Existindo um grupo com três alunos, mais um tutor, foi necessário disponibilizar quatro postos de acesso em simultâneo, conforme ilustra a figura 6.4.

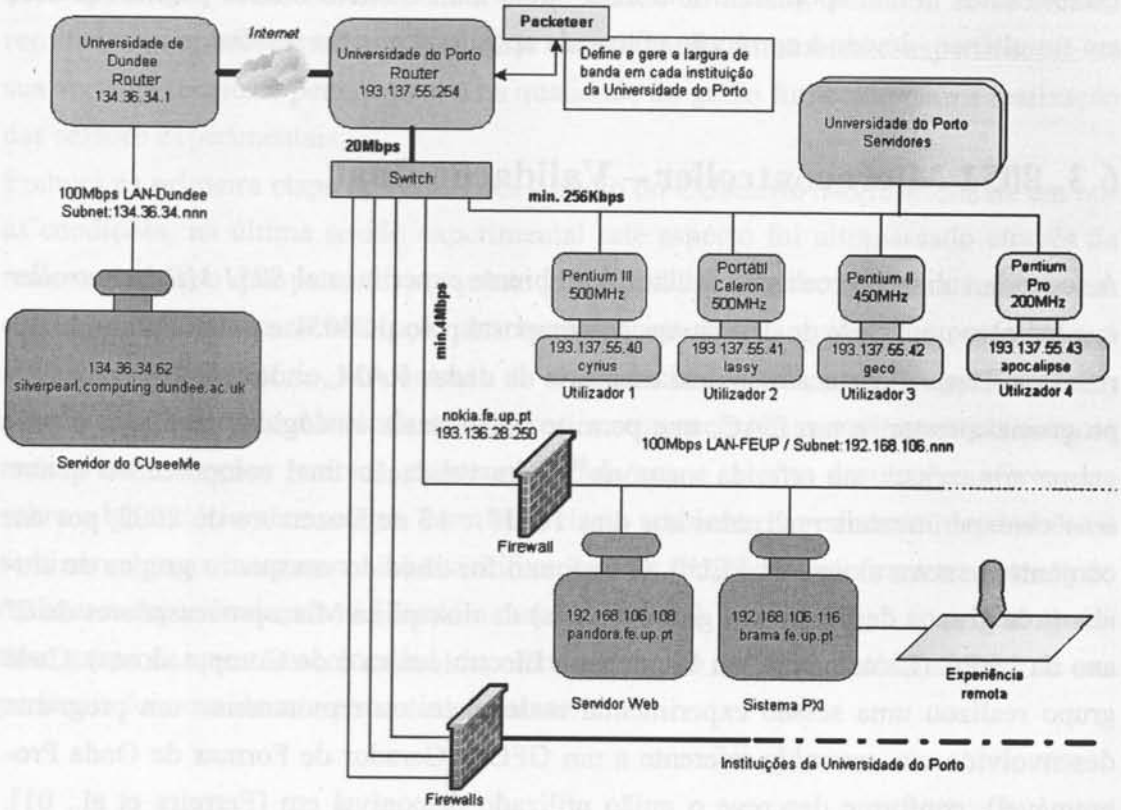


Figura 6.4: Entidades envolvidas na validação final.

Enquanto a ILR se encontra ligada à LAN da FEUP, tal como na primeira validação, os quatro postos de trabalho (computadores Cyrius, Lassy, Geco e Apocalipse)[47] foram colocados na subrede de servidores da UP (Universidade do Porto) devido a pro-

[47] As características dos computadores utilizados podem ser consultadas no anexo D.

blemas identificados na *Firewall* da FEUP, nomeadamente no estabelecimento de ligação com o servidor CUseeMe localizado em Dundee. A detecção e posterior resolução deste problema encontram-se descritas em pormenor no anexo F, sendo apenas de realçar a necessidade de efectuar configurações específicas (endereços e tomadas de rede dos postos de trabalho), unicamente para a realização da validação final.

Para a comunicação por videoconferência, foi instalado em cada computador uma WebCam e um par de colunas e microfone, ou *headsets*. Além destes dispositivos, instalou-se em cada computador o PK51 Eval e o EtherHelp. O primeiro serviu para os alunos desenvolverem, corrigirem e simularem o código a enviar para a carta de demonstração, enquanto o segundo permitiu monitorar o tráfego usado por cada computador durante a realização das experiências. Para efeitos de monitorização definiu-se ainda um conjunto de filtros para capturar exclusivamente o tráfego entre os computadores e servidores utilizados nas experiências. A figura 6.5 exemplifica a especificação de um filtro utilizando o *software* EtherHelp, enquanto a tabela 6.4 ilustra os filtros especificados nos diferentes computadores/servidores (e.g. computador Lassy captura todo o tráfego de/para os servidores Pandora e Silverpearl).

Definidos os filtros, o *software* EtherHelp reteve todo o tráfego num ficheiro, configurado para um tamanho máximo de 20 Mbytes, que serviu para posterior análise utilizando o *software* EtherPeek ilustrado na figura 6.2. Ou seja, a aplicação de topo denominada EtherPeek possui um módulo dedicado à captura/monitorização de tráfego denominado EtherHelp. O primeiro permite não só a captura como a análise em tempo real do tráfego existente, providenciando gráficos e estatísticas para o utilizador, à custa de um maior impacto no sistema, i.e. utiliza mais recursos computacionais que o módulo EtherHelp, mais indicado para monitorização passiva e posterior análise em modo *off-line*.

Tabela 6.4: Filtros seleccionados entre os diferentes computadores/servidores na validação final.

	Pandora (Servidor)	Silverpearl (CUseeMe)
Lassy	×	×
Geco	×	×
Apocalipse	×	×
Cyrius	×	×
Brama (Sistema PXI)	×	

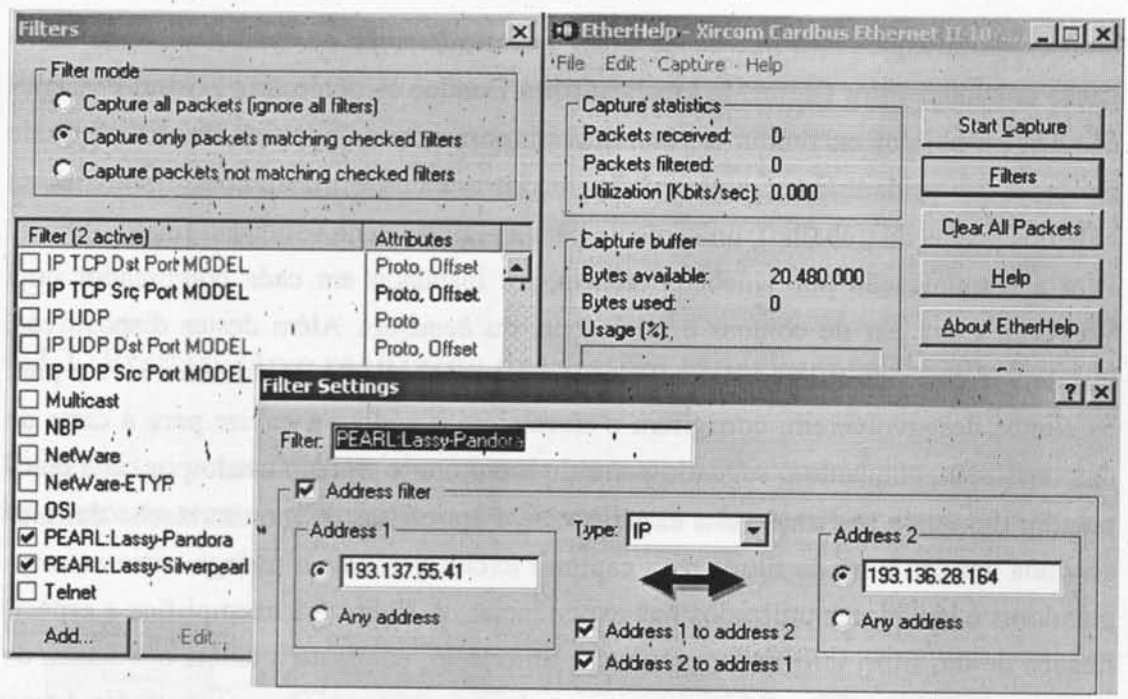


Figura 6.5: Exemplo da especificação de um filtro no *software* EtherHelp.

Por fim, foram colocadas câmaras de vídeo junto de cada posto de trabalho, permitindo a gravação de todas as acções realizadas pelos alunos no decorrer de cada sessão experimental. No final de cada sessão, realizou-se uma entrevista (filmada em vídeo) com o objectivo de obter comentários ao laboratório e ao ambiente experimental.
Com o problema da *Firewall* resolvido, no dia 29 de Novembro, os alunos Mark Macedo e Daniel Fernandes realizaram uma sessão experimental onde se registaram dois factores negativos a salientar:

- Pediu-se aos alunos o desenvolvimento do código integral para o GFOP, a sua simulação e respectivo teste no laboratório. No entanto, concluiu-se que o tempo despendido foi excessivo (cerca de 60 min. só no desenvolvimento do programa), chegando ao fim com um programa incorrectamente inicializado (endereço inicial errado) conforme os requisitos descriminados no guião laboratorial (os programas escritos pelos utilizadores devem iniciar-se no endereço 8000 hex.).
- A LB de 256 Kbps na subrede da UP foi insuficiente, pois não era exclusiva para os postos de trabalho, sendo também partilhada por um conjunto de servidores. Desta forma, dependendo dos acessos exteriores a esses servidores, a rede poderia estar mais ou menos ocupada, mostrando-se em várias alturas insuficiente para suportar a utilização do CUseeMe, nomeadamente na comunicação áudio.

Com os resultados obtidos nesta tentativa, tomaram-se duas medidas fundamentais:

1. Em vez de os alunos desenvolverem o programa, foram-lhes atribuídos os ficheiros do GFOP, apresentados na tabela 6.6, com erros (omitiram-se linhas de código), sendo-lhes pedida a sua correcção. Desta forma, evitou-se que os alunos perdessem muito tempo no desenvolvimento do programa.
2. Para solucionar o problema do áudio, requisitou-se ao CICA a reserva de uma LB de 100 Kbps (independentemente do tráfego ser TCP ou UDP) para os postos de trabalho envolvidos na validação. Esta reserva foi garantida para os três dias dos testes (16, 17 e 18 de Dezembro), permitindo uma melhoria significativa na qualidade do áudio.

Aliado a estas duas correcções, houve ainda o cuidado de se apresentar brevemente o ambiente experimental e o laboratório implementado pela ILR a cada grupo de alunos. Desta forma, evitaram-se possíveis dúvidas acerca do funcionamento, servindo a própria apresentação como um incentivo para os alunos realizarem a experiência.

Sessões experimentais

Os elementos envolvidos na validação final encontram-se identificados na tabela 6.5, que resume igualmente a função de cada um.

Tabela 6.5: Elementos envolvidos nas sessões experimentais da validação final.

Nome	Função
Mário Rui Silveira Pereira	Grupo 1
Luís Manuel de Sousa Pessoa	
Mark Odrish Macedo	Grupo 2
Daniel Sousa Fernandes	
José Bento Ayres Pereira	Grupo 3
Catarina Maria Brito Noronha Santiago	
Pedro Nuno Cruz Soares Pinto	
José Manuel dos Santos Lopes	Grupo 4
Ricardo Arieira Veiga	
Ricardo Jorge Guedes da S. N. Costa	Tutor Participou nas entrevistas do 1º e 3º grupo Realizou a entrevista ao 2º e 4º grupo
Gustavo Ribeiro da Costa Alves	Realizou a entrevista ao 1º e 3º grupo
José Manuel Martins Ferreira	Tutor na 2ª e 4ª experiência

Tabela 6.6: Ficheiros com o código do GFOP.

Triang.a51

```
public  triang
extrn code (init)
cseg at 8060h
triang:
   mov  a,#0fbh
   mov  p1,a
   mov  a,#40h
up:
   inc a
   movx @dptr,a
   cjne  a,#0c0h,up
down:
   dec  a
   movx @dptr,a
   cjne  a,#40h,down
   jb  p1.6,up
   jmp  init
end
```

Square.a51

```
public  square
extrn code (init)
cseg at 8080h
square:
   mov  a,#0f7h
   mov  p1,a
start:
   mov  a,#0c0h
   mov  r0,#0ffh
cicle3:
   movx @dptr,a
   djnz  r0,cicle3
   mov  a,#40h
   mov  r0,#0ffh
cicle4:
   movx @dptr,a
   djnz  r0,cicle4
   jb  p1.7,start
   jmp  init
end
```

Sawup.a51

```
public  sawup
extrn code (init)
cseg at 8020h
sawup:
   mov  a,#0feh
   mov  p1,a
cicle1:
   mov  a,#40h
cicle1a:
   movx @dptr,a
   inc a
   cjne  a,#0c0h,cicle1a
   jb  p1.4,cicle1
   jmp  init
end
```

Sawdown.a51

```
public  sawdown
extrn code (init)
cseg at 8040h
sawdown:
   mov  a,#0fdh
   mov  p1,a
cicle2:
   mov  a,#0c0h
cicle2a:
   movx @dptr,a
   dec  a
   cjne  a,#40h,cicle2a
   jb  p1.5,cicle2
   jmp  init
end
```

Init1.a51

```
public  init
extrn code
(sawup,sawdown,
triang,square)
cseg at 8000h
init:
   mov  a,#7fh
   mov  dptr,#0
   movx @dptr,a
cicle:
   jb  p1.4,sawup
   jb  p1.5,sawdown
   jb  p1.6,triang
   jb  p1.7,square
   mov  p1,#0f0h
   jmp  cicle
   end
```

Os parágrafos seguintes descrevem em maior detalhe o desenrolar das actividades de cada grupo envolvido, incluindo:

- Calendarização/temporização exacta de cada sessão.
- Configuração inicial [localização dos alunos e tutor(es), ficheiros entregues, etc.].
- Lista completa das acções efectuadas.

Grupo 1

A primeira sessão experimental, realizada pelo grupo 1, encontra-se descrita na tabela 6.7, enquanto a figura 6.6 descreve os computadores e a localização dos elementos envolvidos (alunos, tutor, computadores, tomadas de rede, etc.).

Toda a comunicação entre os alunos foi realizada com base no CUseeMe utilizando videoconferência e *chat* (texto), enquanto o único meio usado pelo tutor com os alunos foi o *chat*, de forma a reduzir o tráfego nas comunicações e possibilitando maior privacidade na troca de ideias entre os alunos. A figura 6.7 mostra os dois alunos e o tutor (através de *chat*) na realização desta primeira sessão experimental.

Os ficheiros do GFOP foram fornecidos aos alunos deste grupo, com a omissão de algumas linhas de código (a sombreado), seguindo a distribuição apresentada na tabela 6.8. O objectivo dos alunos, durante a sessão experimental, foi encontrar esses erros e corrigi-los, a fim de compilarem, simularem e testarem o programa no laboratório.

Tabela 6.7: Dados sobre a primeira sessão experimental da validação final.

Grupo 1						
Data	Intervenientes	Início	Duração	Entrevista		
				Entrevistador	Início	Duração
16/12/02	Mário Pereira Luís Pessoa Ricardo Costa	14 h.	45 min.	Gustavo Alves Ricardo Costa (colaborador)	15 h.	30 min.

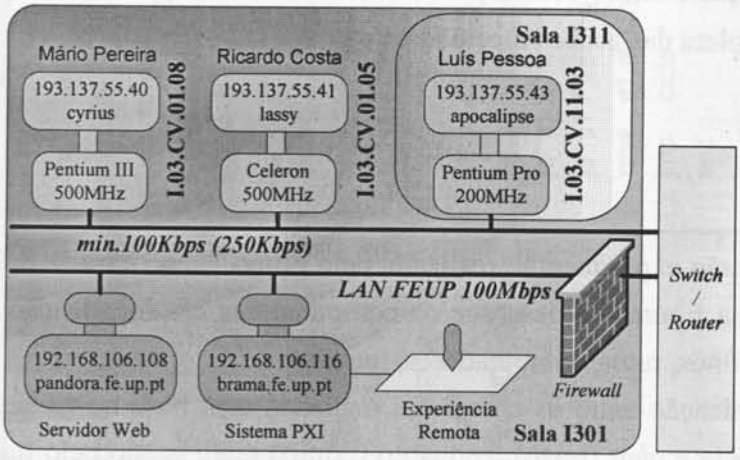


Figura 6.6: Identificação/localização dos elementos envolvidos na primeira sessão experimental da validação final.

Tabela 6.8: Ficheiros atribuídos ao primeiro grupo de alunos da validação final.

	Mário Pereira	Luís Pessoa
	Square1.a51 Triang.a51 Sawup.a51	Init1.a51 Sawdown.a51
	Square1.a51 public square (...) cicle4: movx @dptr,a **djnz r0,cicle4** jb p1.7,start jmp init end	**Init1.a51** public init (...) cicle: jb p1.4,sawup jb p1.5,sawdown **jb p1.6,triang** (...) end

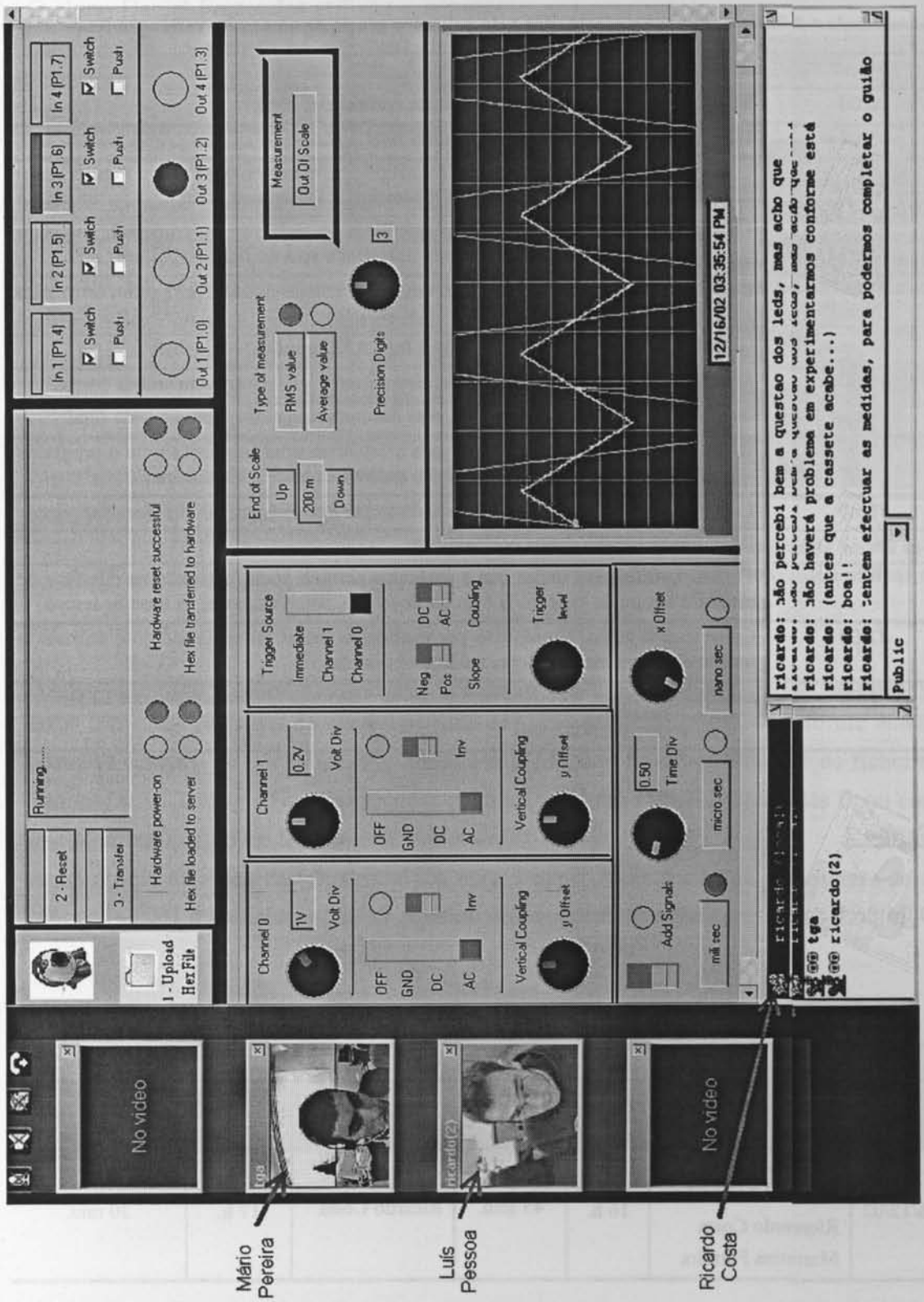


Figura 6.7: Utilização do CUseeMe com a experiência do µC8051 na primeira sessão experimental da validação final.

Baseado nas filmagens realizadas no decorrer da sessão experimental, resumiu-se na tabela 6.9 os procedimentos efectuados pelo grupo de alunos.

Tabela 6.9: Procedimentos efectuados pelo primeiro grupo de alunos na validação final.

Tempo	Registo
00:00	Martins Ferreira atribui os ficheiros por correio electrónico.
05:00	Luís Pessoa descobre o erro no ficheiro *Init1.a51*.
	Luís Pessoa envia ficheiro *Init1.a51* corrigido para o seu colega Mário Pereira usando a ferramenta de colaboração MSN Messenger [Microsoft, 02b].
	Luís Pessoa vai experimentando as interfaces do ambiente experimental, enquanto espera que o seu colega Mário Pereira descubra o erro no ficheiro *Square1.a51*.
13:00	Luís Pessoa sugere ao seu colega o envio do ficheiro *Square1.a51* (com erro) para ambos tentarem descobrir o erro.
	Trocam todos os ficheiros, incluindo *o Init1.a51*, usando o Messenger.
15:00	Mário Pereira descobre o erro no ficheiro *Square1.a51* e resolvem ambos corrigi-lo.
	Ambos têm os ficheiros corrigidos, mas denotam insegurança para o teste final.
30:00	Os dois alunos abrem o DSCOPE para efectuarem uma simulação com o programa corrigido (só o aluno Luís Pessoa é que explora bastante a ferramenta).
36:00	Luís Pessoa testa o programa efectuando os passos: *Upload*, *Reset* e *Transfer*.
	Programa começa a correr normalmente.
	Testam as diferentes ondas que o programa permite gerar, mexendo na interface de estímulo/leitura de canais I/O e no osciloscópio, nomeadamente na base de tempo.
42:00	Consultam o guião, começando por analisar as ondas no osciloscópio e utilizam o multímetro para medir valores médios e eficazes.
45:00	Luís Pessoa testa a WebCam para verificar o correcto funcionamento dos LEDs.
	Fim da sessão experimental.

Grupo 2

O grupo 2 realizou a segunda sessão experimental, descrita na tabela 6.10.

Tabela 6.10: Dados sobre a segunda sessão experimental da validação final.

Grupo 2						
Data	Participantes	Início	Duração	Entrevista		
				Entrevistador	Início	Duração
16/12/02	Mark Macedo Daniel Fernandes Ricardo Costa Martins Ferreira	16 h.	45 min.	Ricardo Costa	17 h.	30 min.

Seguindo um esquema idêntico ao da figura 6.6, e tal como no primeiro grupo, os intervenientes desta sessão experimental localizaram-se em diferentes salas com o respectivo computador ligado numa tomada de rede.

O aluno Daniel Fernandes utilizou o computador Cyrius, localizado na sala I301 (laboratório), com uma WebCam e um conjunto de *headsets*. Na mesma sala encontrava-se a ILR e os tutores da experiência Martins Ferreira e Ricardo Costa utilizando o computador Lassy sem recursos áudio. O aluno Mark Macedo foi colocado na sala I311 com o computador Apocalipse utilizando uma WebCam, um par de colunas e um microfone, para comunicar com o seu colega. A figura 6.8 mostra os dois alunos durante a sessão experimental utilizando os recursos audiovisuais através do CUseeMe.

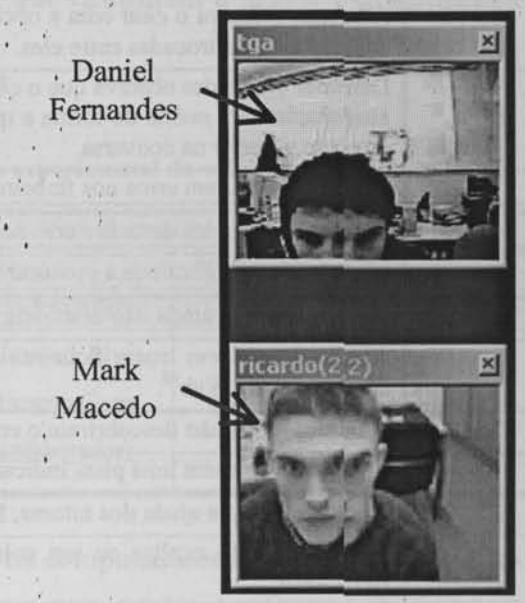


Figura 6.8: Alunos da segunda sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe.

Nesta sessão experimental foram distribuídos os mesmos ficheiros, com os mesmos erros (omissão de linhas de código), utilizados pelo primeiro grupo, conforme anteriormente descrito na tabela 6.8. Ao aluno Mark Macedo foram atribuídos os ficheiros *Square1.a51*, *Triang.a51* e *Sawup.a51*, enquanto o aluno Daniel Fernandes ficou com os ficheiros *Init1.a51* e *Sawdown.a51*.

Após observação das cassetes de vídeo com a experiência realizada, anotaram-se os procedimentos relevantes efectuados pelos alunos, conforme descreve a tabela 6.11.

Tabela 6.11: Procedimentos efectuados pelo segundo grupo de alunos na validação final.

Tempo	Registo
00:00	Tutores utilizam o *chat* para esclarecer confusão patenteada pelos alunos sobre quais os ficheiros que possuem.
05:00	Alunos utilizam o *chat* com a opção *private* activa, impossibilitando que os tutores vejam as mensagens trocadas entre eles.
	Daniel Fernandes observa que o *chat* tem a opção *private* activa e sugere a Mark Macedo a alteração para *public* de forma a que os tutores possam ler as suas mensagens e, eventualmente, intervir na conversa.
	Alunos procuram erros nos ficheiros.
15:00	Daniel Fernandes descobre erro no ficheiro *Init1.a51*.
	Mark Macedo continua a procurar o erro no seu ficheiro *Square1.a51*.
19:00	Mark Macedo ainda não descobriu o erro.
	Alunos resolvem trocar ficheiros recorrendo ao sistema de correio electrónico da FEUP acessível via Web[48].
23:00	Alunos ainda não descobriram o erro no ficheiro *Square1.a51*.
	Tutores fornecem uma pista indicando que o erro se encontra dentro do ciclo *cicle4*.
25:00	Aproveitando a ajuda dos tutores, Mark Macedo descobre erro no ficheiro *Square1.a51*.
	Mark Macedo explica ao seu colega Daniel Fernandes que a instrução que falta é *djnz r0,cicle4*.
	Ambos corrigem o erro nos seus ficheiros.
26:00	Os dois alunos utilizam o PK51 Eval para compilarem o código (a primeira tentativa deu erro mas depois verificaram terem-se enganado na escrita da instrução).
30:00	Daniel Fernandes programa a carta de demonstração efectuando: *Upload*, *Reset* e *Transfer*, sem antes ter feito qualquer simulação com o DSCOPE.
35:00	Primeira onda visível é a quadrada.
37:00	Mark Macedo consulta manual para verificar quais as medições a realizar.
40:00	Alunos resolvem efectuar as primeiras medidas com multímetro, trocando impressões sobre o seu funcionamento.
	Testam as diferentes ondas possíveis de serem geradas pelo programa, mas verificam que este não funciona correctamente (o programa não gera as ondas esperadas).
	Supõem existir erro no código.
	Descobrem o erro, reconhecendo ter escrito mal a instrução *jb p1.6,triang* no ficheiro *Init1.a51*.
44:00	Corrigem erro.
	Efectuam nova compilação e fazem *Upload*, *Reset* e *Transfer*, verificando o correcto funcionamento do programa.
	Efectuam medições, no entanto apresentam algumas dificuldades para visualizar as formas de onda no osciloscópio.
45:00	Fim da sessão experimental.

[48] O sistema de correio electrónico da FEUP acessível via Web (WebMail) encontra-se disponível em http://webmail.fe.up.pt.

Grupo 3

Ao contrário dos dois grupos anteriores, o terceiro grupo integrava três elementos, José Pereira, Catarina Santiago e Pedro Pinto que realizaram a sessão experimental descrita na tabela 6.12.

Tabela 6.12: Dados sobre a terceira sessão experimental da validação final.

Grupo 3						
Data	Participantes	Início	Duração	Entrevista		
				Entrevistador	Início	Duração
17/12/02	José Pereira Catarina Santiago Pedro Pinto Ricardo Costa	15 h.	49 min.	Gustavo Alves Ricardo Costa (colaborador)	16 h.	30 min.

Nesta sessão experimental utilizaram-se todos os computadores localizados na subrede de servidores da UP, três para os alunos e um para o tutor, conforme se representa a figura 6.9.

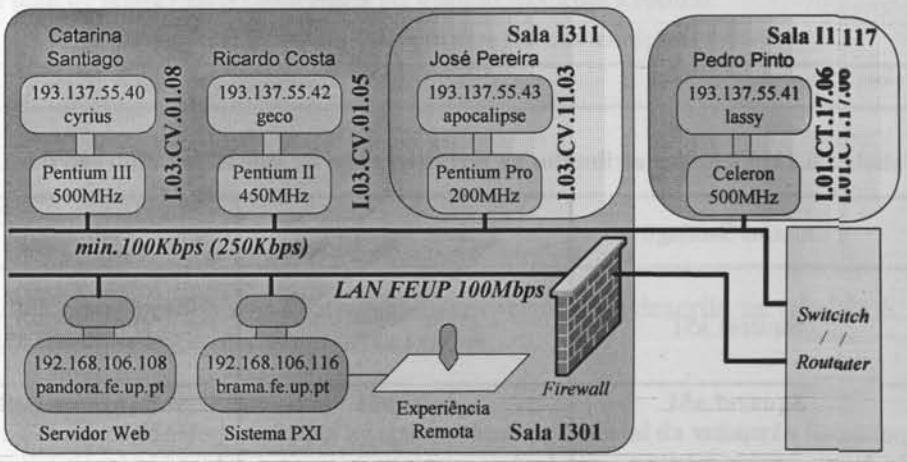


Figura 6.9: Identificação/localização dos elementos envolvidos na terceira sessão experimental da validação final.

Enquanto os alunos tinham acesso a todos os meios áudio-visuais do CUseeMe (videoconferência e *chat*) o tutor limitava-se a comunicar com eles através de *chat*, tal como na experiência anterior. A figura 6.10 mostra os três alunos durante a sessão experimental a comunicarem entre si.

A exemplo das sessões experimentais anteriores, forneceu-se a cada aluno um conjunto de ficheiros com a omissão de algumas linhas de código, de forma a estes descobrirem as linhas em falta indicadas a sombreado na tabela 6.13.

Com base nas filmagem realizadas, indicam-se na tabela 6.14 alguns dos procedimentos efectuados pelos alunos durante a sessão experimental.

Figura 6.10: Alunos da terceira sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe.

Tabela 6.13: Ficheiros atribuídos ao terceiro grupo de alunos da validação final.

	Catarina Santiago	José Pereira	Pedro Pinto
	Square1.a51	Triang.a51 Init1.a51	Sawup.a51 Sawdown1.a51
	Square1.a51 public square (...) cicle4: movx @dptr,a djnz r0,cicle4 jb p1.7,start jmp init end	**Init1.a51** public init (...) cicle: jb p1.4,sawup jb p1.5,sawdown jb p1.6,triang jb p1.7,square mov p1,#0f0h jmp cicle end	**Sawdown1.a51** public sawdown (...) cicle2a: movx @dptr,a dec a cjne a,#40h,cicle2a jb p1.5,cicle2 jmp init end

Tabela 6.14: Procedimentos efectuados pelo terceiro grupo na validação final.

Tempo	Registo
00:00	Alunos analisam os ficheiros.
06:00	Ainda não descobriram os erros nos ficheiros.
	José Pereira disponibiliza-se para receber os ficheiros dos seus colegas.
13:00	Acordam utilizar o sistema de correio electrónico da FEUP (WebMail) como meio de transferência de ficheiros.
	José Pereira recebe em primeiro lugar os ficheiros da Catarina Santiago e depois os do Pedro Pinto.
15:00	Em grupo descobrem todos os erros nos ficheiros.
	Decidem que José Pereira irá compilar e criar o ficheiro de programação.
17:00	José Pereira compila e cria ficheiro de programação com sucesso.
	José Pereira resolve enviar os ficheiros corrigidos para todos os seus colegas.
	José Pereira e Pedro Pinto experimentam o PK51 Eval.
20:00	José Pereira faz: *Upload*, *Reset* e *Transfer* do ficheiro para a carta de demonstração, sem antes ter efectuado qualquer simulação no DSCOPE.
	Programa começa a correr correctamente, sendo visível uma onda mal definida no osciloscópio.
	Catarina testa o programa verificando se todas as ondas são geradas correctamente.
	Pedro Pinto fica responsável por ajustar a base de tempo e a amplitude no osciloscópio.
	Alguma confusão sobre a atribuição das tarefas.
	Acordam as tarefas de cada um: Pedro Pinto responsável por trocar ondas; Catarina Santiago e José Pereira responsáveis por ajustar osciloscópio.
30:00	José Pinto consulta manual para ver quais as medições a realizar.
	Utilizam o multímetro e o osciloscópio para realizar medições.
49:00	Fim da sessão experimental.

Grupo 4

Por fim, o 4º grupo realizou a última sessão experimental descrita na tabela 6.15.

Tabela 6.15: Dados sobre a quarta sessão experimental da validação final.

Grupo 4						
Data	Intervenientes	Início	Duração	Entrevista		
				Entrevistador	Início	Duração
18/12/02	José Lopes Ricardo Veiga Ricardo Costa Martins Ferreira	16 h.	45 min.	Ricardo Costa	17 h.	30 min.

Tal como nas duas primeiras sessões experimentais, e seguindo o mesmo esquema apresentado na figura 6.6, utilizaram-se três computadores, dois para os alunos e um terceiro para os tutores.

O aluno Ricardo Veiga utilizou o computador Cyrius, localizado na sala I301 com uma WebCam e uns *headsets*. Nesta mesma sala encontrava-se a ILR e os tutores da experiência, Ricardo Costa e Martins Ferreira, utilizando o computador Lassy sem recursos áudio-visuais, enquanto o aluno José Lopes utilizou o computador Apocalipse, em conjunto com uma WebCam, um par de colunas e um microfone. A figura 6.11 mostra os dois alunos utilizando o sistema de videoconferência, enquanto os tutores se limitavam ao *chat*, tal como nas sessões anteriores.

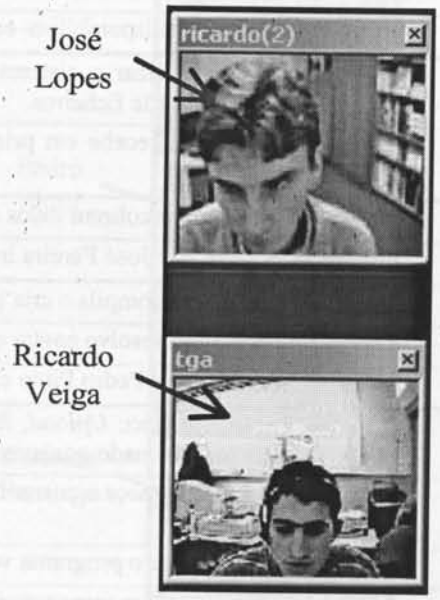


Figura 6.11: Alunos da quarta sessão experimental da validação final a utilizar o CUseeMe.

A atribuição dos ficheiros aos alunos seguiu a efectuada para os primeiros grupos de dois alunos, com os mesmos erros (omissão de linhas de código) indicados na tabela 6.8. Ao aluno Ricardo Veiga foram atribuídos os ficheiros *Square1.a51*, *Triang.a51* e *Sawup.a51*, enquanto o aluno José Lopes ficou com os ficheiros *Init1.a51* e *Sawdown.a51*. Os procedimentos efectuados durante a sessão experimental encontram-se descritos na tabela 6.16.

Tabela 6.16: Procedimentos efectuados pelo quarto grupo de alunos na validação final.

Tempo	Registo
00:00	Alunos deparam-se com problemas na comunicação áudio.
	Alunos analisam atentamente os ficheiros, de forma a encontrar os erros.
10:00	Comunicação por áudio apresenta melhorias significativas.
	José Lopes descobre erro no seu ficheiro (*Init1.a51*), no entanto Ricardo Veiga ainda não descobriu o erro no seu ficheiro (*Square1.a51*).
15:00	José Lopes sugere ao seu colega que lhe envie o ficheiro *Square1.a51*, para a os dois procurarem o erro em conjunto.
	Os alunos resolvem trocar todos os ficheiros.
	A primeira sugestão apontada para a troca de ficheiros foi utilizar o protocolo de transferência de ficheiros (*File Transfer Protocol*, FTP) usando o WS_FTP [Ipswitch, 03], no entanto o computador Cyrius não o tinha instalado.
	Resolvem usar a ferramenta de colaboração MSN Messenger.
17:00	Trocam os ficheiros utilizando o MSN Messenger.
27:00	Ricardo Veiga descobre o erro no ficheiro *Square1.a51*.
29:00	O erro é corrigido por ambos os alunos.
30:00	Ambos compilam o código.
	José Lopes faz *Upload* do ficheiro com o código do programa.
34:00	Ricardo Veiga transfere o código efectuando um *Reset* e depois um *Transferir*.
35:00	Começam a ver o programa a correr (primeira onda gerada foi a dente serra a ascendente).
36:00	Experimentam o programa gerando as diferentes ondas.
	Efectuam medições com o osciloscópio e multímetro.
45:00	Fim da sessão experimental.

6.3.2 Validação técnica

Na validação intermédia concluiu-se, com base no tráfego observado, que seria aconselhável uma LB de 200 Kbps para tráfego UDP, e 500 Kbps para tráfego TCP. Com base neste pressuposto, e tendo em consideração que nesta validação os diferentes computadores dos utilizadores foram colocados na subrede da UP, caracterizada por uma LB de 256 Kbps, seria de supor muitas dificuldades quer no controlo do laboratório quer na utilização da videoconferência. No entanto, os 256 Kbps são o um mínimo pelo que podem ser ultrapassados, uma vez que estarão dependentes da gestão efectuada no *Packeteer* (teoricamente poderá atingir um máximo próximo dos 20 Mbps reservados para todas as instituições da UP – ver figura 6.4). Por outro lado, importa referir que os 256 Kbps não são garantidos para os computadores dos utilizadores, uma vez que também são partilhados por um conjunto de servidores utilizados por todas as instituições da UP.

Durante a sessão realizada no dia 29 de Novembro pelos alunos Mark Macedo e Daniel Fernandes, verificou-se que não existiu qualquer problema no controlo do laboratório, enquanto que a videoconferência, nomeadamente o áudio, apresentava muitas falhas. Esta observação contrariou o observado da primeira validação, onde a necessidade de uma LB superior para TCP (500 Kbps) em comparação com UDP (200 Kbps) levar-nos-ia a supor para esta validação dificuldades ou só no controlo do laboratório ou nesse e na utilização da videoconferência, mas nunca só na videoconferência que, mediante o observado na primeira validação, utilizaria menos LB. Deste modo, tal como na primeira validação, chegou-se à conclusão que seria necessária a reserva de uma LB mínima para a realização das sessões experimentais, nomeadamente para acesso ao servidor do ambiente de colaboração CUseeMe, localizado em Dundee. Solicitou-se então ao CICA uma LB mínima de 100 Kbps exclusiva para os computadores utilizados nas sessões experimentais, verificando-se que nas sessões realizadas posteriormente a qualidade do áudio da videoconferência se mostrou bastante satisfatória. Procurando justificar a influência dessa LB, efectuou-se uma análise de todo o tráfego trocado entre os diferentes computadores/servidores durante um intervalo de tempo de 3 segundos. Embora se tenham perdido diversos pacotes durante o processo de captura devido a problemas técnicos, reuniram-se todos os dados capturados no CD anexo, com base nos quais se resolveu analisar a terceira sessão experimental que se apresenta como a mais completa, nas tabelas 6.17, 6.18 e 6.19.

Tabela 6.17: Tráfego estimado no servidor Web (Pandora) na terceira sessão experimental da validação final.

Brama (Sistema PXI)	80 Kbps SMB[49] 70 Kbps TCP
Apocalipse	60 Kbps TCP
Cyrius	45 Kbps TCP
Lassy	55 Kbps TCP
Geco	51 Kbps TCP
Total	361 Kbps

[49] SMB (*Server Message Block*): trata-se de um protocolo baseado numa arquitectura cliente-servidor para partilha de ficheiros, impressoras, acesso a directórios, etc. Para mais informações sugere-se a consulta da referência [Sharpe, 02].

Tabela 6.18: Tráfego estimado no servidor do CUseeMe (Silverpearl) na terceira sesessão experimental da validação final.

Apocalipse	42 Kbps UDP
Cyrius	480 Kbps UDP
Lassy	475 Kbps UDP
Geco	200 Kbps UDP
Total	1197 Kbps UDP

Tabela 6.19: Tráfego estimado nos computadores utilizados na terceira sessão expeperimental da validação final.

	Lassy	Apocalipse	Geco	Cyrius
Pandora	55 Kbps TCP	60 Kbps TCP	51 Kbps TCP	445 Kbps TCP
Silverpearl	475 Kbps UDP	42 Kbps UDP	200 Kbps UDP	480 Kbps UDP
Total	530 Kbps	102 Kbps	251 Kbps	525 Kbps

Com base nos resultados tabelados e ilustrados na figura 6.12, concluiu-se que uma maioria do tráfego é UDP, trocado entre o servidor Silverpearl e os computadores (cerca de 1,2 Mbps), ao contrário da primeira validação, onde o tráfego TCP era superior. Esta situação tornou-se difícil de justificar, pois além das condições de acesso desta validação serem diferentes da validação intermédia (os utilizadores foram colocados na subrede de servidores da UP), a captura de tráfego foi realizada nos últimos três segundos das sessões experimentais, ao contrário da captura efectuada durante a validação intermédia que contemplou vários períodos.

Desta forma, e sem estabelecer uma comparação entre as duas validações, verificou-se que os computadores utilizados nesta terceira sessão experimental da validação final denotam a necessidade de uma LB bastante superior à mínima reservada para a subrede da UP, utilizando cerca de 85% (1197 Kbps) para a comunicação com o ambiente de colaboração CUseeMe, enquanto os restantes 15% (211 Kbps) foram utilizados na interacção com o laboratório, nomeadamente com o servidor Web. Por outro lado, a comunicação entre o sistema PXI e o servidor Web utilizou cerca de 150 Kbps, muito próximos dos 211 Kbps conforme seria de esperar, uma vez que o controlo do laboratório é efectuado no sistema PXI, sendo o servidor Web utilizado como um simples repositório para as interfaces a disponibilizar aos utilizadores.

Mais uma vez, baseado no tráfego capturado, na boa qualidade das comuninicações e no correcto controlo do laboratório, verificou-se que os 100 Kbps reservados serviram unicamente para garantir uma LB mínima e não um valor máximo e ideal. Assim, mediante os 1408 Kbps observados durante as comunicações, conclui-se que uma LB de 2 Mbps se apresentaria como mais segura para que uma sessão experimental se realizasse com quatro utilizadores. No entanto, mesmo com este número reduzido de

utilizadores, nas restantes sessões experimentais verificaram-se alturas em que o tráfego subia bastante, concluindo-se que uma LB de 10 Mbps garantiria uma margem ainda mais segura para que mais utilizadores realizassem uma sessão experimental utilizando o ambiente de colaboração CUseeMe. Os dados capturados permitiram ainda aferir que a não utilização do CUseeMe requereria uma LB bastante inferior, aconselhando-se cerca de 500 Kbps para quatro utilizadores.

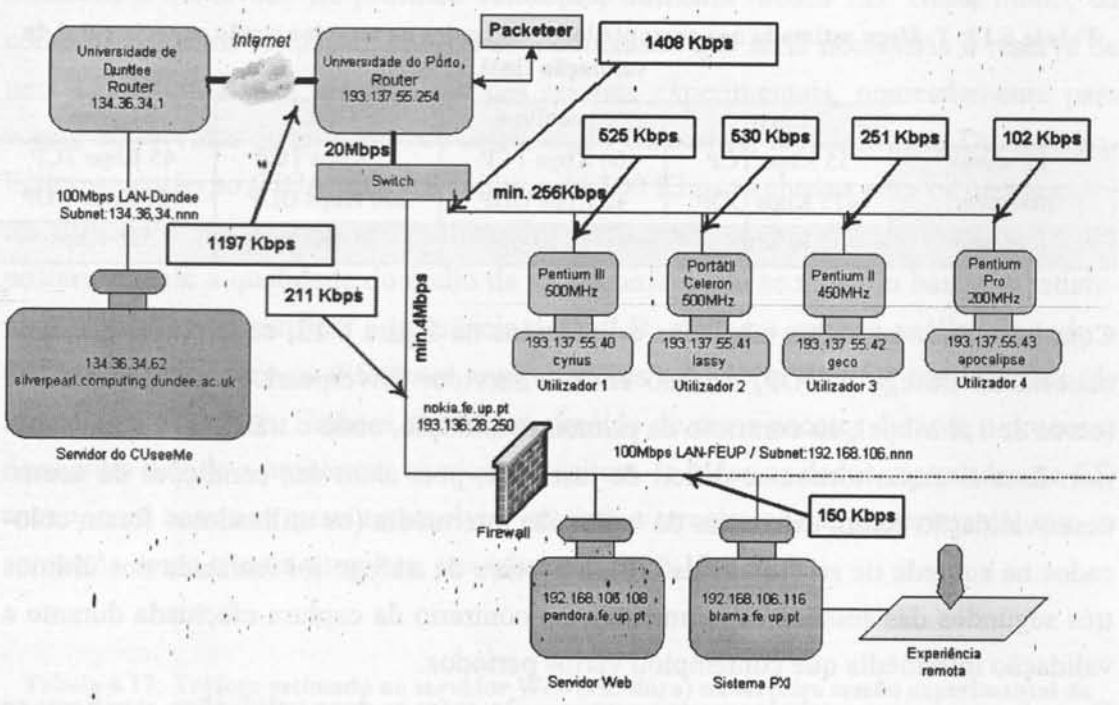


Figura 6.12: Tráfego capturado na terceira sessão experimental (amostra de 3 seg.) da validação final.

6.3.3 Validação funcional

A validação final teve por objecto-alvo o laboratório desenvolvido no âmbito do projecto europeu PEARL, e mais concretamente, a experiência baseada no μC8051. A estratégia de validação assentou em duas componentes: uma de índole técnica (subsecção anterior) e outra de índole funcional, baseada na análise das acções realizadas por cada grupo durante as respectivas sessões experimentais, assim como as opiniões retiradas das entrevistas efectuadas.

Análise das experimentações remotas

Com base nas análises efectuadas a cada um dos grupos, concluiu-se o grande interesse demonstrado por todos os elementos na realização da experiência. A primeira parte, referente à procura de erros nos ficheiros, foi a mais demorada, onde quase todos os grupos utilizaram cerca de 15 a 25 minutos para os descobrirem. Uma vez que o CU-seeMe não permite a transferência de ficheiros, os grupos recorreram ou u à ferramenta MSN Messenger (primeiro e quarto grupo) ou ao sistema Web de correeio electrónico da FEUP (segundo e terceiro grupo) de forma a detectarem os erros e em conjunto. Após os descobrirem, compilaram o código utilizando o PK51 Eval, e e optaram na maioria (à excepção do primeiro grupo) por não simular o programa (através do DSCOPE). Por fim, após cerca de meia hora de experiência, onde utilizaram bastante o *chat* e a videoconferência para troca de opiniões, todos os grupos executaram sem dificuldade os passos de *Upload*, *Reset* e *Transfer* para programar a carteta de demonstração.

A etapa das medições através do osciloscópio e do multímetro mostrou-se mais complexa, pois para além da pouca experiência na utilização daqueles instrumentos, os alunos sentiram também dificuldade em controlá-los através da *Internet* devido ao elevado tempo de resposta (e.g. na melhor das hipóteses o gráfico do osciloscópio remoto é actualizado de três em três segundos, enquanto que num osciloscópio local as actualizações são praticamente instantâneas).

Análise das entrevistas

Com o objectivo de compreender melhor as dificuldades encontradas pelos alunos, realizaram-se entrevistas no final de cada sessão experimental, baseadas num questionário elaborado por Terry DiPaolo [Paolo, 02b]. O questionário e respectivas respostas dadas pelos alunos encontram-se no anexo G, apresentando-se nos quatro parágrafos seguintes as conclusões obtidas na análise aos quatro grupos de questões que compõem o questionário:

a) Experiência anterior em termos de trabalho prático e caracterização desta componente de formação no âmbito da disciplina de Microprocessadores.
b) Motivação e caracterização do trabalho realizado durante as sessões experimentais utilizando o ambiente experimental do µC8051.
c) Enquadramento das tarefas remotas com a disciplina de Microprocessadores, e a respectiva aprendizagem adquirida.
d) Organização das tarefas realizadas durante as sessões experimentais.

Todos os alunos referiram que a disciplina de Microprocessadores apresenta mais de 50% de trabalho prático, considerando-o bom (2 grupos) ou muito bom (2 grupos). No que se refere à qualidade de um trabalho prático, os alunos consideraram-no como bom quando existe a possibilidade de completar experiências utilizando recursos laboratoriais de boa qualidade e, em oposição, classificaram-no como mau, quando os objectivos são pouco claros e os recursos se mostram insuficientes. Todos os alunos referiram como aspecto mais interessante na realização de trabalhos práticos a possibilidade de ver resultados reais, considerando como aspecto menos interessante a necessidade de recorrer à teoria para a sua realização, assim como o tempo que por vezes demora a realizá-lo. Por fim, consideraram-no bastante importante pois permite-lhes sedimentar ou compreender teorias, servindo ainda como um incentivo à aprendizagem.

Por unanimidade, os alunos elegeram como a mais interessante a tarefa respeitante à aplicação de sequências de teste às entradas do μC8051 e verificação de indicadores e formas de onda na saída. Um dos grupos considerou ainda como muito útil a utilização do CUseeMe na clarificação de dúvidas e na distribuição de tarefas e responsabilidades. As tarefas que menos gostaram foi corrigir o código e configurar a carta de demonstração, com a excepção do quarto grupo que referiu não ter encontrado nenhuma tarefa que gostasse menos. A correcção do código a par com a medição de valores nas ondas, utilizando os equipamentos remotos, foi a parte considerada mais complicada e difícil durante a realização da experiência, sendo a última justificada pelo facto dos alunos não terem qualquer experiência em controlar equipamentos através da *Internet,* sujeitos a um elevado tempo de resposta. De uma forma geral, as opiniões foram positivas, tendo dois grupos considerado não existirem tarefas frustrantes. Outro grupo, referiu-se à dificuldade em se adaptar ao controlo dos instrumentos pela *Internet*, enquanto o último grupo indicou haver necessidade de se realizar melhoramentos, sem no entanto os especificar.

Os alunos consideraram a experiência clara e apropriada ao conhecimento adquirido na disciplina de Microprocessadores. Importa referir que todos eles já tinham realizado esta mesma experiência num laboratório local, tendo alguns chegado a utilizar os instrumentos controlados agora remotamente (osciloscópio e multímetro). Nesta fase das entrevistas inferiu-se com satisfação que um dos grupos considerou que a utilização do ambiente experimental lhes permitiu compreender melhor o funcionamento do osciloscópio. Outro ponto evidenciado refere-se à facilidade com que os alunos estruturaram os procedimentos pedidos, dando sempre grande utilidade ao sistema de videoconferência. Embora algumas das questões colocadas estivessem desenquadradas do contexto da experiência em análise[50], verificou-se que todos os alunos consideraram que iniciativas deste género os ajudam a relacionar teoria com prática, tal como numa aula laboratorial. Por fim, recolheu-se uma opinião bastante interessante de

[50] O questionário foi criado para servir as validações finais de todas as instituições participantes no projecto europeu PEARL.

um dos grupos, referindo que esta experiência lhes deu uma visão do que pode ser feito pela *Internet*.

Todos os grupos indicaram existir tarefas que levaram mais tempo a realizar, com dois grupos a classificar como mais demorada a tarefa referente à detecção e correcção de erros nos ficheiros, e os outros dois à tarefa de medição de valores utilizando os instrumentos disponíveis. Neste contexto, um dos grupos não chegou a completar as tarefas planeadas, justificando-se com a falta de experiência na utilização do ambiente experimental usado no controlo do laboratório remoto. Embora não fosse necessária a utilização da WebCam que permite visualizar a carta de demonstração, dois dos grupos experimentaram-na, indicando o que uma imagem de maiores dimensões seria mais apropriada, podendo ser muito útil noutras experiências. Todos os alunos mostraram o seu agrado em trabalhar em grupo utilizando vi videoconferência e *chat*, referindo ter-lhes ajudado a realizar a experiência mais rapidamente, nomeadamente na medição de valores e na troca de ideias e opiniões para descobrir erros nos ficheiros. O papel do tutor foi considerado uma vantagem, nomeadamente na ajuda que este e poderá fornecer durante a realização das experiências e na resolução de problemas do próprio laboratório. No entanto, um dos grupos expressou como desvantagem a possibilidade do tutor verificar os erros que se cometem. Todos os grupos consideraram que a experimentação remota deveria ser vista como um complemento da experimentação local, servindo como forma de colmatar falta de recursos (e.g. salas e equipamentos). Sentindo-se confiantes de que estavam a trabalhar com equipamento real em vez de um ambiente de simulação, referiram que este tipo de experimentação é preferível devido às limitações existentes nos modelos de simulação. No entanto, importa referir que um dos grupos apontou como limitação deste laboratório, o facto deste só permitir a realização de uma experiência de cada vez. Por fim, concluiu-se que todos os alunos preferem realizar experiências localmente num laboratório, uma vez que o controlo directo dos equipamentos suprime a dificuldade evidenciada em controlá-los através da *Internet* onde ainda são notórios os elevados tempos de resposta.

6.4 Demonstração a docentes/investigadores da FEUP

Após as validações, realizou-se no dia 3 de Fevereiro de 2003 uma sessão pública de 45 minutos preparada por Ricardo Costa e orientada por Martins Ferreira, para a demonstração do trabalho desenvolvido (laboratório remoto implementado pela ILR, ambientes experimentais e sistema de gestão de acessos). A demonstração foi efectuada para os docentes e investigadores da FEUP descriminados na tabela 6.20, tendo como objectivo obter a sua opinião sobre a viabilidade pedagógica de se utilizar o laboratório desenvolvido no ensino.

Tabela 6.20: Elementos participantes na demonstração do projecto PEARL.

Nome	Categoria	Departamento
Joaquim Gabriel Magalhães Mendes	Assistente	Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (DEMGI)
Maria de Fátima de Castro Chousal	Professor Auxiliar	
Maria Teresa Braga Valente de Almeida Restivo	Investigador principal	
Armando Luís Sousa Araújo	Professor Auxiliar	Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC)
José Alberto Peixoto Machado da Silva	Professor Auxiliar	
José Alfredo Ribeiro da Silva Matos	Professor Catedrático	

Na primeira parte da demonstração foi apresentada uma cassete de vídeo sobre todas as experiências realizadas no projecto PEARL, sendo posteriormente apresentado por Ricardo Costa o trabalho desenvolvido na FEUP.

Na segunda parte decorreu uma sessão de discussão orientada por Martins Ferreira, versando especificamente a apresentação anterior e, de uma forma genérica, as vantagens/desvantagens da utilização da experimentação remota no ensino. Foram discutidos diferentes assuntos, todos eles centrando-se em defeitos e virtudes do laboratório remoto e na possibilidade de o utilizar no ensino. Embora todos tivessem considerado o laboratório interessante, apontou-se como principal defeito a impossibilidade de se comutar automaticamente entre as diferentes experiências, sendo sugerida a utilização de *multiplexadores* para o efeito e para a comutação dos instrumentos de medição em diferentes pontos das cartas de demonstração.

Do ponto de vista pedagógico o sistema foi considerado interessante, sendo apontado como uma novidade que motivaria os alunos à sua utilização para a realização de trabalhos laboratoriais. Para os professores foram apontadas mais exigências, nomeadamente na preparação de guiões, levando em conta os problemas que a *Internet* (ou *Intranet*) poderia impor (e.g. atrasos, dificuldade de estabelecer ligação, entre outros). Apontou-se ainda como fundamental a existência de um retorno visual do laboratório de forma a motivar e mostrar aos alunos de que realmente se encontravam a trabalhar com instrumentos reais e não com modelos.

Discutiu-se depois o interesse em utilizar a experimentação remota em detrimento da simulação. Todos consideraram a simulação como limitativa relativamente à experimentação remota, pois por melhor que se modele um fenómeno, o modelo criado nunca terá a capacidade de traduzir a imprevisíbilidade característica dos fenómenos reais. Neste pressuposto, consideraram a experimentação como um complemento da simulação, sendo ambas fundamentais ao ensino, e apontando a experimentação como útil para validar uma simulação. Ainda neste contexto, alertou-se para o facto de existirem fenómenos impossíveis, ou muito difíceis, de modelar, onde os custos envolvidos aconselham a experimentação remota em detrimento da simulação, quando se pre-

tende facilitar o acesso de alunos e professores a experiências práticas a partir de qualquer lugar e a qualquer hora.

Seguidamente, focaram-se aspectos referentes à diferença entre experimentar remotamente ou localmente, apontando que a experimentação remota não permite realizar exactamente todas as tarefas que se realizam localmente, nomeadamente a montagem dos circuitos electrónicos.

Relativamente ao trabalho em grupo teceram-se comentários genéricos, sendo apontadas muitas virtudes ao ambiente de colaboração CUseeMe, nomeadamente por permitir a diferentes utilizadores comunicarem em tempo real, de forma muito semelhante à que fariam num laboratório.

Por fim, apontaram-se algumas limitações aos custos envolvidos no desenvolvimento da ILR, indicando o sistema PXI como robusto mas bastante dispendioso que facilmente poderia ser substituído por outro, tal como o PCI (*Peripheral Component Interconnect*) [PCI, 03] utilizado nos vulgares computadores. Neste contexto, foi apontada como uma possível solução futura a utilização de novos sistemas [PicoWeb, 03] que permitem o desenvolvimento de aplicações simples e de baixo custo capazes de se interligar a uma rede *Internet/Intranet*.

6.5 Sumário

Neste capítulo relataram-se as validações intermédia e final efectuadas ao laboratório remoto implementado pela ILR, realizadas por alunos da FEUP durante os anos de 2001 e 2002, e a demonstração efectuada a docentes e investigadores da FEUP em 2003. Após a apresentação dos principais objectivos, as validações foram descritas separadamente, começando pelo processo envolvido na preparação das experiências, nomeadamente dos recursos utilizados (salas, câmaras e computadores) e na correcção de pormenores detectados antecipadamente. Numa segunda parte, descreveram-se as sessões experimentais realizadas em cada validação, a constituição dos grupos, salas utilizadas, computadores, entre outros. As validações concluíram-se com uma análise técnica e funcional: a primeira sobre o tráfego gerado nas sessões experimentais e a segunda baseada nos questionários preenchidos pelos alunos e nas opiniões recolhidas no âmbito das entrevistas. Por fim, concluiu-se o capítulo com a descrição das principais opiniões obtidas da demonstração realizada a docentes e investigadores da FEUP.

Capítulo 7

Conclusão

Uma vez que os actuais ambientes de ensino e aprendizagem via Web não contemplam os mecanismos necessários para a realização de trabalhos laboratoriais indispensáveis às ciências e engenharias, desenvolveu-se uma ILR para colmatar esta importante limitação. Para este efeito, disponibilizou-se uma bancada laboratorial, capaz de ser controlada à distância através de um computador ligado à *Internet/Intranet*, fornecendo aos alunos as ferramentas necessárias para a realização de trabalhos laboratoriais, num contexto semelhante ao que teria lugar num laboratório convencional.

Explorou-se o conceito de experimentação remota, fornecendo três ambientes experimentais acessíveis segundo o modelo *Thin Client*, capazes de controlar e monitorar remotamente, em tempo real, a instrumentação electrónica disponível na bancada. Em cada ambiente, disponibilizou-se um conjunto de interfaces para os utilizadores realizarem experiências remotamente, tendo sempre o cuidado de fornecer os meios necessários para recriar, tão aproximadamente quanto possível, as características de um laboratório convencional. Neste pressuposto e com o objectivo de permitir a realização de trabalhos em grupo, adoptou-se o ambiente de colaboração síncrona (videoconferência) CUseeMe, facilitando a interacção entre os vários utilizadores que acedem em simultâneo às experiências disponíveis, no intervalo de tempo reservado para o efeito. Disponibilizou-se também uma interface (que integra o CUseeMe), destinada a demonstrar a execução das experiências suportadas, ou o acesso em períodos já reservados por outros utilizadores (apenas com privilégios de observação, neste caso).

Aliando estas características ao serviço WWW, foi possível recriar um laboratório convencional através de um ambiente de experimentação remota, que para além da maior flexibilidade (em tempo e espaço) fornecida aos alunos, criou ainda um factor de motivação extra para a realização de trabalhos laboratoriais, conforme se concluiu das sessões de validação realizadas.

No entanto, durante a implementação das diferentes funcionalidades pretendidas, foram encontradas algumas dificuldades e limitações, cuja apresentação nesta dissertação facilita futuros desenvolvimentos de soluções que venham a ocorrer nesta área.

7.1 Principais dificuldades e limitações

Embora se recorresse a tecnologias de *software* adaptadas à maioria dos *browsers*, de forma a flexibilizar o acesso ao laboratório utilizando o mínimo de requisitos tecnológicos, os recursos necessários para recriar um laboratório convencional controlado via *Internet/Intranet,* trazem limitações que por vezes são incontornáveis.
Mesmo não sendo uma situação específica do laboratório, a ainda restrita largura de banda disponível à maioria dos utilizadores que utilizam *modem* convencional, apresentou-se como uma das limitações a considerar, nomeadamente no que respeita aos seguintes aspectos:

- Utilização do ambiente de colaboração síncrona CUseeMe para suportar a videoconferência. Este tipo de ambiente requer uma largura de banda superior a 100 Kbps para que as comunicações se realizem em boas condições, principalmente ao nível do áudio.
- Transferência das interfaces para os utilizadores. A utilização de um modelo *Thin Client* obriga a que as interfaces sejam descarregadas nos computadores dos utilizadores; uma vez que cada ambiente experimental ocupa cerca de 300 KBytes (4 interfaces), esta tarefa tornou-se por vezes lenta e um potencial factor de insucesso.

A adaptação dos ambientes experimentais a vários tipos de *browsers* (e.g. Internet Explorer, Netscape, etc.) foi uma tarefa complexa, nomeadamente quando se pretenderam salvaguardar questões de acessibilidade. Neste contexto, embora um modelo *Thin Client* apresente vantagens em termos de flexibilidade, o seu abandono é uma questão a ponderar em trabalhos futuros, visto permitir ultrapassar alguns dos problemas expostos.
A impossibilidade de se realizarem várias experiências em simultâneo, devido à existência de uma única plataforma física, aliada à impossibilidade de trocar automaticamente as ligações entre as cartas de instrumentação e as cartas de demonstração, requer a manutenção física da ILR e consequentemente a presença de um administrador ou técnico do laboratório. Desta forma, a autonomia do laboratório não é completamente assegurada, tendo o administrador (ou técnico) as tarefas de gerir clientes, controlar acessos, definir a experiência disponível e realizar a sua manutenção.

Uma vez que o laboratório é disponibilizado com o intuito de colmatar algumas das limitações do ensino tradicional, nomeadamente fornecendo flexibilidade em tempo e espaço a alunos e professores, uma outra limitação a apontar prende-se com a impossibilidade dos professores avaliarem os alunos em qualquer altura e a partir de qualquer lugar. Para além disso, é ainda de referir o facto do laboratório não apresentar qualquer mecanismo que salvaguarde possíveis falhas da rede informática ou da própria ILR, podendo pôr em causa a sua utilização.

Por fim, importa analisar uma das maiores limitações desta ILR, nomeadamente o seu custo. Se por um lado se procurou utilizar *hardware* robusto e versátil (sistema PXI), em conjunto com *software* flexível e independente da plataforma (tecnologia Java), ao mesmo tempo favoreceu-se a utilização de tecnologias disponíveis no mercado e de reconhecida qualidade de aceitação. Uma evidência desta situação reside na opção pelo *software* LabVIEW e AppletVIEW, que por um lado facilitou a tarefa de desenvolvimento das interfaces de controlo/monitorização remota, mas por outro apresenta custos que poderão ser limitativos, ao contrário das tecnologias Java que são gratuitas, com base nas quais se desenvolveu todo o sistema de gestão de acessos que permite a reserva do intervalo de tempo pretendido para realizar uma experiência e (excluindo a base de dados e o servidor HTTP, mas que facilmente poderiam ser substituídos por outros sistemas livres, de que são exemplo o SGBD MySQL [MySQL, 03] e o servidor Apache [Apache, 03]).

7.2 Perspectivas de desenvolvimento

A ILR que disponibiliza o laboratório e os ambientes experimentais usados para o seu controlo, poderia ter sido desenvolvida com base em diferentes tecnologias e fornecer outro tipo de funcionalidades. Neste pressuposto e com base nas limitações e dificuldades apontadas, sugerem-se nesta secção alguns melhoramentos e possíveis opções a implementar nesta ou noutra ILR que venha a ser desenvolvida.

Excluindo a limitação da largura de banda, que tenderá a ser ultrapassada no futuro, e a opção por um modelo *Thin Client,* que apresenta como grande vantagem a flexibilidade de acesso, outras opções poderiam suprimir as limitações encontradas, nomeadamente:

- Impossibilidade de ter várias experiências em simultâneo.
- Impossibilidade de seleccionar automaticamente as experiências disponíveis.
- Impossibilidade de controlar as ligações entre as cartas de demonstração e as cartas de instrumentação electrónica em cada experiência.

A existência de uma única ILR já por si evidencia a impossibilidade de controlar em tempo real mais do que uma experiência. Uma das soluções para colmatar esta limitação seria utilizar mais do que uma ILR, o que poderá ser inviável devido aos custos inerentes ao *software* e *hardware* utilizados, apresentando-se como alternativa (para o caso de duas ou mais experiências do mesmo tipo) o processamento das experiências em tempo diferido, sendo os resultados enviados para os utilizadores quando a experiência tiver sido realizada. Por outro lado, e conforme apontado, as duas últimas limitações (comutação entre experiências e interligação de cartas de demonstração com as cartas de instrumentação electrónica) obrigam à administração local. No entanto, uma possível solução a considerar em futuros desenvolvimentos, seria a utilização de um sistema de comutação automático, eventualmente controlado pela *Internet/Intranet*, utilizando uma matriz analógica (e.g. a carta PXI-2501 da National Instruments).

Sendo o laboratório remoto orientado para o ensino, as dificuldades referidas para a avaliação sugerem que se considere a criação de um sistema para monitorar as acções realizadas pelos alunos, através de registos temporários do estado das interfaces de controlo. Desta forma, um professor poderia em qualquer altura verificar todas as acções realizadas pelos alunos no decorrer de uma experiência.

Outra das questões importantes para a futura utilização do laboratório, prende-se com a versatilidade da apresentação das interfaces. Neste laboratório, a criação das interfaces vocacionou-se exclusivamente para uma única plataforma de acesso, nomeadamente um computador utilizando um *browser*, sem ter sido possível contemplar as desejáveis condições de acessibilidade. No entanto, a evolução tecnológica obriga a que os sistemas desenvolvidos no futuro tenham a capacidade de se adaptar a diferentes utilizadores (incluindo pessoas com necessidades especiais) e a diferentes plataformas baseadas na Web, onde se incluem *Palmtops*, TV interactiva, telemóveis e outras alternativas que possam surgir. Desta forma, sugere-se para futuras aplicações a utilização da tecnologia XML, como forma de facilitar a adaptação das interfaces a várias plataformas [W3C, 03b].

As opções adoptadas para o desenvolvimento da ILR não são inteiramente satisfatórias, no que se refere aos custos envolvidos. Se por um lado se procurou desenvolver um sistema robusto do ponto de vista físico (utilização do sistema PXI), por outro os custos envolvidos tornam desejáveis outras soluções, por exemplo um barramento PCI [PCI, 03] ou módulos PicoWeb [PicoWeb, 03]. No que se refere ao *software*, a escolha do LabVIEW, em conjunto com o AppletVIEW para controlo/monitorização remota, traduziu-se numa solução interessante, nomeadamente pela facilidade no que respeita ao desenvolvimento de aplicações. No entanto, o factor custo leva-nos a considerar como alternativa a utilização da tecnologia Java (*Servlets* e JSPs), utilizada para o desenvolvimento do sistema de gestão de acessos. Por outro lado, e se o custo

não for um problema, a opção por uma solução mais expedita sugere a a utilização da versão 6.1 do LabVIEW (não disponível na altura em que se desenvolveu o trabalho), que fornece mecanismos para criar directamente as interfaces Web (por ni não se basearem em Java torna-se necessário instalar um *Plug-In* fornecido pela Natiational Instruments no computador do utilizador).

Apesar das limitações identificadas, a ILR desenvolvida constitui um ponto de partida e uma referência para futuros desenvolvimentos na área da experimentação remota vocacionada para o ensino. Por outro lado, a experiência recolhida com a a sua implementação constitui uma ajuda valiosa para comparar alternativas que o futuro a curto prazo nos trará indubitavelmente neste domínio, quer sob o ponto de vistista tecnológico, quer no que respeita às questões de ordem económica, funcional e pedadagógica.

Referências

Alves G., 2000. *D2.1 Review of the Foundation Technologies, Technical al and Standard Issues*. Deliverable 2.1 PEARL, Setembro de 2000, 79 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL2.1.pdf).

Alves G. e Ferreira J., 2001a. *Experiment on Fundamentals of Digital Desesign Implementing a Simple State Machine*. Lab Script for the 2nd FEUP trials, A, Abril de 2001 (http://ptse.fe.up.pt/Rlab/trials/fpga.htm).

Alves G. e Ferreira J., 2001b. *Experimenting the IEEE 1149.4 Test Infrastructure - Lab Script for the 1st FEUP trials*, Novembro de 2001 (http://ptse.fe.up.pt/Rlab/trials/11494.htm).

Apache, 2000. *Tomcat Documentation.* Apache Software Foundation, 200000 (http://jakarta.apache.org/tomcat/tomcat-3.3-doc/).

Apache, 2002. *The Jakarta Project.* Apache Software Foundation, 2002 (http://jakarta.apache.org/tomcat/).

Apache, 2003. *Apache HTTP Server Project.* Apache Software Foundatioion, 2003 (http://httpd.apache.org/).

ARIADNE, 2003. *ARIADNE : Foundation for the European Knowledge Pool.* A European Association open to the World, for Knowledge Sharing and id Reuse, E-Learning for all, International Cooperation in Teaching, Serving the L Learning Citizen, 2003 (http://www.ariadne-eu.org/).

Avnet, 2003a. Avnet, Inc., 2003 (http://www.avnet.com/).

Avnet, 2003b, *Avnet Design Services.* Avnet, Inc., 2003 (http://www.ads.es.avnet.com).

Bischoff A. e Rohrig C., 2000. *Remote Experimentation in a Collaborative Virtual Environment.* Department of Electrical Engineering - Control Systems Group, Alemanha, 2000, 7 p. (http://www.fernuni-hagen.de/ICDE/D-2001/fernuniversitaetbeitraege/bischoff_roehrig/).

Bjarne A., Foss B., Malvig K. e Eikaas T., 2001. *Remote Experimentation - New Content in Distance Learning.* Department of Engineering Cybernetics, University of Science and Technology. Proceedings of the International Conference on Engineering Education, Noruega, Agosto de 2001, 7 p. (http://www.ineer.org/Events/ICEE2001/Proceedings/papers/292.pdf).

Britain S. e Liber O., 2000. *A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environments.* JISC Information Security Forum, 2000 (http://www.jtap.ac.uk/reports/htm/jtap-041.html).

BSCW, 2003. *BSCW Home Page.* Basic Support for Cooperative Work, 2003 (http://bscw.gmd.de/).

CAN, *2003. Controller Area Network.* Serial bus system especially suited to interconnect smart devices to build smart systems or sub-systems, 2003 (http://www.can-cia.de/can/).

CentraOne, 2003. *Centra Products - CentraOne.* Ambiente de ensino multimédia colaborativo, 2003 (http://www.centra.com/products/centraone.asp).

Chen S., Chen R., Ramakrishnan V., Hu S., Zhauang Y., Ko C. e Chen B., 2002. *Development of Remote Laboratory Experimentation through Internet.* Department of Electrical Engineering, National University of Singapore, 2002, 5 p. (http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab/papers/C-IEEE-hksrc99.pdf).

CICA, 2003. *Centro de Informática Prof. Correia de Araújo,* 2003 (http://www.fe.up.pt/cica3w/).

Clix, 2003. *Internet Service Provider da Clix*, 2003 (http://www.clix.pt).

Colwell C. e Cooper M., 2000. *D3.2 End-users needs report.* Deliverable 3.2 PEARL, Setembro de 2000, 23 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL3.2.pdf).

coMentor, 2003. *School of Human and Health Sciences, University of Huddersfield.* Ambiente de ensino colaborativo, 2003 (http://comentor.hud.ac.uk/).

CUseeMe, 2002. *CUseeMe video conferencing.* Quicknet Technologies, Inc., 2002 (http://www.cuseemeworld.com).

Dillenbourg P., Traum D. e Schneider D., 1996. *Grounding in Multi-modadal Task-Oriented Collaboration.* TECFA - educational technology, Setembro de 1996 (http://tecfa.unige.ch/tecfa/research/cscps/euroaied/murder-4.html#HEADING4-0).

Edutools, 2003. *Edutools - Providing decision-making tools for the E-D-U-U community*, 2003 (http://www.edutools.info/index.jsp).

Eduworks, 2003. *Standards.* Eduworks Corporation, 2003 (http://www.eduworks.com/standards/index.html).

Esche S., 2002. *Remote Experimentation - One Building Block in Online Engineering Education.* Stevens Institute of Technology. Proceedings of the 2002 ASEE/SEFI/TUB Colloquium, 2002, 9 p. (http://www.asee.org/conferences/international/papers/esche.pdf).

Esche S., Chassapis C., Nazalewicz J. e Hromin D., 2002. *A Scalable System Architecture for Remote Experimentation.* 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston, EUA, Novembro de 2002, 6 p. (http://fie.engrng.pitt.edu/fie2002/papers/1033.pdf).

Ferreira J. e Alves G., 2001. *PEARL 80C51 Script*, 2001 (http://ptse.fe.up.pt/Rlab/trials/8051.htm).

Ferreira J. e Santiago M., 1999. *Ensino e Aprendizagem na era Internet.* O Futuro da Internet - Edições Centro Atlântico, 1999. pp. 203-210.

Ferreira J., 2000. *Projecto para a Testabilidade.* FEUP, Janeiro de 2000, 155 p. (http://www.fe.up.pt/~jmf/dft/Downloads/dft.pdf).

Ferreira J., Costa R., Alves G. e Cooper M., 2002. *The PEARL digital electronics lab: Full Access to the Workbench via WEB.* Proceedings of the 13th EAEEIE conference, York, Inglaterra, Abril de 2002, 6p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/publications/eaeeie02.doc).

FirstClass, 2003. *FirstClass Division, Open Text Corporation.* Ambiente para partilha de mensagens na Web, 2003 (http://www.softarc.com/).

Freake S., Colwell C. e Di Paolo T., 2000. *D3.3 Curriculum Review and Institutional Issues.* Deliverable 3.3 PEARL, Outubro de 2000, 22 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL3.3.pdf).

Freedom, 2003. *JAWS for Windows overview.* Freedom Scientific Inc., 2003 (http://www.freedomscientific.com/fs_products/software_jaws.asp).

GAUTI, 2003. Gabinete de Apoio à Utilização das Tecnologias de Informação, 2003 (http://www.fe.up.pt/gauti/).

Giel B., 2000. *Running Pure Java Applications as NT Services.* KC Multimedia & Design Group, Inc., Agosto de 2000 (http://www.kcmultimedia.com/javaserv/).

Gillet D., Salzmann C. e Crisalle O., 1999. *Hands-on Laboratory Sessions in Distance Learning.* Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Suiça, Agosto de 1999, 15 p. (http://www.iam.unibe.ch/~rvs/events/nlt/talks/IA-EPFL.pdf).

Goepel, 2002. Boundary Scan Interface (API) - Boundy.dll for Win NT4.0 V1.9.93, 2002 (http://www.goepel.com).

Goepel, 2003. *Goepel electronic GmbH*, 2003 (http://www.goepel.com/).

Graziadei W., Gallagher S., Brown R. e Sasiadek J., 2002. *Building Asynchronous and Synchronous Teaching-Learning Environments: Exploring a Course/Classroom Management System Solution.* State University of New York, EUA, 2002 (http://horizon.unc.edu/projects/monograph/CD/Technological_Tools/Graziadei.asp).

Greenberg L., 2002. *LMS and LCMS: What's the Difference?*. Learning Circuits ASTD's Online Magazine All About e-learning, 2002 (http://www.learningcircuits.com/2002/dec2002/greenberg.htm).

Hamilton G. e Cattell R., 1996. *JDBC: A Java SQL API.* Sun Microsystems, Inc., Junho de 1996 (http://archive.eso.org/~amicol/docs/JDBC1.0-specs.pdf).

Hine N., Sergeant P., Amaral T., Donnelly A., Schäfer T. e Cooper M., 2002. *Interim Prototypes (for initial validation phase).* Deliverable D5.2/3 PEARL, Agosto de 2002, 24 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL5.2&5.3.pdf).

HorizonLive, 2003. *HorizonLive.com, Inc.* Ambiente de ensino multimédia para a Web, 2003 (http://www.horizonlive.com/).

IBM, 2003. *Home Page Reader.* IBM Accessibility Center, 2003 (http://www-3.ibm.com/able/hpr.html).

ICQ, 2003. *ICQ.com.* Ferramenta de comunicação síncrona por texto, 2003 (http://web.icq.com/).

IEEE Std. 1149.1, 2001. *IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture.* New York: IEEE Standards Board, Julho de 2001, 208 p. ISBN 0-7381-2945-3.

IEEE Std. 1149.4, 1999. *IEEE Standard for a Mixed Signal Test Bus.* New York: IEEE Standards Board, Junho de 1999, 78 p. ISBN 0-7381-1755-2.

IMS, 2003. *IMS Global Learning Consortium, Inc.*, 2003 (http://www.imsproject.org/).

Ipswitch, 2003. *WS_FTP File Transfer.* Ipswitch Inc., 2003 (http://www.ipswitch.com/products/file-transfer.html).

JISC, 2002. *MLEs and VLEs explained.* The Joint Information Systems Committee, Dezembro de 2002 (http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/bp1.pdf).

JISC, 2003. *The Joint Information Systems Committee.* 2003 (http://www.jisc.ac.uk/).

JspSmartUpload, 2003. *JspSmart - Productivity tools for the information age*, 2003 (http://www.jspsmart.com/).

Jupitermedia, 2002. *XML DTD Tutorial - DTD - Table of Contents.* Jupitermedia Corporation, 2002 (http://www.xmlfiles.com/dtd/).

Jupitermedia, 2003. *Datamation Product Watch: Content listing for Category Security - SubCategory Firewalls.* Jupitermedia Corporation, 2003 (http://products.datamation.com/security/firewalls/).

KEIL, 2003. *KEIL's PK51-EVAL.* Keil Software, Inc., 2003 (http://www.keil.com/product/).

Kerberos, 2003. *Kerberos: The Network Authentication Protocol*, 2003 (http://web.mit.edu/kerberos/www/).

LTSC, 2003. IEEE Learning Technology Standards Committee, 2003 (http://ltsc.ieee.org/).

Macromedia, 2003. *Macromedia Inc.*, 2003 (http://www.macromedia.com/).

MageLang, 1997. *JavaBeans Short Course.* MageLang Institute - Sun Microsystems, Inc., Outubro de 1997 (http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/Beans/JBShortCourse/).

Mason R., 1997. *The Globalisation of Education*, 1997 (http://iet.open.ac.uk/pp/r.d.mason/globalbook/references.html).

McAndrew P., 1998. *Analysis of user needs report, generic process*. Deliverable 2.1 versão 1.1 ASTEP, Maio de 1998, 52 p. (http://www.cee.hw.ac.uk/~astep/deliverables/d21v11.pdf).

Microsoft, 2002a. *Microsoft SQL Server Home.* Microsoft Corporation, Novembro 2002 (http://www.microsoft.com/sql/default.asp).

Microsoft, 2002b. *MSN Messenger for the Microsoft.* Microsoft Corporation, 2002 (http://messenger.msn.com/).

Microsoft, 2003a. *Microsoft System Information.* Microsoft Corporation, 2003 (http://www.generation.net/~hleboeuf/msinfo32.htm).

Microsoft, 2003b. *Web and Application Services.* Microsoft Corporation, 2003 (http://www.microsoft.com/windows2000/technologies/web/default.asp).

Microsoft, 2003c. *Internet Explorer 6*. Microsoft Corporation, 2003 (http://www.microsoft.com/windows/ie/default.asp).

Microsoft, 2003d. *Outlook.* Personal information management and communication solution, 2003 (http://www.microsoft.com/office/outlook/default.asp).

Minerva, 2000. *Internet e Direitos de Autor.* Núcleo UE minerva, 2000 (http://www.minerva.uevora.pt/internet-direitos/docprot.htm).

MySQL, 2003. *MySQL: The World's Most Popular Open Source Database*. MySQL AB, 2003 (http://www.mysql.com/).

Nacimiento, 2002. *AppletVIEW V2.1 software.* Nacimiento Software Corporation, 2002 (http://nacimiento.com/AppletVIEW/).

National, 2003a. *LabVIEW6i software*. National Instruments Corporation, 2003 (http://www.ni.com/).

National, 2003b. *National Instruments Corporation*, 2003 (http://www.ni.com/).

National, 2003c. *Creating a Windows NT Service Using LabVIEW*. National Instruments Corporation, 2003 (http://zone.ni.com/).

Netscape, 2003a. *JavaScript Central.* Netscape devedge, 2003 (http://devedge.netscape.com/central/javascript/).

Netscape, 2003b. *Netscape browser*, 2003 (http://www.netscape.com/).

Nunes J. e Chanian B., 2000. *Comparative Evaluation of Web Management Tools*. Conferência sobre Web Based Learning Environments - FEUP edições, Junho de 2000, pp. 31-34.

O'Leary R. e Ramsden A, 2002. *Virtual Learning Environments*. The Handbook for Economics Lecturers, Setembro de 2002, 22 p. (http://www.economics.ltsn.ac.uk/handbook/vle/).

O'Reilly, 2003. *XML.com: XML From the Inside Out.* O'Reilly & Associates, Inc., 2003 (http://www.xml.com/).

Paolo T., 2001. *D9.1 Plan of the Interim Validation*. Deliverable 9.1 PEARL, Setembro de 2001, 37 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL9.1.pdf).

Paolo T., 2002a. *D9.2 Report of the findings from the interim validation*. Deliverable 9.2 PEARL, Agosto de 2002, 30 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL9.2.pdf).

Paolo T., 2002b. *D9.3 Main Validation Plan*. Deliverable 9.3 PEARL, Dezembro de 2002, 22 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/D9.3.%20Main%20Validation%20Plan%20Final.doc).

PCI, 2003. *Peripheral Component Interconnect*. Instrumentation Bus developed by Intel, 2003 (http://www.pcguide.com/ref/mbsys/buses/types/pci.htm).

Philips, 1993. *RAM loader program for 80C51 family applications.* Philips Semiconductors, em Application Notes for 80C51-Based 8-Bit Microcontrollers - AN440, Junho de 1993, pp. 2495-2505 (http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/applicationnotes/AN440.pdf).

PicoWeb, 2003. *PicoWeb Products.* Fully functional Ethernet-based programmable Web server resident on a printed-circuit board, 2003 (http://www.picoweb.net/products.html).

PXI, 2003. *PCI eXtensions for Instrumentation.* PXI Systems Alliance, 2003 (http://www.pxisa.org/).

Rohrig C. e Jochheim A., 1999. *The Virtual Lab for Controlling Real Experiments via Internet.* Department of Electrical Engineering University of Hagen, 1999, 6 p. (http://prt.fernuni-hagen.de/virtlab/cacsd99/).

Salzmann C., 1999. *Remote experiment over the Internet.* A thesis presented to the graduate school of the university of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Science, Dezembro de 1999, 100 p. (http://iawww.epfl.ch/Staff/Christophe.Salzmann/MS_HTML/ChMS.html).

SAX, 2003. *Saxproject.* Simple API for XML, 2003 (http://www.saxproject.org/).

Scanlon E., Morris E. e Di Paolo T., 2000. *D3.1 Review of the pedagogy underlying the PEARL approach.* Deliverable 3.1 PEARL, Setembro de 2000, 33 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL3.1.pdf).

SCORM, 2003. Advanced Distributed Learning (ADL) - SCORM Future. Web-based learning architecture, 2003 (http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=scormfuture&cfid=198262&cftoken=89606650).

Sergeant P. e Hine N., 2001. *D5.1 System wide design.* Deliverable D5.2/3 PEARL, Junho de 2001, 14 p. (http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/deliverables/PEARL5.1.pdf).

Shachor G., 2003a. *Tomcat IIS HowTo.* The Jakarta Site - Apache Tomcat, 2003 (http://jakarta.apache.org/tomcat/tomcat-3.3-doc/tomcat-iis-howto.html).

Shachor G., 2003b. *Working with the Jakarta NT Service.* The Jakarta Site - Apache Tomcat, 2003 (http://jakarta.apache.org/tomcat/tomcat-3.2-doc/NT-Service-howto.html).

Sharpe R., 2002. *"Just what is SMB?"*, 2002 (http://samba.anu.edu.au/cifs/docs/what-is-smb.html).

Skinner B. F., 1954. *The Science of Learning and The Art of Teaching.* Hardward Educational Review Vol. XXIV, nº 2, Primavera de 1954, pp. 86-97.

SourceForge, 2003. *Project: JMidoriService (Java Midori Service).* SourceForge.net, 2003 (http://sourceforge.net/projects/jmidoriservice/) ou (http://www01.u-page.so-net.ne.jp/db3/midori/JMidoriService.html).

SpyCam, 2003. *SpyCam - webcam software by Bill Oatman*, SpyCam v6.32., 2003 (http://home.rochester.rr.com/woatman/spycam/).

SST, 2003. *Port I/O Driver.* Scientific Software Tools Inc., 2003 (http://www.driverlinx.com/).

Sun, 1998. *JDBC Data Access API.* Sun Microsystems, Inc., 1998 (http://java.sun.com/products/jdbc/).

Sun, 2000. *JavaServer Pages Fundamentals Short Course.* Sun Microsystems, Inc. - jGuru, 2000 (http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/JSPIntro/).

Sun, 2002a. *JAVA Servlet Technology.* Sun Microsystems, Inc., 2002 (http://java.sun.com/products/servlet/index.html).

Sun, 2002b. *Developing XML Solutions with JavaServer Pages Technology.* Sun Microsystems, Inc., 2002 (http://java.sun.com/products/jsp/html/JSPXML.html).

Sun, 2002c. *JavaMail API.* Sun Microsystems, Inc., Junho de 2002 (http://java.sun.com/products/javamail/).

Sun, 2003. *The Source for Java Technology.* Sun Microsystems, Inc., 2003 (http://java.sun.com/).

TechDis, 2003. *TechDis Homepage.* Provides resources for disabled staff and students in higher and further education, 2003 (http://www.techdis.ac.uk/index.html).

TopClass, 2003. *e-Learning from WBT Systems: eLearning LCMS & LMS solutions for Online Learning and Web Based Training*, 2003 (http://www.wbtsystems.com/).

Trochim W., 2000. *Likert Scaling*, 2000 (http://trochim.human.cornell.edu/kb/scallik.htm).

W3C, 1999. *Web Content Accessibility Guidelines 1.0.* W3C, Maio de 1999 (http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/).

W3C, 2003a. *HyperText Markup Language Home Page.* W3C HTML Home Page, 2003 (http://www.w3.org/MarkUp/).

W3C, 2003b. *Web Accessibility Initiative (WAI) Home Page*, 2003 (http://www.w3.org/WAI/).

W3C, 2003c. *The Extensible Stylesheet Language (XSL).* W3C, 2003 (http://www.w3.org/Style/XSL/).

W3C, 2003d. *W3C World Wide Web Consortium*, 2003 (http://www.w3.org/).

W3C, 2003e. *W3C Document Object Model.* W3C, 2003 (http://www.w3.org/DOM/).

W3C, 2003f. *W3C XML Schemas*, 2003 (http://www.w3.org/XML/Schema).

W3Schools, 2003. *W3Schools Online Web Tutorials.* W3Schools, 2003 (http://www.w3schools.com).

Watchfire, 2003. *Bobby Watchfire Corporation.* Free service to test web pages and help expose and repair barriers to accessibility and encourage compliance with existing accessibility guidelines, 2003 (http://bobby.watchfire.com/bobby/html/en/index.jsp).

WebCT, 2003. *WebCT.com.* Web Course Tool, 2003 (http://www.webct.com/).

WildPackets, 2003. *EtherPeek for Windows.* WildPackets, Inc., 2003 (http://www.wildpackets.com/products/etherpeek).

Williams D., 2002. *E-learning Fundamentals & Glossary*. Human Capital Solutions, 2002. 35 p. (http://www.humancapitalmanagement.biz/).

Xilinx, 2002a. *Virtex FPGA Series Configuration and Readback. XAPP138 (v2.7).* Xilinx Inc., Julho de 2002 (http://support.xilinx.com/xapp/xapp138.pdf).

Xilinx, 2002b. *Configuration and Readback of Virtex FPGAs Using (JTAG) Boundary-Scan.* Xilinx Inc., Abril de 2002 (http://support.xilinx.com/xapp/xapp139.pdf).

Xilinx, 2003. *Xilinx Inc.*, 2003 (http://www.xilinx.com).

Yahoo, 2003. *Yahoo! Messenger.* Yahoo! Inc., 2003 (http://messenger.yahoo.com/).

Anexo A

Processo de construção das interfaces Web

Este anexo descreve o processo utilizado na construção das interfaces Web de controlo e observação que interagem com o laboratório remoto. Todas as figuras disponibilizadas neste anexo referem-se às interfaces construídas para controlo do gerador de funções. No entanto, as restantes, descritas no capítulo 4, utilizam o mesmo processo de desenvolvimento, sendo a única excepção a interface da WebCam e o painel para visualização de sinais de entrada do osciloscópio, que utilizam uma *Applet* totalmente desenvolvida na linguagem de programação Java.

Etapas seguidas

O desenvolvimento de cada interface Web recorre ao pacote de *software* AppletVIEW de forma a controlar os VIs criados com o LabVIEW residentes no sistema PXI. Todo este processo de desenvolvimento contempla três etapas:

1. Desenvolvimento dos VIs para controlar o sistema PXI.
2. Desenvolvimento das interfaces Web para controlo remoto dos VIs.
3. Estabelecimento de comunicação entre as interfaces e os correspondentes VIs.

Desenvolvimento dos VIs

A primeira etapa refere-se à construção do VI para controlo local do sistema PXI, nomeadamente as cartas referentes aos instrumentos de teste e medição e as portas do controlador PXI. Toda a programação foi efectuada com base no pacote de *software* LabVIEW, que contempla dois painéis: um de programação gráfica, onde se desenvolveu todo o código, e um de controlo, onde se desenvolveu uma interface local. A

figura A.1 exemplifica os painéis de programação do LabVIEW usados para controlo do gerador de funções.

Tendo o utilizador remoto duas possibilidades de interacção com o laboratório (controlo ou observação), foi necessário desenvolver um VI com dois painéis idênticos, conforme ilustra a figura A.2. O primeiro permite efectuar o controlo do laboratório, nomeadamente do gerador de funções, enquanto o segundo, localizado na parte inferior da imagem, não permite qualquer controlo, sendo constantemente actualizado mediante as alterações efectuadas em cada um dos controlos do primeiro painel.

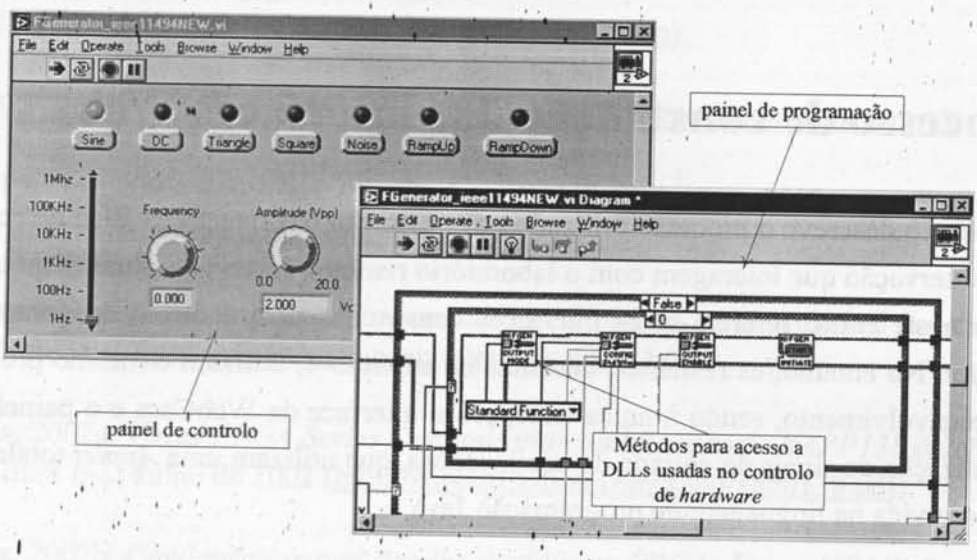


Figura A.1: Painéis utilizados na programação de um VI.

Figura A.2: Painéis do VI desenvolvido para controlo e observação do gerador de funções.

Desenvolvimento das interfaces Web

Uma vez que o VI desenvolvido só permite controlo local, houve a necessidade de construir as respectivas interfaces Web utilizando o *software* AppletVIEW, conforme ilustra a figura A.3.

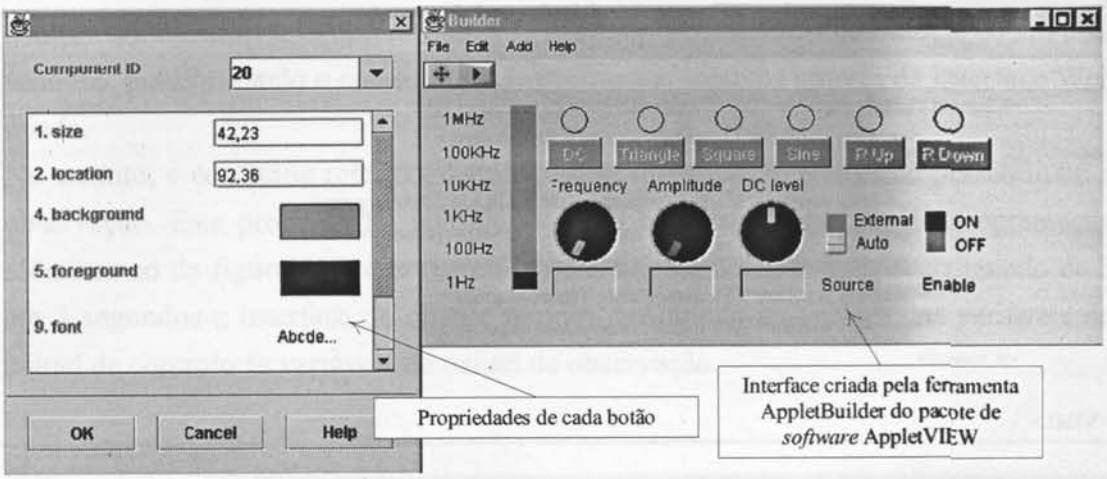


Figura A.3: Interface criada com a ferramenta AppletBuilder do pacote de *software* AppletVIEW.

A construção desta interface baseou-se na ferramenta AppletBuilder, inserida no pacote de *software* AppletVIEW, que permite criar interfaces Web através de um conjunto de controlos/indicadores que associados a um determinado identificador comunicam com o VI correspondente. Esta interface é representada por um ficheiro VIML, criado automaticamente pelo AppletVIEW, ilustrado no quadro seguinte.

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE VIML SYSTEM "http://nacimiento.com/VIML/viml-1-0.dtd">
<VIML>
<Name></Name>
<SerialNumber>2</SerialNumber>
<Types>
<registry name="original" source="AppletViewui.jar">com.nacimiento.AppletView.VIRegistry</registry>
<registry name="special" source="AppletViewui-special.jar">com.nacimiento.AppletView.special.VIRegistry</registry>
</Types>
        <Channel class="applet" id="0">
                <property number="1"  name="size">1024,711</property>
                <property number="4"  name="background">192,192,192</property>
                <property number="5"  name="foreground">0,0,0</property>
                <property number="17"  name="appletID">2</property>
                <property number="18"  name="applet_ID">2</property>
                <property number="22"  name="componentCount">0</property>
```

```
                <property number="31" name="colorScheme">0</property>
        </Channel>

        <Channel class="label" id="2501" name="2501">
                <property number="1" name="size">56,30</property>
                <property number="2" name="location">3,5</property>
                <property number="4" name="background">192,192,192</property>
                <property number="5" name="foreground">0,0,0</property>
(...)
        <property number="21" name="marginHeight">3</property>
                <property number="22" name="pixelLineSpacing">0</property>
        </Channel>

        <Channel class="switch" id="2018" name="2018">
                <property number="1" name="size">15,30</property>
                <property number="2" name="location">373,93</property>
                <property number="4" name="background">128,128,128</property>
                <property number="5" name="foreground">255,0,0</property>
                <property number="9" name="font">Dialog,12,0</property>
                <property number="17" name="state">true</property>
                <property number="18" name="orientation">true</property>
        </Channel>

</VIML>
```

Comunicação entre os VIs e as interfaces Web

A figura A.4 ilustra um excerto do código implementado no VI para a comunicação com a interface criada no AppletVIEW.

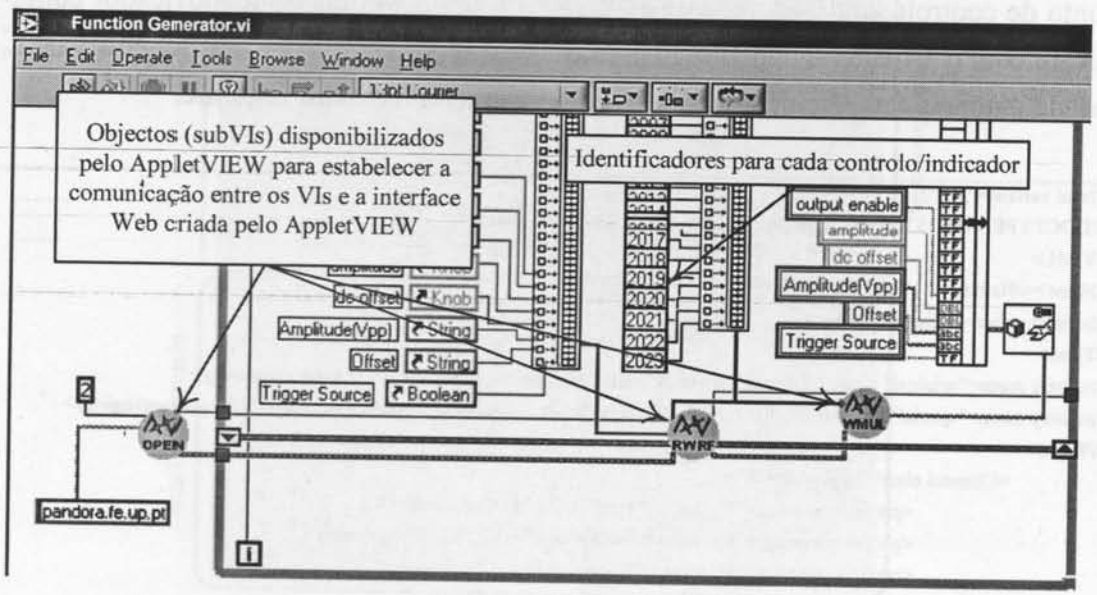


Figura A.4: Código implementado no VI para estabelecer a comunicação com uma interface Web criada a partir do AppletVIEW.

O processo de comunicação entre o VI e a interface Web é efectuado com base num conjunto de subVIs disponibilizados pelo AppletVIEW. O primeiro subVI (*OPEN*) permite abrir uma ligação (*socket*) com a *Applet* criada pelo AppletVIEW de identificador 2 localizada no servidor *pandora.fe.up.pt*. Os subVIs *RWRF* e *WMUL* permitem ler e actualizar a interface Web localizada no servidor remoto. Estes subVIs são ligados aos identificadores dos controlos/identificadores presentes na interface Web, através da construção de matrizes constituídas pelos identificadores e as variáveis dos controlos/indicadores. O tipo de conexão ilustrado permite uma comunicação em dois sentidos, possibilitando o controlo dos instrumentos remotos através da interface Web criada.

No entanto, e conforme referido, foram criadas interfaces Web que só possibilitam a observação. Este processo foi conseguido com base em diagramas de programação idênticos ao da figura A.5, que correm paralelamente numa rotina, actualizando de 3 em 3 segundos a interface do cliente remoto, atribuindo os valores das variáveis do painel de controlo às variáveis do painel de observação.

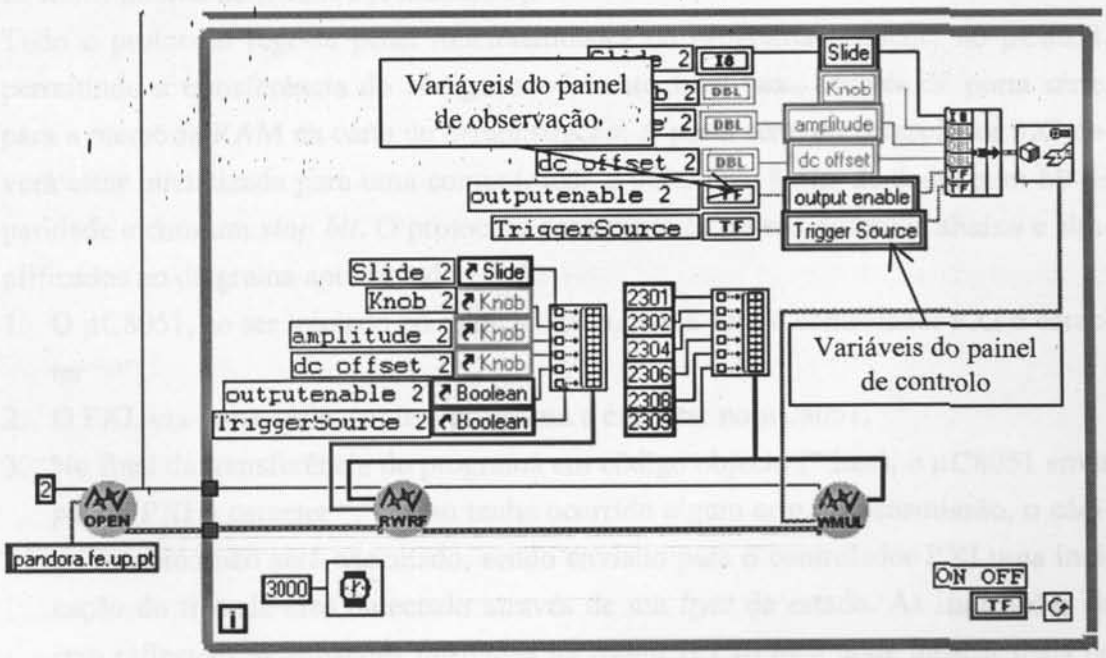


Figura A.5: Código implementado no VI para estabelecer a comunicação com uma interface Web utilizada para observação.

Cada uma das variáveis desta figura corresponde ao painel de observação visível na figura A.2 apresentada.

Anexo B

Transferência do código objecto para a carta de demonstração com o µC8051

Neste anexo apresentam-se as principais características do protocolo de comunicação estabelecido entre a porta série do controlador PXI e o programa monitor residente na EPROM interna do µC8051 [Philips, 93].

Todo o protocolo rege-se pelas funcionalidades do programa residente no µC8051, permitindo a transferência do código em formato Intel hex., através da porta série, para a memória RAM da carta de demonstração. A porta série do controlador PXI deverá estar inicializada para uma comunicação a 9600 bps, 8 *bits* de dados sem *bit* de paridade e com um *stop bit*. O protocolo contempla os passos descritos abaixo e simplificados no diagrama apresentado.

1. O µC8051, ao ser iniciado ou reinicializado, envia para o controlador PXI o caracter "=".
2. O PXI, via porta série, envia o programa a executar no µC8051.
3. No final da transferência do programa em código objecto (*.hex), o µC8051 envia para o PXI o caracter ":". Caso tenha ocorrido algum erro de transmissão, o código recebido não será executado, sendo enviado para o controlador PXI uma indicação do tipo de erro detectado através de um *byte* de estado. As indicações de erro reflectem as situações ilustradas na figura B.1 (o *byte* pode indicar mais do que um erro em simultâneo, já que um erro corresponde a um único *bit* em estado lógico '1'):

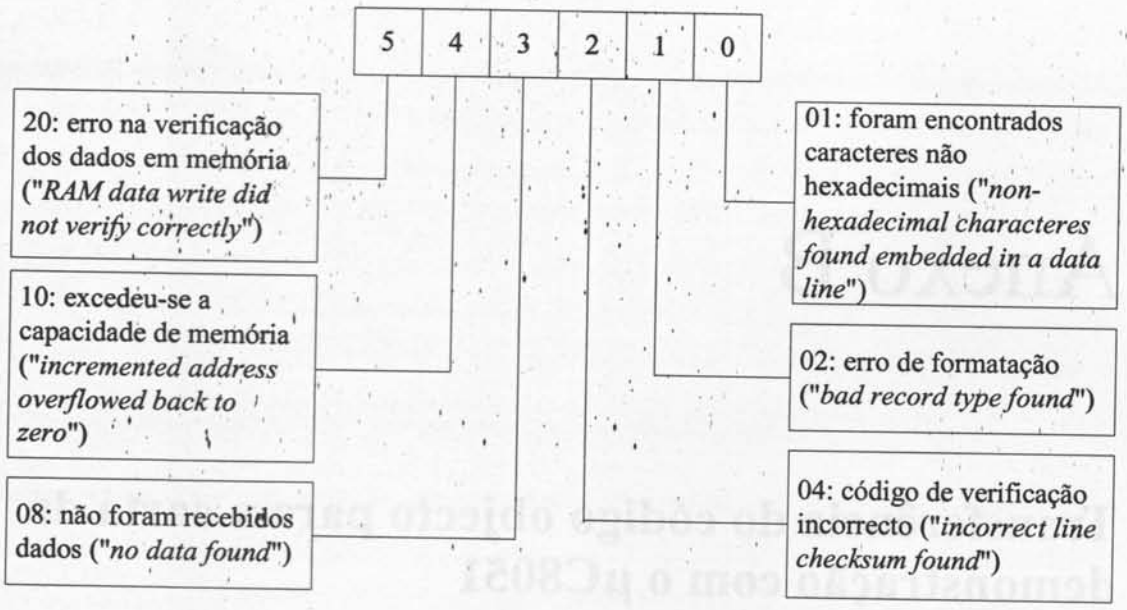


Figura B.1: Erros na transferência do código objecto para a carta de demonstração com o µC8051.

4. Se ocorrer algum erro de transferência, o processo pode ser reinicializado pelo envio de um caracter "ESC". Até este caracter ser recebido, o µC8051 não pode receber quaisquer outros dados, devolvendo sempre o caracter "?" por cada tentativa de envio iniciada no PXI.
5. Após a recepção correcta do ficheiro com o código objecto, o µC8051 enviará para o controlador PXI uma mensagem contendo um código de verificação entre parêntesis, resultante da soma de todos os *bytes* de dados recebidos truncada para 16 *bits* (*checksum*).
6. O controlador PXI poderá então indicar o endereço a partir do qual se deve iniciar a execução do programa, enviando o caracter "/" seguido pelo endereço 8000 em hexadecimal ("/8000<CR>")[51].
7. Se o endereço for aceite, o µC8051 devolverá para o controlador PXI o caracter "@" e iniciará a execução do programa a partir do endereço indicado[52].

A figura B.2 descreve o processo implementado na comunicação entre o programa monitor e o VI utilizado para o envio do código objecto para a carta de demonstração.

[51] Este endereço corresponde à localização do primeiro *byte* de código do programa desenvolvido pelo utilizador. Deduz-se assim, que na criação do programa o utilizador deverá definir como endereço inicial o 8000 hex.

[52] No CD anexo a esta dissertação é disponibilizado o código do programa monitor a carregar na EPROM interna do µC8051.

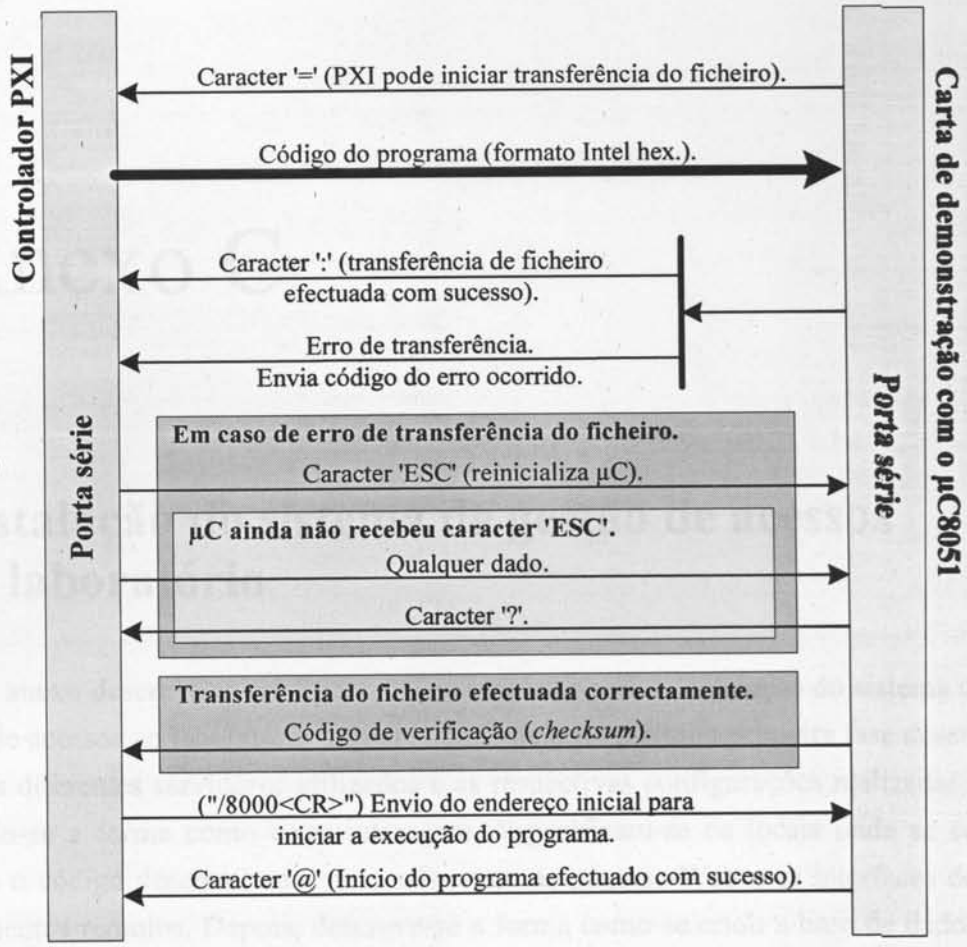


Figura B.2: Etapas na comunicação PXI/carta de demonstração durante a transferência do código objecto para programação do µC8051.

Anexo C

Instalação do sistema de gestão de acessos ao laboratório

Este anexo descreve as configurações necessárias para a instalação do sistema de gestão de acessos ao laboratório implementado pela ILR. Numa primeira fase descrevem-se os diferentes servidores utilizados e as respectivas configurações realizadas, analisando-se a forma como estes interagem. Especificam-se os locais onde se colocou todo o código desenvolvido, nomeadamente as páginas Web e as interfaces dos instrumentos remotos. Depois, descreve-se a forma como se criou a base de dados utilizada para suporte de informação persistente, bem como as configurações efectuadas no SGBD, nomeadamente a forma como se configura o *driver* ODBC usado no acesso à base de dados. Por fim, faz-se a descrição das configurações efectuadas em algumas das tabelas da base de dados para definição do administrador do sistema e do URL base do laboratório.

Implementação

A implementação de um sistema vocacionado para a Web requer a utilização de pelo menos um servidor HTTP capaz de satisfazer os pedidos remotos de páginas Web. No entanto, a utilização neste trabalho das tecnologias JSP [Sun, 00] e *Servlets* [Sun, 02a], residentes no servidor, obrigaram à utilização do servidor Tomcat [Apache, 00] e [Apache, 02].

Embora o Tomcat consiga satisfazer pedidos HTTP dos clientes remotos, este é específico para a interpretação das tecnologias descritas, levando a que o seu desempenho fique um pouco debilitado quando comparado com servidores vocacionados para servir pedidos de páginas estáticas. Deste modo, e com o objectivo de obter maiores ín-

dices de velocidade ao servir pedidos de clientes remotos, utilizou-se o servidor HTTP IIS [Microsoft, 03b] com o Tomcat integrado. A integração destes dois servidores; Tomcat para a interpretação de páginas dinâmicas (tecnologias JSP e *Servlets*), e o IIS para servir e receber pedidos do exterior, obrigou à utilização de uma biblioteca dinâmica (*isapi_redirect.dll*) [Shachor, 03a], permitindo o redireccionamento para o servidor Tomcat de todos os pedidos efectuados ao IIS, baseados em JSP, ou em situações em que as *Applets* necessitem comunicar com as *Servlets* nele localizadas. Uma vez interpretados os pedidos, serão entregues páginas estáticas aos clientes no caso de serem efectuados por JSPs, ou simples respostas no caso de terem origem em *Applets*. Todo este processo, embora complexo, garante maiores índices de velocidade, assim como uma maior versatilidade na configuração dos serviços Web pelo IIS.

Além destes dois servidores, importa chamar a atenção para a utilização do servidor AppletVIEW [Nacimiento, 02] que teve a função de interpretar as interfaces desenvolvidas para controlo da instrumentação remota. O AppletVIEW disponibiliza dois serviços: servidor de instrumentos virtuais e servidor HTTP. O primeiro teve por objectivo estabelecer a conexão entre as interfaces e os VIs desenvolvidos em LabVIEW [National, 03a]. O segundo serviria para disponibilizar as páginas HTML juntamente com as referidas interfaces (*Applets*) aos clientes. No entanto, esta segunda funcionalidade foi efectuada pelo servidor IIS, o que obrigou às seguintes configurações:

1. Criou-se o directório /AppletVIEW/ no topo do directório Web do IIS (também se podia ter definido o URL /AppletVIEW/ para o mesmo directório e colocar aí os ficheiros com extensão JAR).
2. Colocaram-se os ficheiros HTML que contêm as *Applets*, criadas a partir do AppletVIEW, e os correspondentes ficheiros VIML no mesmo directório utilizado no servidor IIS.
3. Incluíram-se as *Applets* nas páginas Web conforme o exemplo seguinte, com o *codebase=/AppletVIEW/* e garantiu-se que o nome do ficheiro VIML não apresentava nenhum caminho adicional além do seu nome (*value="programFPGA.viml"*).

```
(...)<applet>
  code="com.nacimiento.appletview.applet"
  codebase="/AppletVIEW/"
  archive="AppletVIEW.jar,AppletVIEWui.jar"
  width="313" height="170">
<param name="ConfigFile" value="programFPGA.viml">
<param name="DataPort" value="4749">
</applet>(...)
```

Na figura C.1 ilustram-se os servidores utilizados na implementação do sistema remoto e a localização das aplicações desenvolvidas.

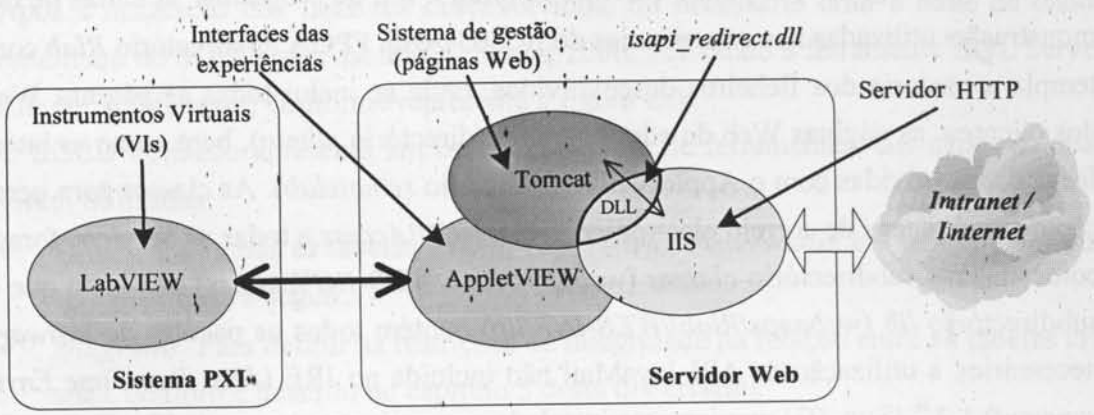


Figura C.1: Arquitectura usada pelo sistema de gestão de acessos ao laboratório remoto.

Todos os servidores (Tomcat, AppletVIEW e IIS) foram instalados como serviços NT sobre o sistema operativo Windows NT 4.0, o que garante que ao ligar o servidor todos arranquem automaticamente. Só os VIs e o próprio LabVIEW é que requerem o arranque manual, uma vez que a sua utilização como serviços NT requereria VIs executáveis, só possíveis de se criarem utilizando o pacote de *software* Application Builder[53] (não disponível na versão usada LabVIEW Base Package) conforme descreve o documento disponível em [National, 03c].

Enquanto os servidores IIS e o Tomcat foram colocados a correr como um serviço NT sem necessidade de instalação de *software* adicional[54], o servidor AppletVIEW, tratando-se de uma aplicação em Java, necessitou da utilização da aplicação *JmidoriService*[55] [SourceForge, 03].

Uma vez instalados e configurados, os servidores ficaram disponíveis para receber e fornecer pedidos do exterior, tendo-se colocado os ficheiros desenvolvidos no servidor Tomcat, segundo a estrutura da figura C.2.

Todo o projecto, onde se inclui as páginas Web desenvolvidas com base na tecnologia JSP e os ficheiros das interfaces individuais criadas no AppletVIEW (ficheiros

[53] Este pacote de *software* poderá ser adquirido em separado para as versões LabVIEW Full Development System e LabVIEW Base Package, no entanto já se encontra disponível na versão LabVIEW Professional Development System.

[54] Para colocar o Tomcat a correr como um serviço, sugere-se a consulta do documento disponível em [Shachor, 03b].

[55] Durante a utilização deste *software*, e por sugestão da Nacimiento, colocou-se o ficheiro AppletVIEW.zip no mesmo directório do ficheiro JMdSvc.jar e alterou-se a *classpath* do JRE (*Java Run-Time Environment*), instalado no servidor, para AppletVIEW.zip. Outro *software* sugerido para colocar aplicações Java a correrem como serviços NT pode ser consultado em [Giel, 00].

VIML), foram colocados no directório *webapps* (directórios *8051, FPGA e Rlab*). Os directórios 8051 e FPGA contêm todo o código que permite ao utilizador o envio dos ficheiros de programação para o servidor remoto, a fim de programar as cartas de demonstração utilizadas nas experiências do μC8051 e da FPGA. O directório *Rlab* contempla a maioria dos ficheiros desenvolvidos, onde se inclui todas as páginas Web dos clientes, as páginas Web do administrador (directório *admin*), bem como as interfaces desenvolvidas com o AppletVIEW (directório *remotelab*). As classes para geração de mensagens de correio electrónico, a classe *DBAccess* e todas as *Servlets,* foram colocadas no subdirectório *classes* (*webapps/Rlab/WEB-INF/classes*) enquanto que o subdirectório *lib* (*webapps/Rlab//WEB-INF/lib*) contém todos os pacotes de *software* necessários à utilização da API JavaMail não incluída no JRE (*Java Run-Time Environment*) 1.3[56] [Sun, 03] previamente instalado em conjunto com o servidor Tomcat.

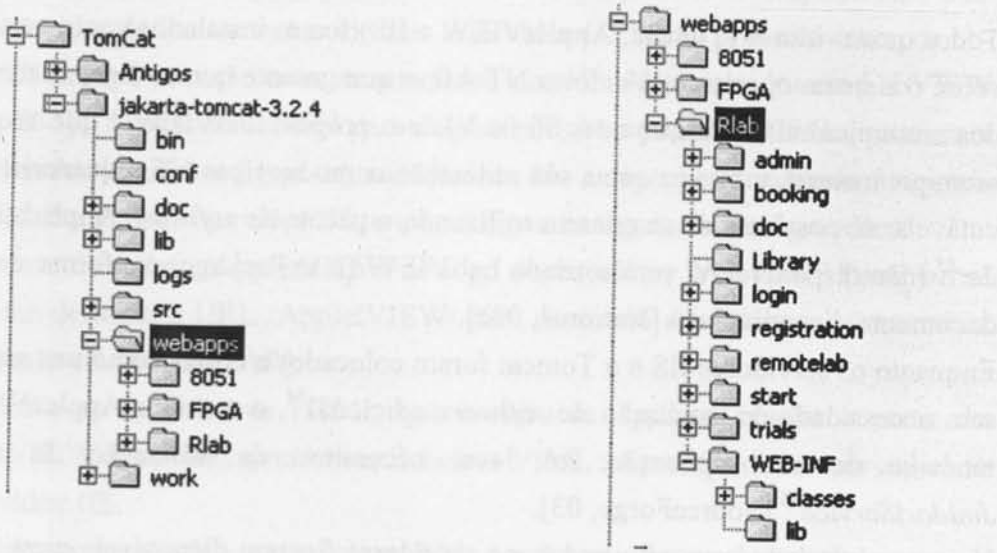


Figura C.2: Estrutura de directórios referente à instalação do sistema de gestão de acessos.

[56] A versão 1.4 do JRE já inclui esta API, não obrigando à sua inclusão no directório *lib*.

Base de Dados (desenvolvimento e configuração de acesso)

Após a instalação dos ficheiros desenvolvidos, foi necessário criar a base de dados *remotelab* no SGBD Microsoft SQL Server 2000, utilizando a ferramenta SQL Server Enterprise Manager, conforme representa a figura C.3.

O SGBD utilizado apresenta um diverso conjunto de ferramentas, das quais só duas foram utilizadas:

- *Tables*. Para criar as tabelas *Client*, *Experiment*, *Reservation* e a tabela *Conf* que será explicada a seguir.
- *Diagrams*. Para definir as restrições de integridade na relação entre as tabelas criadas, conforme descrito no capítulo 5 desta dissertação.

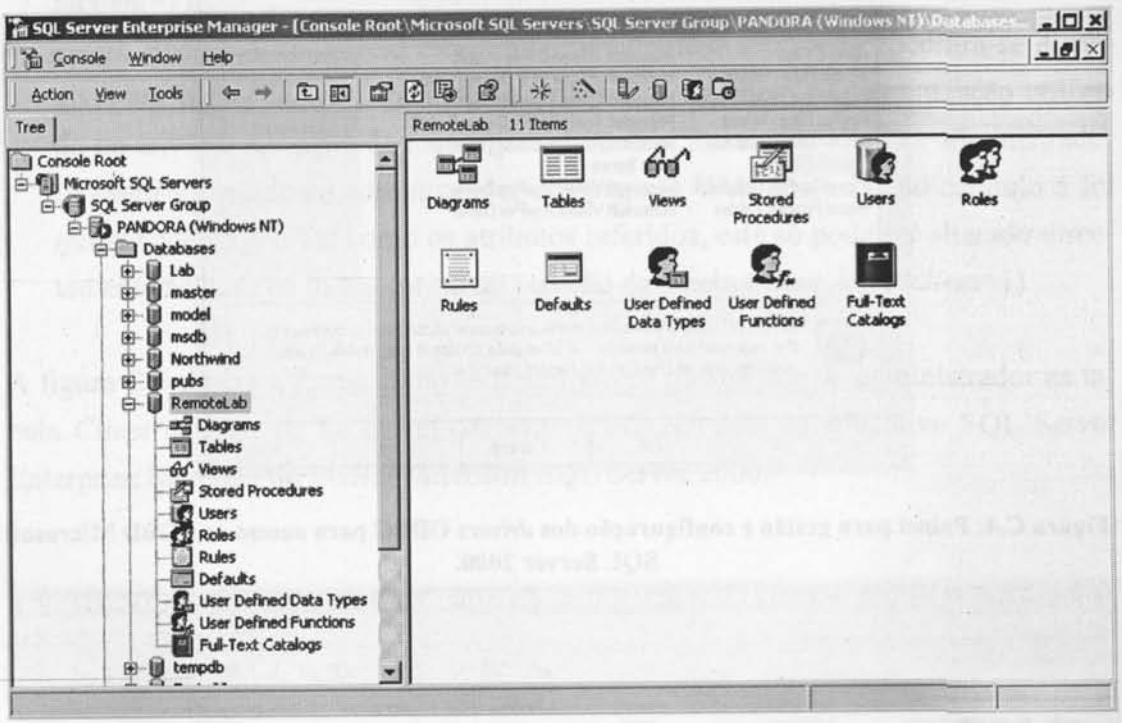


Figura C.3: Utilização do SQL Server Enterprise Manager na criação da base de dados *remotelab*.

Para o acesso aos dados das diferentes tabelas utilizou-se a *bridge* JDBC-ODBC incluída no JRE 1.3, sem necessidade de instalar *software* adicional no servidor[57]. No entanto, antes da sua utilização foi necessário configurar o *driver* ODBC utilizando as ferramentas de administração disponíveis no sistema operativo Windows (*Control Panel > Administrative Tools*). Acedendo a *Data Sources* foi conseguida a configuração do *driver* ODBC, através da definição do nome da base de dados a conectar e do local onde esta se encontrava. Esta configuração é ilustrada pela figura C.4 representando o painel da ferramenta de administração disponibilizada pelo sistema operativo Windows NT 4.0.

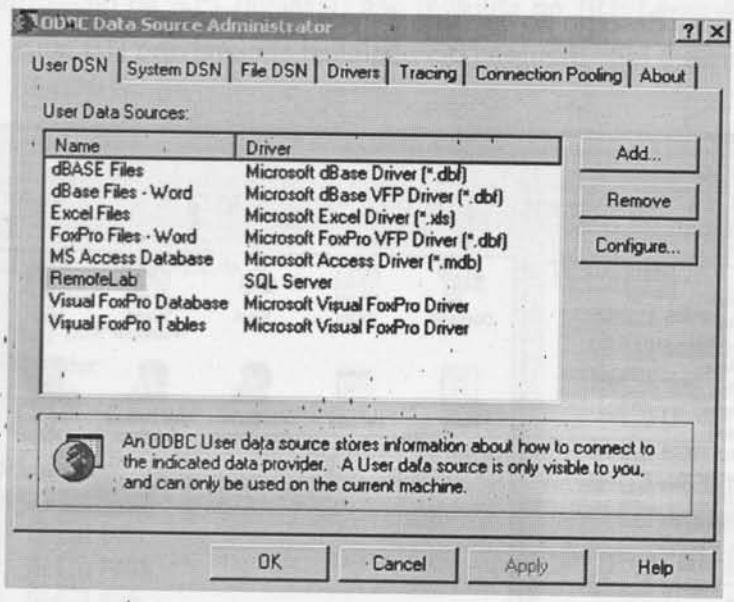


Figura C.4: Painel para gestão e configuração dos *drivers* ODBC para acesso ao SGBD Microsoft SQL Server 2000.

[57] Existem *drivers* totalmente desenvolvidos em Java que permitem um acesso directo aos dados de um SGBD sem utilizar a *bridge* JDBC-ODBC. No entanto, e uma vez que estes *drivers* são pagos, na aplicação desenvolvida utilizou-se o ODBC juntamente com a *bridge* JDBC-ODBC, na medida que este tipo de acesso é grátis. No entanto, sempre que possível é sugerido pela própria documentação da API JDBC-ODBC disponível em [Sun, 98] e [Hamilton et al., 96], a utilização de um *driver* totalmente desenvolvido na linguagem de programação Java pois, segundo se refere na documentação, garantem melhores desempenhos e maior fiabilidade.

Configuração do administrador

Para a configuração do administrador do sistema, foi necessário especificar um nome (*firstname*), uma chave de acesso (*login* e *password*) e um endereço de correio electrónico (*email*):

- *firstname*. É o nome pelo qual o administrador é reconhecido na agenda electrónica (e.g. a agenda ilustrada na figura 5.5 do capítulo 5 permite verificar que o nome atribuído ao administrador na altura da instalação do sistema foi 'ADMIN.'). Este nome só pode ser alterado directamente na base de dados (primeira posição da tabela *Client*, i.e. *idclient*=1).
- *login e password*. Representam a chave de acesso do administrador, só podendo ser alteradas directamente na base de dados (primeira posição da tabela *Client*, i.e. *idclient*=1).
- *email*. Endereço de correio electrónico do administrador. Este encontra-se disponível em várias páginas, tratando-se também de um meio de comunicação utilizado no envio e recepção de mensagens durante a interacção clientes-administrador (o *email* fornecido ao administrador nas páginas Web ilustradas no capítulo 5 foi *rjcosta@fe.up.pt*). Tal como os atributos referidos, este só pode ser alterado directamente na base de dados (primeira posição da tabela *Client*, i.e. *idclient*=1).

A figura C.5 ilustra a forma como se definiram os parâmetros do administrador na tabela *Client* da base de dados previamente criada, através do aplicativo SQL Server Enterprise Manager do SGBD Microsoft SQL Server 2000.

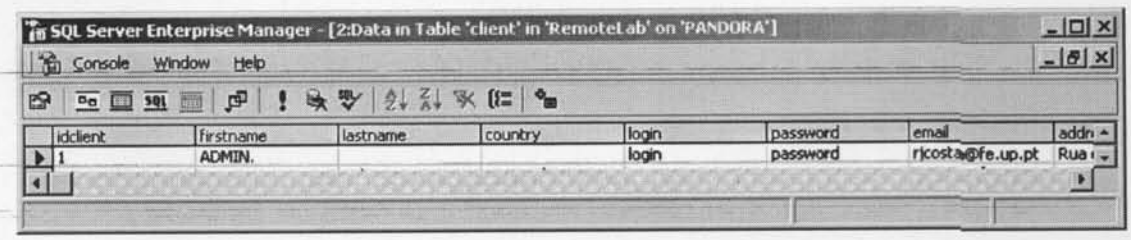


Figura C.5: Tabela *'Client'* utilizada para definir os atributos do administrador do sistema.

Indicação do URL base do servidor

Além da definição dos dados do administrador, interessa alertar para a existência da tabela *Conf* vocacionada para a definição do URL base do servidor HTTP do laboratório onde todo o sistema foi instalado (o endereço inicial usado foi http://ptse.fe.up.pt/).

Este endereço foi definido directamente na altura da instalação do sistema Web, mais uma vez através da ferramenta SQL Server Enterprise Manager, conforme ilustra a figura C.6.

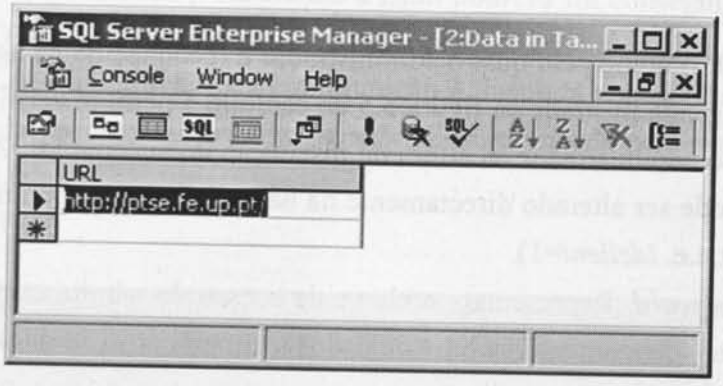


Figura C.6: Tabela *'Conf'* utilizada para definir o URL base do servidor do laboratório remoto.

Uma vez configurado o *driver* ODBC, os métodos da classe *DBAccess*, pertencentes à camada da lógica de negócio, ficaram disponíveis para aceder às funções disponibilizadas pela API JDBC.

Anexo D

Características dos computadores/servidores utilizados nas validações

Neste anexo apresentam-se as características técnicas (*software* e *hardware*) dos computadores/servidores utilizados durante as validações. As características apresentadas foram recolhidas com base no *software* MSInfo[58] [Microsoft, 03a], disponível nos diferentes sistemas operativos da Microsoft. Uma vez que os sistemas operativos utilizados nos computadores Brama e Apocalipse são diferentes, algumas das características apresentadas nas tabelas são omitidas, enquanto outras apresentam nomes diferentes dos colocados nos identificadores de coluna (todas devidamente assinaladas).

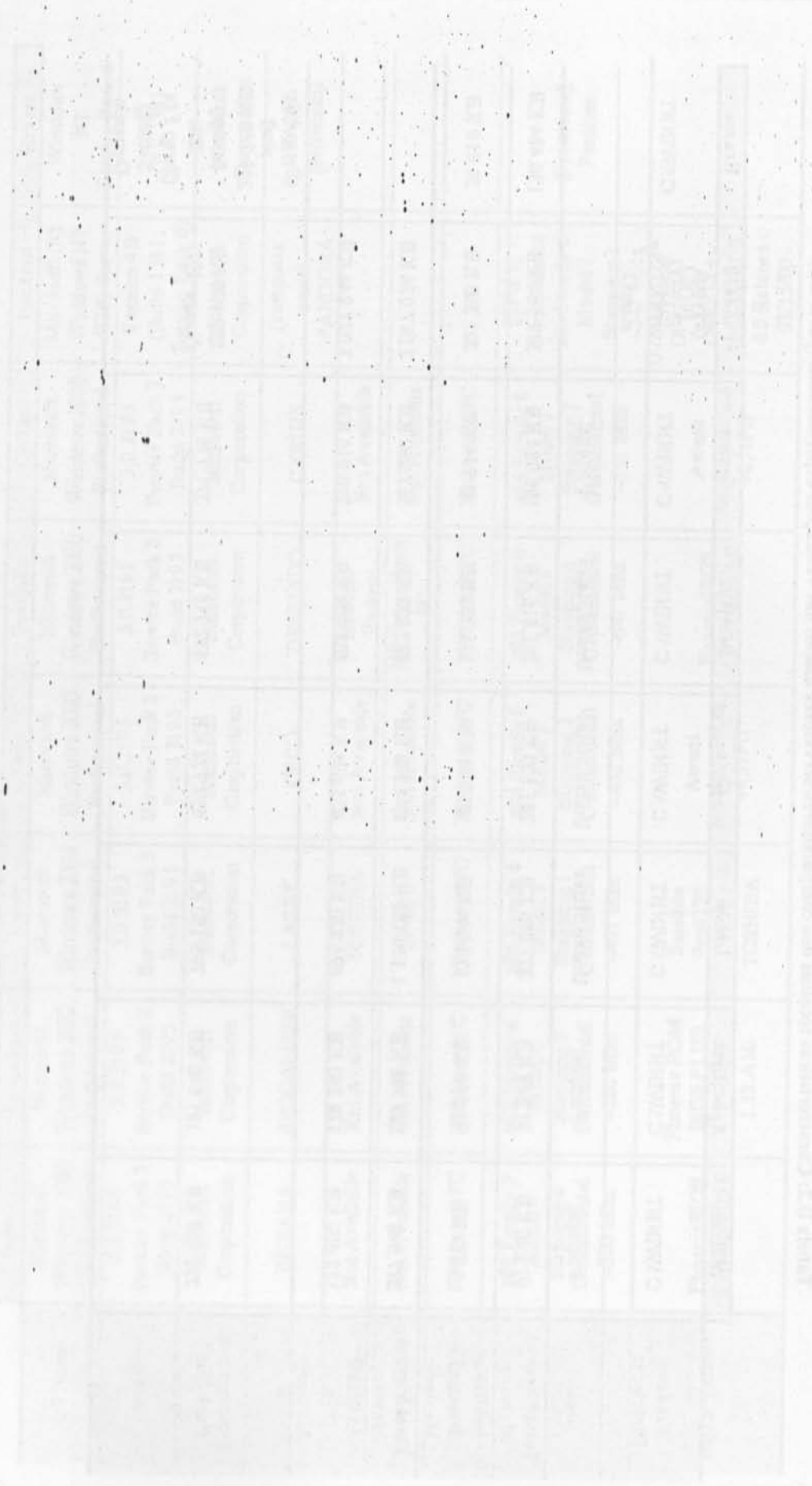
[58] Geralmente os diferentes sistemas operativos Windows têm este programa no directório: C:/Program Files/Common Files/Microsoft Shared/MSInfo

Tabela D.1: Características técnicas dos computadores/servidores usados nas validações experimentais (parte 1/2).

	Indiana	Apocalipse	Lassy	Geco	Desejado	Cyrius	Pandora	Brama
OS Name	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft Windows 2000 Professional	Microsoft (R) Windows NT (TM) Server	Windows NT Service Pack 6
Version	5.0.2195 Service Pack 2 Build 2195	5.0.2195 Service Pack 2 Build 2195	5.0.2195 Service Pack 3 Build 2195	5.0.2195 Service Pack 3 Build 2195	5.0.2195 Service Pack 3 Build 2195	5.0.2195 Service Pack 3 Build 2195	Version 4.0 (Build 1381: Service Pack 6)	4.0.1381
OS Manufacturer	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation	Microsoft Corporation
System Name	INDIANA	APOCALIPSE	LASSY	GECO	DESEJADO	CYRIUS	(computer name) PANDORA	BRAMA *(estimado)*
System Manufacturer:	Not Available	Not Available	TOSHIBA	Not Available	Hewlett-Packard	Not Available	-	-
System Model:	Not Available	Not Available	SP4270	Not Available	HP OmniBook PC	Not Available	-	-
System Type:	X86-based PC	X86-based PC	X86-based PC	X86-based PC	X86-based PC	X86-based PC	-	-
Processor:	x86 Family 5 Model 4 Stepping 4 GenuineIntel ~200 Mhz	x86 Family 6 Model 1 Stepping 9 GenuineIntel ~200 Mhz	x86 Family 6 Model 8 Stepping 1 GenuineIntel ~497 Mhz	x86 Family 6 Model 5 Stepping 2 GenuineIntel ~452 Mhz	x86 Family 6 Model 8 Stepping 6 GenuineIntel ~647 Mhz	x86 Family 6 Model 7 Stepping 3 GenuineIntel ~551 Mhz	(CPU 1) GenuineIntel x86 Family 6 Model 7 Stepping 3 ~547 MHz	(Processor) Pentium
BIOS Version:	PhoenixBIOS Version 4.05.9	Phoenix ROM BIOS PLUS Version 1.10.A10	Satellite Pro4270 v2.70 TOSHIBA	Award Modular BIOS v4.51PG	PhoenixBIOS 4.0 Release 6.0	Award Modular BIOS v4.51PG	(System BIOS) C440GX+- PhoenixBIOS 4.0 Release 03/15/00	-

Tabela D.2: Características técnicas dos computadores/servidores usados nas validações experimentais (parte 2/2).

	Indiana	Apocalipse	Lassy	Geco	Desejado	Cyrius	Pandora	Brama
Windows Directory:	C:\WINNT	C:\WINNT	C:\WINNT	C:\WINNT	C:\WINNT	C:\WINNT	(System Directory) D:\WINNT\System32	C:\WINNT
Locale:	Portugal	Portugal	United States	United States	United States	Portugal	-	-
Total Physical Memory:	97.840 KB	97.848 KB	327.088 KB	261.620 KB	261.616 KB	196.084 KB	392.564 KB	130.484 KB
Available Physical Memory:	4.672 KB	21.568 KB	120.044 KB	40.336 KB	111.332 KB	46.264 KB	201.300 KB	58.016 KB
Total Virtual Memory:	327.648 KB	289.788 KB	1.120.188 KB	894.348 KB	893.832 KB	567.860 KB	2.097.024 KB	-
Available Virtual Memory:	122.600 KB	128.240 KB	695.820 KB	405.636 KB	608.908 KB	270.816 KB	2.027.944 KB	-
Page File Space:	229.808 KB	191.940 KB	793.100 KB	632.728 KB	632.216 KB	371.776 KB	880.936 KB (usage=1%)	(Swap File size) 259.760 KB (usage) 30% (Swap File Setting) Dynamic



Anexo E

Questionário da validação intermédia

Neste anexo apresentam-se as respostas do questionário, elaborado por Terry DiPaolo [Paolo, 01], realizado aos dez alunos que participaram na validação intermédia.

Experiência em trabalhar com computadores

Na primeira parte avaliou-se a experiência dos alunos em trabalhar com computadores e com ferramentas de colaboração, conforme se descreve na tabela E.1.

Tabela E.1: Experiência dos alunos em trabalhar com computadores.

Questões	N.º de alunos
Há quanto tempo utiliza computadores?	
Menos de 1 ano	-
Entre 1 e 5 anos	-
Mais de 5 anos	10
Usa computador em casa?	
Sim	10
Não	-
Qual a regularidade com que usa computador?	
Diariamente	10
Ocasionalmente	-
Raramente	-
Qual o principal propósito para o uso do computador?	
Para correr *software* de uso genérico e imprimir	10
Para utilizar *software* comercial	9
Correio Electrónico	9
Internet/World Wide Web	9
Jogos	5
Quais os ambientes colaborativos que já utilizou?	
Videoconferência	3
Áudioconferência	1
Baseado em texto (*chat*)	5

Utilização do ambiente experimental para controlo do laboratório remoto

Esta secção fornece o conjunto de 21 afirmações genéricas sobre a utilização do ambiente experimental para controlo do laboratório, das quais os alunos participantes nas experiências indicam a sua concordância ou não. Todas as respostas são apresentadas nas tabelas E.2, E.3, E.4 e E.5 segundo uma escala de Likert de 4 pontos (concordo totalmente, concordo parcialmente, discordo, discordo totalmente)[59].

Tabela E.2: Respostas sobre a facilidade de aprendizagem na utilização do ambiente experimental para controlo do laboratório remoto na validação intermédia.

N.º	Afirmação	N.º de alunos que concordaram totalmente ou parcialmente
1	Achei que aprender a trabalhar com o ambiente experimental foi simples.	9
4	Achei que demorei muito tempo a apreender a trabalhar com o ambiente experimental.	0
10	Frequentemente achei que não sabia qual o comando seguinte a executar quando utilizava o ambiente experimental.	0
13	Acredito que o ambiente experimental foi desenvolvido tendo em atenção as minhas necessidades enquanto aluno.	8
14	Os problemas que encontrei ocorreram devido a instruções pouco claras para utilizar o ambiente experimental.	2
15	Sempre que eu cometia um erro achei que as instruções ajudaram-me a anulá-lo.	3
16	Estive constantemente a ir atrás ver as instruções para usar o laboratório controlando o ambiente experimental.	6

Tabela E.3: Respostas sobre a eficiência do laboratório remoto na validação intermédia.

N.º	Afirmação	N.º de alunos que concordaram totalmente ou parcialmente
3	Achei que o laboratório respondia devagar quando eu pedia para executar uma acção remota.	3
8	Achei que tive que percorrer muitas etapas para efectuar uma acção no laboratório.	8
9	Achei simples fazer com que o laboratório executasse uma determinada acção.	7

[59] A escala de Likert é um método unidimensional utilizado para classificar o grau de concordância ou discordância com determinada afirmação, permitindo depois um tratamento estatístico das respostas. Sugere-se a consulta de [Trochim, 00] para informação mais detalhada.

Tabela E.4: Respostas sobre a utilidade do ambiente experimental no controlo do laboratório remoto na validação intermédia.

N.º	Afirmação	N.º de alunos que concordaram totalmente ou parcialmente
2	Achei que os controlos nem sempre faziam o que eu esperava.	4
5	Tive ocasiões em que não sabia o que se passava no laboratório.	3
7	Ocasionalmente o laboratório comportava-se de um modo que eu não entendia.	4
11	Às vezes questionava-me se estaria a usar o comando correcto quando utilizava o ambiente experimental para controlar o laboratório.	5
12	Houve alturas em que gostaria de ter obtido um maior retorno sobre as acções efectuadas no laboratório.	6
19	Sempre que cometia um erro a usar o ambiente experimental achei que poderia recuperar facilmente desse erro.	5
20	Encontrei alguns problemas a usar o ambiente experimental.	8
21	Houve ocasiões que gostaria de ter obtido maior retorno no ambiente experimental sobre o que se estava a passar no laboratório.	7

Tabela E.5: Respostas sobre a atitude dos alunos perante a utilização do laboratório remoto na validação intermédia.

N.º	Afirmação	N.º de alunos que concordaram totalmente ou parcialmente
6	Achei a experiência em usar o ambiente experimental frustrante.	0
17	Gostei de usar o ambiente experimental no controlo do laboratório.	10
18	O ambiente experimental foi-me apresentado de forma agradável.	10

Vantagens da utilização do laboratório e forma como as sessões se desenrolaram

Nesta secção apresenta-se o conjunto de afirmações colocadas aos alunos de modo a aferir o que acharam da utilização do laboratório. Cada aluno classificou uma afirmação como alta ou baixa mediante a sua maior ou menor concordância, conforme indica a tabela E.6, classificando-as em alguns casos, de forma idêntica.

Tabela E.6: Classificação dos objectivos alcançados com a experiência realizada na validação intermédia.

N.º	Afirmação	Alta	Baixa
1	Ensino da experiência.	3	3
2	Relacionamento com outras partes do curso.	8	0
3	Interacção com alunos e tutor.	6	3
4	Introdução ao mundo da ciência e da engenharia.	2	4
5	Nível de ensino e procedimentos adoptados.	5	0
6	Senti-me satisfeito com o tema da matéria.	2	4

Anexo F

Problema da *Firewall* e definição dos postos de trabalho

Neste anexo descreve-se o problema específico encontrado na *Firewall* da FEUP durante a preparação da validação final, e a solução encontrada para a sua resolução.

Para além dos painéis com as interfaces individuais, os utilizadores do laboratório têm acesso ao ambiente de colaboração CUseeMe que se encontra instalado em Dundee (servidor denominado Silverpearl). Todas as comunicações estabelecidas entre os utilizadores requerem um ligação ao servidor Silverpearl, de modo a se estabelecer um circuito virtual para transporte de dados (vídeo e áudio) segundo o protocolo UDP, conforme exemplifica a figura F.1.

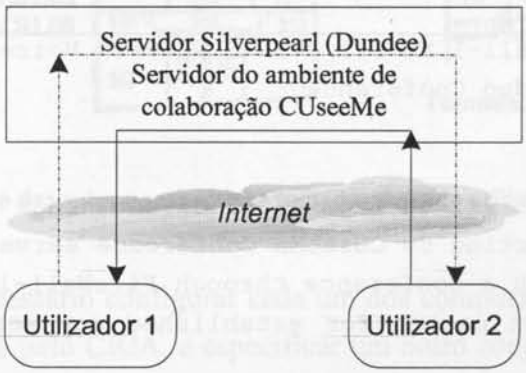


Figura F.1: Percurso seguido pelos dados quando dois utilizadores acedem ao CUseeMe.

Foi com base neste requisito que se descobriu um defeito na *Firewall* da FEUP, onde qualquer tentativa para se estabelecer uma ligação, entre um computador localizado na LAN da FEUP e o servidor do CUseeMe localizado em Dundee, não era permitida, resultando no erro ilustrado na figura F.2.

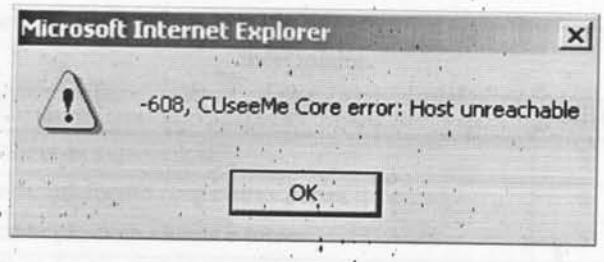


Figura F.2: Mensagem de erro no IE quando se tentava estabelecer ligação com o CUseeMe instalado no servidor Silverpearl em Dundee.

Após suspeita de que o problema se encontrava no servidor Silverpearl, (chegou-se a questionar o responsável pelo servidor, Dr. Nick Hine), resolveu-se estabelecer a ligação através de um computador localizado numa rede externa à FEUP. Para isso, utilizou-se outro servidor de *Internet* (*Internet Service Provider*, ISP) [Clix, 03] que permitiu o estabelecimento da ligação sem qualquer problema. Neste pressuposto, todas as suspeitas recaíram sobre a *Firewall* da FEUP, fundamentadas após análise dos pacotes de dados, transportados segundo o protocolo TCP, usados para estabelecer ligação entre um computador ligado à rede LAN da FEUP e o servidor Silverpearl. Nessa análise verificou-se que durante a troca de pacotes TCP eram enviados dois ou mais pacotes de sincronismo (SYN) seguidos, resultando que ao segundo pacote a *Firewall* o ignorasse, inviabilizando o estabelecimento do canal de comunicação para a troca de dados UDP utilizados nas comunicações do CUseeMe. O quadro seguinte apresenta o relatório do erro obtido pelo *software* que implementa a *Firewall*, denominado *FireWall-1 NG FP1* com informação disponível em [Jupitermedia, 03].

```
Environment: FireWall-1 NG FP1, VPN-1 NG FP1, Voice Over IP, IVODS,
CUseeMe client, Video Conference
Symptoms:

The connection initialized from IVODS client hangs on "Connecting"
status while connecting to CUseeMe Conference server.
Unable to establish a conference through FireWall-1 NG FP1 by CUseeMe
softwareError: "syn packet for established connection" in the Fire-
Wall-1 log viewer.

Cause:
FireWall-1 NG closes the connection based on a FIN that is initiated
from both sides (client and server). In that case the timeout of the
connection is reduced to 50 seconds, and in case a new SYN arrives on
a similar connection, the FireWall-1 regards it as a new connection.
In the case of IVODS the connection is closed with FIN to one side
and RST to the other. FireWall-1 cannot immediately close this con-
```

```
nection, since it cannot be sure that this RST is trusted. Closing
the connection might lead to a DOS attack.

Solution: This behavior is by design.
```

O departamento de informática da FEUP (CICA) foi alertado para o defeito do *software* da *Firewall*, tendo sido necessário colocar os computadores envolvidos na validação final numa rede independente, nomeadamente na subrede de servidores da UP. Para tal foi necessário indicar ao CICA as salas e tomadas de rede a utilizar, conforme ilustra a figura F.3.

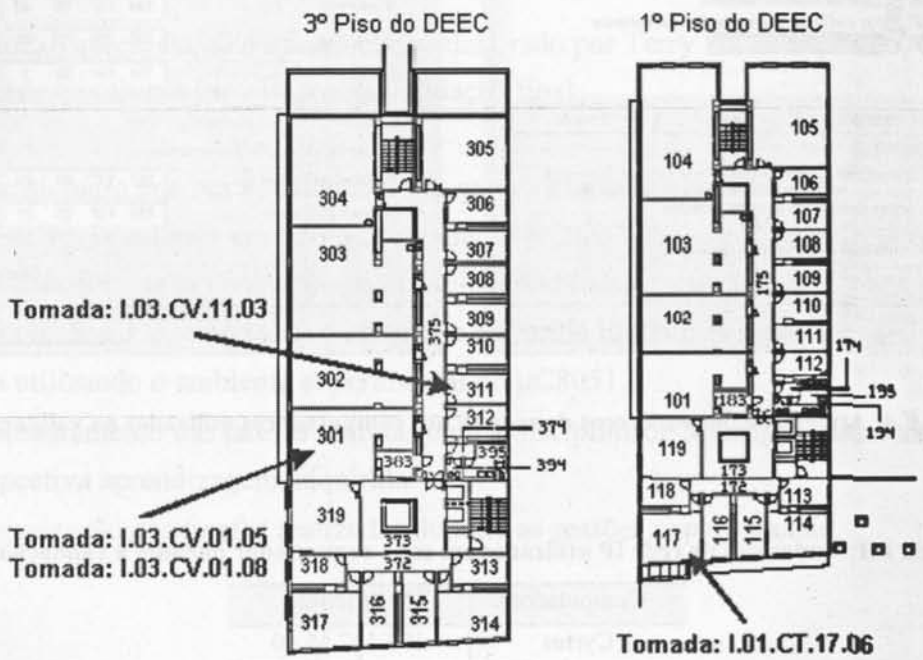


Figura F.3: Localização das salas e respectivas tomadas de rede utilizadas na validação final.

Posteriormente foi necessário configurar cada um dos computadores com um endereço de rede IP atribuído pelo CICA, e especificar um outro conjunto de parâmetros da rede - *Subnet Mask, Default Gateway* - assim como os servidores para tradução de endereços (*Domain Name System*, DNS) - *Preferred DNS server, Alternate DNS server*. A figura F.4 ilustra a forma como se configurou cada um dos computadores utilizados, acedendo às propriedades da conexão usada.

Após o CICA atribuir os quatro endereços IP, cada um foi associado a um computador específico, conforme ilustra a tabela F.1.

Os passos descritos permitiram resolver o problema da utilização do ambiente de colaboração, que obrigou à intervenção de diversos elementos ligados à gestão da rede da FEUP. Este facto evidencia, em parte, a necessidade de algum cuidado na instalação de uma infra-estrutura semelhante, nomeadamente numa situação em que se pretenda comercializar uma solução do tipo *plug-and-play*.

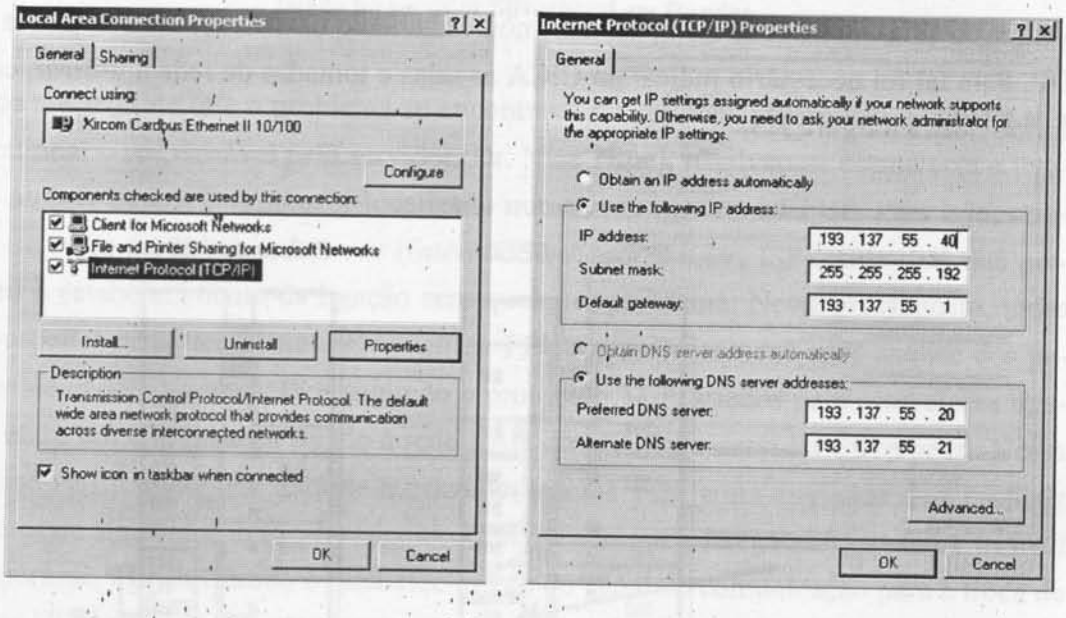


Figura F.4: Atribuição dos endereços de rede IP aos computadores utilizados na validação final.

Tabela F.1: Endereços de rede IP utilizados em cada computador durante a validação final.

Computador	IP atribuído
Cyrius	193.137.55.40
Lassy	193.137.55.41
Geco	193.137.55.42
Apocalipse	193.137.55.43

Anexo G

Questionário da validação final

Neste anexo apresenta-se o questionário, elaborado por Terry DiPaolo [Paolo, 02b], distribuído aos alunos envolvidos na validação final.

Este questionário encontra-se dividido em quatro grupo de questões:

- Experiência anterior em termos de trabalho prático e caracterização desta componente de formação no âmbito da disciplina de Microprocessadores.
- Motivação e caracterização do trabalho realizado durante as sessões experimentais utilizando o ambiente experimental do μC8051.
- Enquadramento das tarefas remotas com a disciplina de Microprocessadores, e a respectiva aprendizagem adquirida.
- Organização das tarefas realizadas durante as sessões experimentais.

BIBLIOTECA F.E. PORTO

Tabela G.1: Questionário da validação final (questões 1 - 6).

Experiência anterior em termos de trabalho prático e caracterização desta componente de formação no âmbito da disciplina de Microprocessadores.				
Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1. Qual é o curso / disciplina em que se encontra a estudar?	Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores - disciplina de Microprocessadores - 2º ano.			
2. Qual a percentagem da sua disciplina, que considera corresponder a trabalho prático (ou laboratorial), dentro das seguintes opções:	☐ Menos de 25% ☐ Cerca de 25% ☐ Mais de 25% ☑ Mais de 50%	☐ Menos de 25% ☐ Cerca de 25% ☐ Mais de 25% ☑ Mais de 50%	☐ Menos de 25% ☐ Cerca de 25% ☐ Mais de 25% ☑ Mais de 50%	☐ Menos de 25% ☐ Cerca de 25% ☐ Mais de 25% ☑ Mais de 50%
3. Qual é a sua perspectiva geral acerca do trabalho prático que realizou anteriormente, no decorrer desta disciplina, dentro das seguintes opções:	☑ Muito Bom ☐ Bom ☐ Razoável ☐ Pouco ☐ Muito pouco ☐ Misto	☐ Muito Bom ☑ Bom ☐ Razoável ☐ Pouco ☐ Muito pouco ☐ Misto	☑ Muito Bom ☐ Bom ☐ Razoável ☐ Pouco ☐ Muito pouco ☐ Misto	☐ Muito Bom ☑ Bom ☐ Razoável ☐ Pouco ☐ Muito pouco ☐ Misto
4. Quais foram, na sua opinião, as características de um bom trabalho prático?	*Implementar directamente no hardware e não ficar só por uma simulação como acontece com a utilização do DSCOPE.*	*Um trabalho que não nos dê problemas.*	*Um trabalho com um objectivo final interessante de dificuldade intermédia e simples de entender.*	*Desde que haja material suficiente já podemos realizar um bom trabalho prático. Tudo o resto depende de nós.*
5. Em termos da sua experiência anterior, quais foram as características de um mau trabalho prático?	*Quando não se entende o que se está a fazer nem qual o seu objectivo final.* *Falta de condições (aqui na FEUP as condições têm sido boas).*	*Quando as matérias são simples demais e já se encontram bem entendidas.*	*O trabalho prático é fundamental, no entanto, esse poderá ser mau em situações onde haja falta de recursos (e.g. falta de salas e equipamentos, falta de textos de apoio, etc.) e de bases teóricas.*	*Quando o material não é bom nem suficiente (e.g. já nos aconteceu estar a trabalhar num computador que não arrancava).*
6. Que parte, relativa a fazer trabalho prático, ou estar no laboratório, gostou mais?	*Experimentação do trabalho desenvolvido utilizando hardware e instrumentos de medição (e.g. osciloscópio).*	*Utilizar equipamento real, pois permite ver os resultados finais de todo o trabalho teórico.*	*Obtenção dos resultados finais, como é o exemplo de visualizar os sinais com um osciloscópio.*	*Experimentar o funcionamento real, embora a elaboração de um projecto também seja interessante.*

Tabela G.2: Questionário da validação final (questões 7 - 11).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
7. Que parte, relativa a fazer trabalho prático, ou estar no laboratório, gostou menos?	*A teoria; embora neste caso estar no laboratório é em tudo agradável, visto que a teoria ensinada é mais objectiva e orientada para a componente prática.*	*O tempo que por vezes demora a realizar um trabalho.*	*O facto de não estar no laboratório.*	*Achamos tudo bom.*
8. Quais são, para si, os benefícios de realizar trabalho prático?	*Além de se apreender mais com uma componente prática, existe sempre uma maior motivação. Na prática o objectivo torna-se mais claro permitindo tirar todas (ou quase todas) as dúvidas de matérias aprendidas na teoria.*	*Sedimentação de conhecimentos teóricos. No fundo, trata-se de aplicar a teoria à prática.*	*Testar e sedimentar conhecimentos.*	*Aprende-se mais, pois o mundo do trabalho requer muita prática. Além disso, a realização de um trabalho prático permite-nos aplicar a teoria que aprendemos, de forma a nos certificarmos se essa foi bem percebida.*

Motivação e caracterização do trabalho realizado durante as sessões experimentais utilizando o ambiente experimental do µC8051.

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
9. Já alguma vez executou a tarefa que realizou hoje?	☐ Sim ☑ Não	☐ Sim ☑ Não	☑ Sim ☐ Não	☐ Sim ☑ Não
Opções fornecidas aos alunos para as restantes questões (10,11,12,13,14 e 15).	☐ Desenvolver, compilar e simular as rotinas que compõem o programa. ☐ Configurar a carta de demonstração com o 8051. ☐ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída. ☐ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída.			
10. Qual foi a parte da tarefa que mais gostou?	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.
11. Qual foi a parte da tarefa que menos gostou?	☑ Desenvolver, compilar e simular as rotinas que compõem o programa.	☑ Desenvolver, compilar e simular as rotinas que compõem o programa.	☑ Configurar a carta de demonstração com o 8051.	Não aplicável.

Tabela G.3: Questionário da validação final (questões 12 - 15).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
12. Quais foram as partes da tarefa que achou mais interessantes e porquê?	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída.	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída. *(Permitiu uma comunicação entre nós utilizando a ferramenta de colaboração CUseeMe.)*	☑ Aplicar as sequências de teste às entradas do 8051 e verificar indicadores + formas de onda de saída. *(Foi muito interessante interagir com um equipamento real através da Internet, sem nos encontrarmos no próprio laboratório.)*
13. Quais foram os aspectos da tarefa que achou mais difíceis, especificando nesses casos qual a dificuldade?	☑ Desenvolver, compilar e simular as rotinas que compõem o programa. *(Foi mais difícil trabalhar com o DSCOPE durante a simulação.)*	☑ Desenvolver, compilar e simular as rotinas que compõem o programa.	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Pois exigiu coordenação no trabalho em grupo, o que nem sempre foi simples.)*	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Foi complicado verificar logo as ondas, pois o tempo de resposta do sistema era por vezes demorado e nem sempre respondia conforme pretendíamos.)*
14. Quais foram os aspectos da tarefa que achou mais confusos, e porquê?	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Foi mais confuso pois requis uma maior atenção e concentração.)*	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Não estávamos habituados aos botões das interfaces e a trabalhar com o osciloscópio.)*	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Tivemos alguma dificuldade em entender o funcionamento do multímetro.)*	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída. *(Foi difícil estabilizar as ondas no osciloscópio.)*
15. Quais foram os aspectos da tarefa que achou mais frustrantes, e porquê?	Não aplicável.	☑ Medir os valores médio e eficaz, e a frequência, de cada uma das formas de onda de saída.	Não aplicável.	*Não se aplica, embora o sistema ainda tenha que evoluir um pouco.*

Tabela G.4: Questionário da validação final (questões 16 - 20).

Enquadramento das tarefas remotas com a disciplina de Microprocessadores, e a respectiva aprendizagem adquirida.				
Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
16. Quais são as áreas - chave da sua disciplina, que se relacionam (na sua ideia) com a tarefa que realizou hoje?	*Está tudo relacionado. Toda a disciplina relaciona-se com a experiência realizada. Disseram que a utilização deste sistema remoto seria interessante para trabalhar a partir de casa.*	*Desenvolver programas para o Microcontrolador 8051.*	*Desenvolver programas para o Microcontrolador 8051 e o estudo da sua arquitectura.*	*Está tudo relacionado.*
17. De que forma acha que esta tarefa se relacionou com as aulas ou matéria da sua disciplina?	*Está tudo relacionado. Trata-se de um resultado final do que se apreendeu com a disciplina.*	*Trata-se de um aplicação da matéria das aulas (gerador de formas de onda).*	*Está tudo relacionado. Esta experiência tratou-se de um suporte à teoria ensinada na disciplina.*	*Na prática este programa já foi desenvolvido, no entanto nunca tinhamos controlado os instrumentos pela Web.*
18. Com que tipo de equipamento acha que esta tarefa o ajudou a compreender / lidar?	*Essencialmente com a carta de demonstração composta pelo Microcontrolador 8051.*	*Com o osciloscópio, onde nos foi possível visualizar ondas.*	*Com o osciloscópio e multímetro.*	*Ajudou um pouco, no entanto já tinhamos experimentado. Não houve nenhuma novidade a não ser o facto de realizarmos a experiência pela Web.*
19. Foi-lhe apresentado algum tipo novo de equipamento no decorrer da tarefa?	☑ Sim ☐ Não *(O sistema PXI e o próprio ambiente experimental.)*	☐ Sim ☑ Não	☐ Sim ☑ Não *(Todo o equipamento é conhecido.)*	☐ Sim ☑ Não *(Já tinhamos usado todo o equipamento num laboratório real.)*
20. Acha que a tarefa o ajudou a entender o equipamento, de forma a poder usá-lo num laboratório real?	☑ Sim ☐ Não	☑ Sim ☐ Não *(Deu uma melhor ideia como trabalhar com eles, nomeadamente com o osciloscópio.)*	*Não se aplica.*	*Não se aplica.*

Tabela G.5: Questionário da validação final (questões 21 - 25).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
21. Quais foram os procedimentos ou passos que realizou no decorrer da experiência / tarefa?	*1.Recebemos o código por E-mail.* *2.Descobrimos os erros.* *3.Trocamos o código entre nós.* *4.Simulamos e compilámos.* *5.Transferimos o código para a carta de demonstração.* *6.Testamos o programa (código) na carta de demonstração.*	*1.Corrigimos os erros.* *2.Compilamos o código.* *3.Criamos um projecto.* *4.Efectuamos Upload do ficheiro.* *5.Ajustamos os botões das interfaces.* *6.Efectuamos as medidas.*	*1. Corrigimos os erros.* *2.Trocamos os ficheiros por correio electrónico.* *3.Efectuamos o Upload do ficheiro.* *4.Transferimos o ficheiro para a carta de demonstração.* *5.Ajustamos os botões das interfaces.* *6.Testamos o programa na carta de demonstração.* *7.Efectuamos medições das ondas.*	*1.Descobrimos erros nos ficheiros.* *2.Trocamos os ficheiros através do Messenger.* *3.Efectuamos o Upload do ficheiro criado.* *4.Transferimos o ficheiro para a carta de demonstração.* *5.Visualizámos as formas de onda.* *6.Efectuamos medidas (período e amplitude) das ondas.*
22. Acha que a experiência o ajudou a compreender a forma como se executam esses procedimentos / passos?	☑ Sim ☐ Não	☑ Sim ☐ Não	☐ Sim ☑ Não	*Não se aplica.*
23. Acha que a tarefa se encontra bem estruturada? / <u>Se Não:</u> De que forma acha que poderíamos re-estruturar a tarefa?	☑ Sim ☐ Não	☑ Sim ☐ Não	☑ Sim ☐ Não	☑ Sim ☐ Não
24. Que cálculos ou processamento de dados teve que efectuar para realizar a tarefa?	*Nenhum, o código já estava desenvolvido.*	*Nenhum, já tínhamos o código feito.*	*Cálculo das medidas das ondas (e.g. períodos e amplitudes das ondas).*	*Não se aplica.*
25. De que forma é que a tarefa o ajudou a processar ou lidar com esses dados?	*Não se aplica.*	*Não se aplica.*	*Não se aplica.*	*Não se aplica.*

Tabela G.6: Questionário da validação final (questões 26 - 30).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
26. De que forma é que a tarefa o ajudou a utilizar esses dados para suportar uma qualquer conclusão?	*Não se aplica.*	*Verificar as tensões.*	*As medidas permitiram compreender o código transferido para a carta de demonstração.*	*Não se aplica.*
27. De que forma é que a tarefa o ajudou a planear um trabalho futuro ou posterior?	*(Não explicaram muito bem, só disseram que tiveram muito gosto em usar o laboratório).*	*Estruturar um possível projecto e permitiu aprender como se deve desenvolver.*	*Não se aplica.*	*Ajudou a verificar a validade do programa desenvolvido.*
28. Tendo em atenção o que você fez na tarefa, acha que isso o ajudou a relacionar teoria com prática?	*Sim, claro.*	*Sim, permitiu aplicar a teoria à prática.*	*Sim.*	*Sim, permitiu aplicar a teoria à prática (deu para ver os resultados práticos do código desenvolvido).*
29. A tarefa ajudou-o a compreender alguns conceitos ou noções? Quais? / De que forma é que a tarefa o ajudou a compreender esses conceitos ou noções?	*Não, já era tudo conhecido.*	*Sim, conseguimos sedimentar algumas ideias aplicando a teoria à prática. Estes conceitos foram compreendidos pela própria experiência.*	*Sim, no entanto este mesmo teste já tinha sido feito num laboratório real.*	*Não, já sabíamos tudo. Não se aplica.*
30. Acha que a tarefa o ajudou a compreender algum tipo de relação? Se sim, de que forma é que a utilização do sistema remoto o ajudou a compreender essa relação?	*Não se aplica.*	*Sim, a relação teoria-prática, permitindo verificar conceitos.*	*Não se aplica.*	*Embora já tivéssemos efectuado experiências deste género em laboratórios reais, esta experiência permitiu-nos verificar a relação código-execução real. Se realmente nunca tivéssemos efectuado a experiência prática com o código desenvolvido, este sistema parecia-nos muito interessante para compreender essa relação.*

Tabela G.7: Questionário da validação final (questões 31 - 34).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
31. Acha que a tarefa o ajudou a compreender algum tipo de modelo ou teoria? Se sim, de que forma é que a utilização do sistema remoto o ajudou a compreender esse modelo ou teoria?	*Não, não existe teoria nova pois já realizamos uma experiência deste género num laboratório.*	*Sim, a teoria do próprio Microcontrolador, através da experimentação prática.*	*Ajudou a entender o que é possível fazer pela Internet, sendo bastante produtivo neste aspecto. Permitiu ainda entender a relação entre a teoria e a prática.*	*Não.*
32. Acha que a tarefa o ajudou a compreender algum tipo fenómeno físico? Se sim, qual? / De que forma é que a tarefa o ajudou a compreender esse fenómeno físico?	*Não.*	*Não se aplica.*	*Não se aplica.*	*Não.*

Organização das tarefas realizadas durante as sessões experimentais.				
Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
33. O que é que acha acerca do tempo que demorou a completar – a você e ao(s) seu(s) colega(s) – a experiência?	☐ Não houve tempo suficiente para fazer tudo correctamente ☑ O tempo era suficiente ☐ O tempo era bem mais do que suficiente *(aproximadamente 45 min.)*	☐ Não houve tempo suficiente para fazer tudo correctamente ☑ O tempo era suficiente ☐ O tempo era bem mais do que suficiente	☐ Não houve tempo suficiente para fazer tudo correctamente ☑ O tempo era suficiente ☐ O tempo era bem mais do que suficiente	☐ Não houve tempo suficiente para fazer tudo correctamente ☑ O tempo era suficiente ☐ O tempo era bem mais do que suficiente
34. Qual a parte da experiência que demorou mais tempo a completar?	*A descoberta de erros.*	*A descoberta de erros, compilação e transferência do código para a carta de demonstração.*	*O ajuste das escalas de tempo no osciloscópio.*	*A medida dos valores, pois estávamos a lidar com algo novo.*

Tabela G.8: Questionário da validação final (questões 35 - 39).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
35. Tendo presente o guião fornecido, acha que as instruções / informações dadas eram adequadas / suficientes para o ajudar a realizar a experiência?	*Sim.*	*Sim.*	*Sim.*	*Sim.*
36. Acha que as instruções eram fáceis de seguir?	*Sim.*	*Relativamente; embora algo extenso.*	*Sim, pois antes da realização dos testes houve uma explicação de como funcionava o sistema.*	*Não estivemos a seguir com grande cuidado o guião, pois houve uma explicação inicial do que se pretendia. No entanto, achamos o guião simples de entender.*
37. Consegue recordar-se se existia alguma parte, ou partes, do guião que fosse mais confusa ou difícil de seguir?	*Não, pois houve uma explicação de todo o sistema antes de começarmos a realizar a experiência.*	*Não.*	*Não.*	*Não seguimos com grande cuidado o guião.*
38. Houve alguma parte, ou partes, do guião que não conseguisse executar?	☐ Sim ☑ Não	☑ Sim ☐ Não Que partes, em concreto? *Verificar valores das frequências das ondas, devido à falta de prática.*	☐ Sim ☑ Não	☐ Sim ☑ Não
39. Qual a sua opinião acerca da imagem de retorno (em vídeo) do laboratório?	*Um pouco lento mas via-se bem.*	*Devia ser uma imagem maior.*	*Não foi utilizada.*	*Não se utilizou.*

Tabela G.9: Questionário da validação final (questões 40 - 43).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
40. Em termos de trabalhar em grupo para executar esta tarefa, quais foram as vantagens que identificou?	*Existem muitas, nomeadamente a detecção de erros nos programas foi mais simples e rápida, assim como permitiu a troca de ideias durante a realização da experiência.*	*A possibilidade de trocar informação usando, por exemplo, o chat.*	*A divisão do trabalho permitiu-nos realizar a tarefa em menos tempo, pois cada um de nós detectou o seu erro nos ficheiros que nos foram fornecidos.*	*A utilização do chat e da vídeoconferência foi muito interessante, pois permitiu-nos trocar ideias e opiniões.*
41. Em termos de trabalhar em grupo para executar esta tarefa, quais foram as desvantagens que identificou?	*A ajuda de vários elementos pode, em determinadas circunstâncias, tornar-nos menos responsáveis, tornando-nos sempre dependentes do trabalho dos outros elementos do grupo, esperando que esses resolvam os problemas.*	*Nenhum.*	*O aspecto de coordenação. Por vezes não sabíamos quem haveria de fazer o quê, e como o fazer.*	*A necessidade de utilizar o Messenger para trocar os ficheiros, pois o CUseeMe não permite isso.*
42. Acha que trabalhar desta forma (remotamente) se compara com estar num laboratório (a fazer o mesmo) com vários colegas ao seu lado? Explicite a sua comparação.	*Não, é mais complicado, pois existe sempre atrasos (velocidade de reacção dos equipamentos) assim como a ligação à rede pode ir abaixo.*	*Não. A falta de uma presença física não permite a troca de ideias concretas durante a utilização de um instrumento.*	*Não. Pois não existe contacto pessoal. Outro dos aspectos refere-se ao tempo de retorno das acções que efectuamos ser algo demorado, assim como a utilização do próprio ambiente de colaboração ser lento, tornando por vezes a comunicação algo confusa.*	*Sim, não há grandes diferenças a não ser a quantidade de passos necessários de efectuar antes de executar o programa. Além disso, julgamos que se a largura de banda fosse mais pequena toda a realização da experiência se tornaria muito difícil.*
43. Acha que existe alguma vantagem em trabalhar com um tutor remoto? Se sim, qual (ou quais)?	*Sim, o tutor pode sempre tirar dúvidas durante a realização de uma experiência.*	*Sim, o tutor poderá ajudar na resolução de problemas de software durante a utilização do sistema.*	*Sim, é sempre um suporte à aprendizagem, além de permitir esclarecer certas questões durante a realização da experiência (e.g. não sabíamos se os dois canais do osciloscópio estavam ligados ao mesmo local na carta de demonstração, e neste caso o tutor ajudou-nos).*	*Sim, na questão de podermos tirar dúvidas e trocar impressões.*

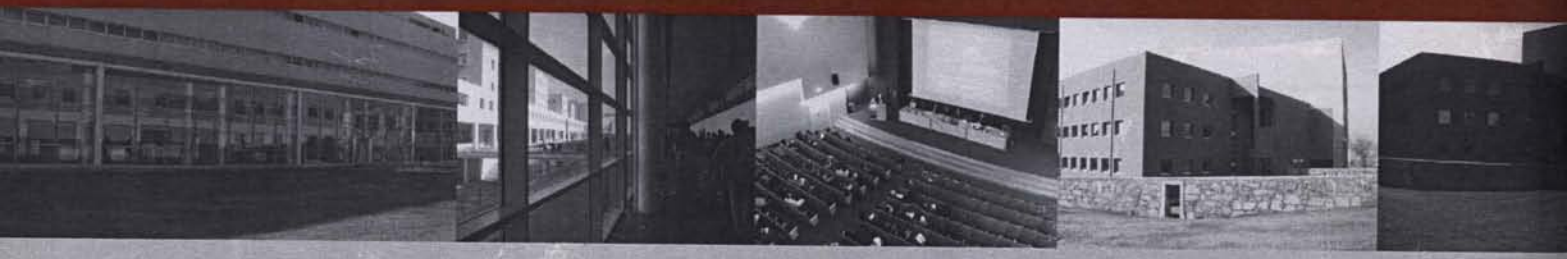
Tabela G.10: Questionário da validação final (questões 44 - 46).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
44. Acha que existe alguma desvantagem em trabalhar com um tutor remoto?	*Não.*	*Não.*	*Sim, o tutor pode sempre ver os nossos erros o que em caso de avaliação poderá ser pouco vantajoso.*	*Não.*
45. Qual o seu grau de confiança, em face de ter que utilizar o mesmo equipamento num laboratório real?	☐ Bastante confiante ☑ Confiante ☐ Pouco ou nada confiante Será que me pode dizer porquê?	☐ Bastante confiante ☑ Confiante ☐ Pouco ou nada confiante Será que me pode dizer porquê? *Existem algumas diferenças em relação a trabalhar com equipamentos reais, pois os remotos ainda têm alguns atrasos.*	☐ Bastante confiante ☑ Confiante ☐ Pouco ou nada confiante Será que me pode dizer porquê?	☐ Bastante confiante ☑ Confiante ☐ Pouco ou nada confiante Será que me pode dizer porquê? *Vimos a plataforma laboratorial antes de realizar a experiência, no entanto se não nos fosse mostrada nós acreditávamos.*
46. De que forma acha que o sistema PEARL poderia ser utilizado?	☐ Em vez de trabalho prático realizado num laboratório real ☑ Em simultâneo / parceria com trabalho prático realizado num laboratório real ☐ Não vejo qualquer lugar para este tipo de sistema na disciplina Será que me pode dizer porquê? *Os laboratórios da FEUP nem sempre estão disponíveis (falta de recursos), no entanto uma solução como esta (via Internet) poderia ser acedida a qualquer hora, servindo como um complemento a um laboratório real.*	☐ Em vez de trabalho prático realizado num laboratório real ☑ Em simultâneo / parceria com trabalho prático realizado num laboratório real ☐ Não vejo qualquer lugar para este tipo de sistema na disciplina Será que me pode dizer porquê? *Os laboratórios da faculdade nem sempre estão disponíveis (falta de recursos), além disso o contacto físico com os aparelhos é importante. O aspecto muito virtual nem sempre é interessante.*	☐ Em vez de trabalho prático realizado num laboratório real ☑ Em simultâneo / parceria com trabalho prático realizado num laboratório real ☐ Não vejo qualquer lugar para este tipo de sistema na disciplina Será que me pode dizer porquê? *Nunca poderá haver uma substituição total. Além disso, uma desvantagem deste sistema reside em só se poder realizar uma experiência de cada vez. Uma agenda, para marcar a realização de experiências, não seria suficiente para o n.º de utilizadores.*	☐ Em vez de trabalho prático realizado num laboratório real ☑ Em simultâneo / parceria com trabalho prático realizado num laboratório real ☐ Não vejo qualquer lugar para este tipo de sistema na disciplina Será que me pode dizer porquê? *No laboratório nós podemos tocar e mexer nos instrumentos reais, embora estivéssemos confiantes que realmente estávamos a trabalhar com hardware real.*

Tabela G.11: Questionário da validação final (questão 47).

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
47. O que acha acerca de se efectuar tudo através de simulação em vez de se ter a oportunidade de controlar equipamento real (mesmo que remotamente)?	*O laboratório controlado remotamente é melhor, pois permite o acesso a um equipamento real.*	*É melhor, pois permite obter resultados finais reais. Uma simulação nem sempre é perfeita.*	*Não, pois uma simulação nunca é perfeita.*	*Não é suficiente uma simulação, equipamentos reais contemplam todos os parâmetros que serão impossíveis de considerar numa simulação. Num equipamento real existem erros que nunca poderiam ser simulados.*

BIBLIOTECA F.E. PORTO



CONTÉM
CD-ROM

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
0000079567