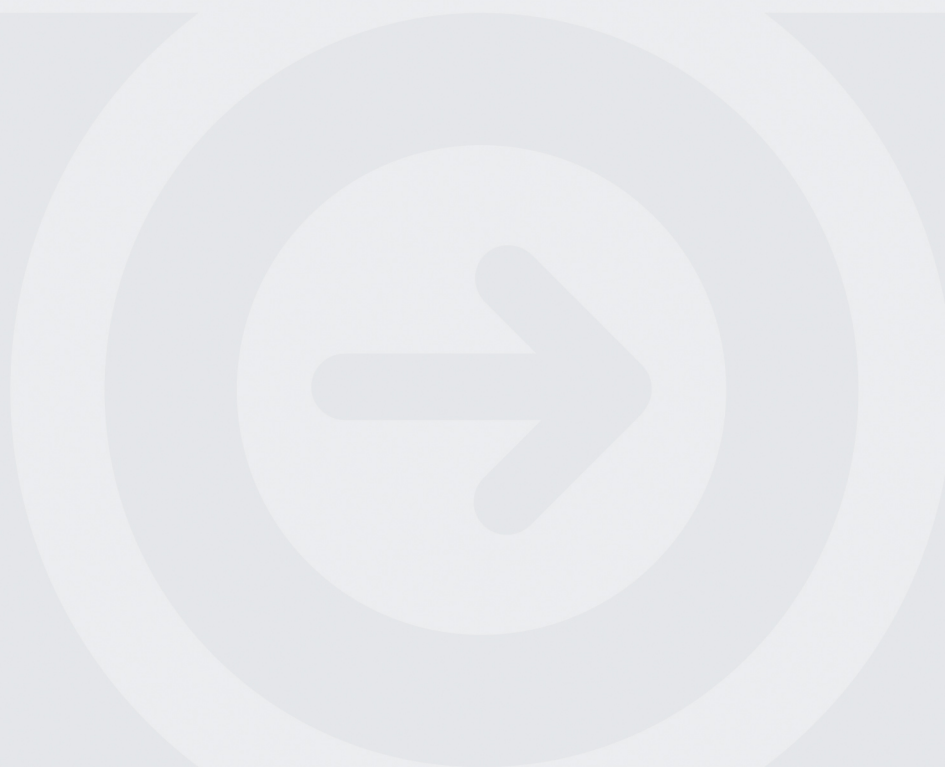


Tutor Inteligente para o Ensino em Medicina

SARA ALEXANDRA RIBEIRO CABRAL
Novembro de 2013



Tutor Inteligente para o Ensino em Medicina

Sara Alexandra Ribeiro Cabral

Tese submetida ao Instituto Superior de Engenharia do Porto
para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia de Computação e Instrumentação Médica

Orientadores

DOUTOR ANTÓNIO CONSTANTINO LOPES MARTINS
Professor Adjunto do Departamento de Informática
Instituto Superior de Engenharia do Porto

DOUTOR LUIZ FELIPE ROCHA DE FARIA
Professor Adjunto do Departamento de Informática
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, 14 de Novembro de 2013

*The real voyage of discovery consists not in seeking new landscapes, but in having
new eyes. Marcel Proust*

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais, por possibilitarem e apoiarem os meus estudos, mas acima de tudo pelo amor e dedicação, que me deram força para prosseguir.

Aos meus orientadores, o Professor Doutor Constantino Martins e Professor Doutor Luiz Faria, pelo incentivo e encorajamento, críticas e ajuda, que permitiram que este trabalho fosse possível.

Gostaria também de agradecer ao Professor Doutor Alberto Freitas e ao aluno Vasco Santos, da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, pelas suas participações e envolvimento no decorrer deste trabalho.

À Ana Garcia, pelas horas de companhia e trabalho, em projectos diferentes, mas unidas pela amizade. À Luisa Luna, pela animação, companhia e dedicação. À Helena Xavier e Mara Pacheco, pela amizade de sempre.

Um agradecimento especial a todos os que de alguma forma contribuíram para este trabalho. Por fim, mas nunca por último, um agradecimento ao César Santos, pelo apoio e compreensão, por estar sempre presente.

Resumo

O objectivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um protótipo que possibilita a adaptação do conteúdo disponibilizado de acordo com as características pessoais e psicológicas do aluno, aplicado no ensino da Medicina, nomeadamente na componente de Desenho de Estudos da disciplina de Introdução à Medicina.

Para o protótipo desenvolvido foi definida uma arquitectura constituída por três componentes: um Modelo de Aluno que engloba as características pessoais e psicológicas do aluno, um Modelo de Domínio constituído por um grafo de conceitos e um Modelo Pedagógico formado pelas regras de adaptação e mecanismos de interacção utilizados para obter uma solução adaptativa.

Os diferentes componentes desenvolvidos para este protótipo permitem que este apresente as seguintes funcionalidades:

- Acesso ao conceito adequado, tendo em consideração o nível de conhecimento do aluno;
- Visualização de conteúdos adequados ao estilo de aprendizagem do aluno;
- Adaptação do percurso do aluno de acordo com os resultados obtidos;
- Actualização das preferências de aprendizagem, com base no comportamento demonstrado pelo aluno na interacção com o sistema.

A primeira versão da ferramenta já foi implementada. No entanto ainda será realizada a avaliação do protótipo em ambiente de aprendizagem, com a maior brevidade possível.

Abstract

The main goal of this project was developing a prototype that allows the adaptation of the available content, according to personal and psychological characteristics of the student, applied to support medical education, in the subject of Introduction to Medicine.

For the prototype it was defined an architecture with three components: the Student Model that has personal and psychological features of the student, the Domain Model composed by a concepts graph and the Adaptation Model which reflects the adaptation rules used to obtain an adaptive solution.

The prototype developed allows performing the following functionalities:

- Access to adequate content, considering the student's knowledge;
- Visualization of content those are adequate to the student's learning style;
- Adaptation of the student's learning process based on the results obtained;
- Update learning preferences, accordingly to the behavior showed by the student when interacting with the system.

The first version of the prototype has been implemented, however it will still be held to evaluate the prototype in learning environment, as soon as possible.

Conteúdo

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	x
Conteúdo	xiii
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
Acrónimos	xix
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objectivo	2
1.4 Metodologia	3
1.5 Contribuições	3
1.6 Organização da tese	4
Acrónimos	1
2. Tutores Inteligentes	5
2.1 Introdução	5
2.2 Princípios de um Tutor Inteligente	7
2.3 Arquitectura de um Tutor Inteligente	8
2.4 Classificação dos Tutores Inteligentes	11
2.4.1 Ambiente de Aprendizagem	11
2.4.2 Tipo de Conhecimento	11
2.5 Desenvolvimento de Tutores Inteligentes	12
2.6 Tutores Inteligentes em Medicina	13

2.7	Conclusões	16
3.	Sistemas de Hipermedia Adaptativos	17
3.1	Introdução	17
3.1.1	Arquitetura de um Sistema de Hipermedia Adaptativa	19
3.1.2	Distinção entre sistemas adaptáveis e adaptativos	20
3.1.3	Autoria para Sistemas de Hipermedia Adaptativos	20
3.2	Classificação dos Sistemas de Hipermedia Adaptativos	21
3.3	Características usadas nos Sistemas de Hipermedia Adaptativos	23
3.3.1	Características do Utilizador	23
3.3.2	Ambiente	25
3.4	Métodos e técnicas usados em Sistemas de Hipermedia Adaptativa	25
3.4.1	Apresentação Adaptativa	25
3.4.2	Suporte à navegação adaptativa	26
3.4.3	Métodos	26
3.4.4	Técnicas	28
3.5	Conclusões	30
4.	Modelo de Aluno	31
4.1	Introdução	31
4.1.1	Modelação de Utilizadores em Hipermedia Adaptativa	32
4.1.2	Modelação de Utilizadores para SHA Educacionais	32
4.2	Características do Utilizador	33
4.2.1	Conhecimento do Utilizador	34
4.2.2	Interesses	35
4.2.3	Objectivos e tarefas	35
4.2.4	Background	36
4.2.5	Traços Individuais	36
4.3	Classificação da Informação Modelada	36
4.4	Abordagens de Modelação	38
4.4.1	Modelo Overlay	39
4.4.2	Modelo Diferencial	39
4.4.3	Modelo de Perturbação	40
4.4.4	Modelo de Estereótipos	41
4.5	Conclusões	41
5.	Protótipo	43
5.1	Requisitos	43
5.1.1	Diagrama de Casos de Uso	45
5.2	Arquitetura do Sistema	46
5.3	Implementação do Modelo de Domínio	46
5.4	Implementação do Modelo de Aluno	47
5.4.1	Representação e actualização da variável de conhecimento	50
5.4.2	Representação e actualização das variáveis de preferência de aprendizagem	53

5.5	Implementação do Modelo Pedagógico	55
5.6	Avaliação do protótipo	59
5.7	Conclusões	60
6.	Conclusões	63
6.1	Objectivos alcançados	63
6.2	Desenvolvimentos Futuros	65
	Bibliografia	66
A.	Casos de Uso	73
B.	Questionário VARK	77
C.	Inquérito de Usabilidade	83

Lista de Figuras

2.1	Áreas associadas ao desenvolvimento de tutores inteligentes	6
2.2	Arquitectura clássica de um ITS.	9
3.1	Efeito adaptativo em Sistemas de Hipermedia Adaptativa	18
5.1	Janela inicial do protótipo.	45
5.2	Diagrama de caso de uso para o protótipo.	45
5.3	Arquitectura do protótipo desenvolvido.	46
5.4	Grafo de conceitos do domínio.	48
5.5	Representação do grafo de conceitos no Modelo de Dados.	49
5.6	Janela de registo do protótipo.	51
5.7	Representação do perfil do aluno no Modelo de Dados.	52
5.8	Representação do conhecimento do aluno no Modelo de Dados.	53
5.9	Representação da relação entre questões e conceitos no Modelo de Dados.	54
5.10	Fragmento de código em PHP para geração de testes de avaliação. . .	55
5.11	Questionário VARK utilizado no protótipo.	56
5.12	Diagrama de sequência relativo à actualização das preferências de aprendizagem.	57
5.13	Grafo de conceitos em caso de insucesso.	58
5.14	Diagrama de sequência relativo à progressão do aluno.	59
5.15	Representação do grafo de conceitos usado em caso de insucesso no Modelo de Dados.	60

Lista de Tabelas

5.1	Características usadas no Modelo de Aluno do protótipo	49
-----	--	----

Acrónimos

ACLS Advanced Cardiac Life Support

ATS Adaptive Tutoring Systems

CAI Computer-Aided Instruction

CBE Computer-Based Education

CSCL Computer Supporter Collaborative Learning

CSS Cascading Style Sheets

DDD Dados Dependentes do Domínio

DID Dados Independentes do Domínio

HA Hipermédia Adaptativa

HTML HyperText Markup Language

IA Inteligência Artificial

ICAI Intelligent Computer-Aided Instruction

ITS Intelligent tutoring systems

KBTS Knowledge-Based Tutoring Systems

MU Modelo de Utilizador

PBL Problem-Based Learning

PHP Hypertext Preprocessor

SGBD Sistema de Gestão de Base de Dados

SHA Sistemas de Hipermédia Adaptativos

SQL Structured Query Language

TIC Tecnologias da Informação e Comunicação

VARK Visual, Auditory, Reading/Writing, Kinesthetic

WBHS Web-Based Adaptive Hypermedia Systems

WWW World Wide Web

Introdução

O recurso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o desenvolvimento de sistemas de apoio à Educação em Medicina tem evoluído ao longo da última década [1]. O uso das TIC permitiu o desenvolvimento de soluções para fornecer apoio às técnicas tradicionais de ensino na área médica [1]. Com o aumento da utilização da Inteligência Artificial em Medicina surgiu o interesse em aplicar os conhecimentos existentes na área de sistemas de aprendizagem baseados em computador no ensino e formação de profissionais de saúde [2], no entanto o número de soluções desenvolvidas ficou aquém do esperado [2, 3].

1.1 Enquadramento

Ao longo do tempo foram surgindo alterações no panorama do ensino médico que desafiaram a forma como a Medicina é leccionada [1]. Os desenvolvimentos a nível do conhecimento científico aumentaram as exigências dos programas de ensino desenvolvidos para a formação de novos médicos. Também a alteração do paradigma dos cuidados de saúde, com maior ênfase no apoio à comunidade, levaram ao surgimento de novos campos de actuação. Para além da necessidade de enquadrar estes aspectos no material de ensino tradicional, as formas tradicionais de ensino, centradas na figura do professor, são confrontadas com o surgimento do aluno como figura central, requerendo mais controlo no desenvolvimento da sua aprendizagem [1].

O termo *e-learning* refere-se ao uso das Tecnologias da Informação e Comunicação, nomeadamente o recurso à Internet, de forma a fornecer um conjunto de soluções para o desenvolvimento da aprendizagem [4, 1]. O recurso ao *e-learning* no contexto da formação médica permite melhorar a eficiência e eficácia da intervenção

educacional face aos desafios sociais, científicos e pedagógicos que foram surgindo ao longo do tempo [1]. A sua aplicação no ensino pós-graduado permite lidar com as dificuldades associadas com a educação médica contínua, devido às limitações associadas ao exercício da actividade dos profissionais de saúde já formados [5].

As instituições de ensino portuguesas, nomeadamente a Universidade do Porto, têm assumido uma postura de inovação face às necessidades de actualização dos processos de ensino [6]. Como exemplo do interesse na flexibilização dos processos de ensino tradicionais temos o investimento na exploração do recurso às TIC para o desenvolvimento de ferramentas de apoio à aprendizagem, englobando o recurso a sistemas de hipermédia [6].

Apesar da tentativa de introduzir ferramentas com o propósito de motivar os alunos durante o processo de aprendizagem, a maioria acabou por falhar o objectivo, quer por se ter optado por soluções demasiado complexas ou por se ignorar a influência do perfil individual de cada aluno no processo da aprendizagem [6, 7].

Foi neste contexto que se pretendeu desenvolver uma solução que permitisse o apoio ao processo de aprendizagem do aluno, de forma autónoma e personalizada, tendo em consideração a necessidade de adaptação ao perfil individual de cada utilizador.

1.2 Motivação

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho está associado ao interesse pessoal relacionado a realização de aplicações informáticas para a área médica. Associando também o interesse desenvolvido na área da Inteligência Artificial, este trabalho permitiu a reunião desses dois aspectos, aliando-os no desenvolvimento de uma aplicação para o suporte do ensino em Medicina.

1.3 Objectivo

Com este trabalho pretendeu-se desenvolver um sistema híbrido inovador, que relacionasse a representação do conhecimento, preferências e estilos de aprendizagem do aluno com um Modelo Pedagógico dinâmico e regras de adaptação. O propósito a atingir consiste no apoio à aprendizagem dos alunos da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto (FMUP), no âmbito da disciplina de Introdução à Medicina.

Por outras palavras, o objectivo deste trabalho centra-se no desenvolvimento de

um protótipo de um tutor inteligente voltado para o ensino na área médica, nomeadamente no ensino da componente de Desenho de Estudos (parte integrante da disciplina de Introdução à Medicina). Pretende-se que o protótipo desenvolvido permita a adaptação do conteúdo e actividades relacionadas com a matéria de estudo de acordo com as características pessoais e psicológicas do aluno, de forma a providenciar um ambiente de aprendizagem apropriado.

Foram definidos como objectivos específicos:

- Determinação das estratégias de adaptação e arquitectura para a implementação do protótipo;
- Definição dos atributos necessários para a construção de um Modelo de Aluno adequado;
- Definição de um Modelo Pedagógico, com as regras de adaptação e mecanismos de interacção.

1.4 Metodologia

Para a realização do trabalho foi definida uma metodologia de forma a atingir os objectivos pretendidos. A metodologia utilizada encontra-se dividida em três fases:

- Na primeira fase realizou-se uma análise dos tutores inteligentes desenvolvidos para a área médica, englobando também o estado da arte nas áreas científicas dos tutores inteligentes, sistemas de hipermédia adaptativos e modelação de utilizadores (capítulos 2, 3 e 4);
- Na segunda fase foi realizada uma análise dos requisitos necessários para o desenvolvimento e a implementação da solução pensada (capítulo 5);
- Na terceira fase foi realizado o planeamento da avaliação do protótipo desenvolvido (capítulo 5), no entanto foi decidido que esta fase só seria implementada *a posteriori*, uma vez que o tempo necessário para a sua implementação não seria compatível com a entrega deste trabalho.

1.5 Contribuições

De seguida será realizada uma breve descrição dos contributos do trabalho desenvolvido:

1. Foi submetido, a uma conferência, um artigo no âmbito dos sistemas adaptativos;
2. Desenvolvimento de uma arquitetura para a implementação do protótipo, com o objectivo de apoiar e melhorar o desempenho dos alunos de Medicina (secção 5.2);
3. Definição de um Modelo do Aluno capaz de representar o conhecimento, preferências e estilos de aprendizagem do utilizador. A abordagem usada para a modelação do conhecimento e da preferência de aprendizagem do aluno baseia-se no Modelo *Overlay* (secção 5.4);
4. Definição de um Modelo Pedagógico e respectivas regras e mecanismos necessários para a realização da adaptação do percurso do aluno e conteúdos disponibilizados, assim como a actualização das preferências de aprendizagem (secção 5.5).

1.6 Organização da tese

Este trabalho encontra-se organizado em seis capítulos, o primeiro dos quais o presente, no qual se realiza uma introdução ao trabalho desenvolvido.

Nos capítulos 2, 3 e 4 são apresentados os conceitos teóricos relacionados com o desenvolvimento de tutores inteligentes, sistemas de hipermédia adaptativos e a modelação de utilizadores.

No capítulo 5 é apresentado a implementação do protótipo, englobando a definição de requisitos e desenvolvimento da solução apresentada. São também definidas as estratégias de avaliação pensadas para a futura avaliação do mesmo.

No capítulo 6 é realizado um resumo do trabalho desenvolvido, conclusões e trabalho futuro.

Tutores Inteligentes

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos associados aos Tutores Inteligentes. Na secção 2.1 são abordadas as designações utilizadas para Tutores Inteligentes e principais objectivos do seu desenvolvimento. Na secção 2.2 é realizado um sumário da evolução dos sistemas desenvolvidos. Na secção 2.3 é abordada a arquitectura clássica destes sistemas. Na secção 2.4 são abordadas as características usadas para a classificação destes sistemas. Na secção 2.5 são referidos os princípios considerados para o desenvolvimento de Tutores Inteligentes. Na secção 2.6 é abordada a importância dos Tutores Inteligentes em Medicina e principais sistemas desenvolvidos.

2.1 Introdução

O recurso à utilização de computadores com propósitos educacionais remonta ao início dos anos 60. As primeiras aplicações consistiam em testes automáticos e tarefas práticas, que tinham sido já mecanizados nos anos 30 por tecnologias anteriores [8].

A partir dos anos 70 começaram-se a definir novos objectivos, mais ambiciosos, para a utilização do computador como ferramenta de aprendizagem, sendo o tutor humano o modelo adoptado e considerando as técnicas de Inteligência Artificial (IA) para incorporar “inteligência” nos sistemas a desenvolver [8].

Os tutores inteligentes, designados por ITS, do inglês *Intelligent Tutoring Systems*, consistem em programas de computador que são desenvolvidos de forma a incorporar técnicas provenientes da Inteligência Artificial. Pretende-se assim que os tutores inteligentes conheçam o que ensinam, assim como a quem e como o fazem [9]. A analogia mais usada para definir um ITS consiste no único agente capaz

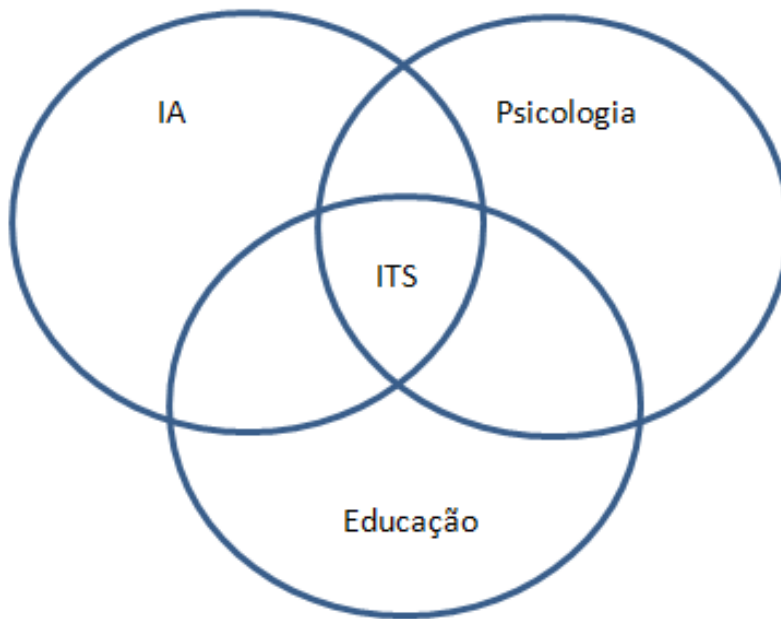


Fig. 2.1: Áreas associadas ao desenvolvimento de tutores inteligentes (Adaptado de [9])

de desenvolver tarefas semelhantes, o tutor humano [10]. De acordo com os estudos realizados por Bloom em 1984, o ensino individual (um tutor para um aluno) com um tutor humano é o método que tem maiores possibilidades, comparativamente com outros métodos de ensino, de aumentar a eficácia da aprendizagem [11]. Mas um tutor humano, para atingir um bom desempenho, tem que dominar o domínio de ensino, e possuir competências na área da pedagogia e da comunicação [12].

O principal objectivo da aplicação de um ITS é o de motivar o aluno numa actividade de raciocínio e interagir com ele com base num conhecimento profundo do comportamento do aluno. Segundo Corbett afirmou em 1997, se os tutores inteligentes atingirem metade do impacto que é obtido por um tutor humano num ensino individual, o seu benefício já é substancial [8].

O desenvolvimento de ITS baseia-se na ligação das pesquisas desenvolvidas em ciência de computadores, psicologia cognitiva e educação, sendo a intersecção destas áreas designada por ciência cognitiva, como é possível observar na figura 2.1 [9].

Por razões históricas, muitas das pesquisas desenvolvidas no domínio de softwares educativos com recurso à Inteligência Artificial foi conduzida sob a designação de ICAI, acrónimo para *Intelligent Computer-Aided Instruction*, que por sua vez remete para CAI, do inglês *Computer-Aided Instruction*, usado para referir o uso de

computadores na educação. Existem no entanto outras terminologias para os ITS, como KBTS, acrónimo de *Knowledge-Based Tutoring Systems* ou ATS, referente a *Adaptive Tutoring Systems* [9].

Os principais factores que conduziram a motivação para o desenvolvimento de ITS consistiram em dois tipos de necessidades, de pesquisa e práticas. As necessidades de pesquisa prendem-se com a pretensão de entender mais sobre o processo que contribui para a interacção educacional. Uma vez que os ITS se enquadram numa área científica multidisciplinar, esta constitui uma boa área de teste para as teorias da psicologia cognitiva [13]. Em relação às necessidades práticas, estas prendem-se a áreas que por motivos sociais e económicos não é possível recorrer a tutores humanos. Assim sendo, o recurso a ITS permitem obter resultados que não eram possíveis devido às limitações anteriormente referidas. Existe um consenso que o ensino individual, adaptado às necessidades específicas de cada aluno, é a forma de interacção educacional mais efectiva [9].

2.2 Princípios de um Tutor Inteligente

Os CAI evoluíram consideravelmente desde os programas lineares usados nos anos 50 até aos sistemas que actualmente são designados por ITS. O problema central dos primeiros sistemas incidia na incapacidade de fornecer uma resposta às necessidades de aprendizagem do aluno, e à ausência de individualização. Para superar estas limitações os sistemas CAI foram evoluindo durante três décadas para chegarem ao que pode ser designado por ITS [9].

Os primeiros sistemas foram desenvolvidos nos anos 50 [12]. Designados por programas lineares, eram apresentados na forma de janelas (também designadas por *frames*) [9, 12]. Neste tipo de sistemas o material seleccionado é disposto de forma a guiar os estudantes passo a passo até ao comportamento desejado. A maioria das *frames* era constituída por questões simples, e o seguimento era independente das respostas obtidas. As maiores limitações dos programas lineares deviam-se à falta de individualização, uma vez que todos os alunos recebiam o mesmo material de estudo e questões, sendo estes apresentados também na mesma sequência. As características dos alunos, assim como as respostas dadas, eram irrelevantes para a definição da forma de ensino [9].

Com o recurso a técnicas de identificação de padrões foi possível desenvolver sistemas com a capacidade de analisar as respostas dados pelo aluno [12, 14]. Nos finais dos anos 60 e início dos anos 70 surgiram os sistemas geradores [9]. Um sistema

gerador tem a capacidade de gerar material didáctico [12, 14], sendo os principais precursores dos ITS. Apesar da individualização e resposta às necessidades terem sido melhorados face aos sistemas anteriores, a representação do conhecimento ainda não estava bem desenvolvida [9].

Com o objectivo de aproximar os sistemas desenvolvidos aos tutores humanos incorporou-se as técnicas de IA, sendo estes novos sistemas designados de ICAI ou ITS [12]. Os primeiros passos para utilização de técnicas de IA recaíram sobre a representação do conhecimento. Recorreu-se a diversas técnicas para a representação do conhecimento, como redes semânticas, mas o desenvolvimento mais significativo ficou a dever-se à separação da representação do conhecimento, dos restantes componentes do sistema. Posteriormente, nos anos 70, a investigação centrou-se na representação do aluno e depois na implementação de estratégias de ensino [12].

2.3 Arquitectura de um Tutor Inteligente

A arquitectura dos ITS existente é variável, sendo difícil encontrar arquitecturas semelhantes [9]. No entanto existe consenso em relação à estrutura padrão de um ITS, podendo-se dizer que este é constituído por componentes que têm conhecimento sobre o domínio que está a ser leccionado, o aluno e forma como leccionar esse domínio [10].

Os primeiros sistemas CAI possuíam uma estrutura única, ou seja, os vários componentes necessários para desenvolver o processo de ensino se encontravam-se agrupados. Esse tipo de estrutura causava problemas caso fosse necessário efectuar alterações no sistema, por isso nos ITS optou-se por uma estrutura repartida em módulos [12].

Inicialmente era consensual que um ITS é constituído pelo menos por três componentes básicos: Modelo de Domínio, Modelo de Aluno e Modelo Pedagógico [12, 7]. Posteriormente foi sugerido que se poderia acrescentar um quarto componente, o Modelo de Interação [9].

Assim sendo a arquitectura clássica de um ITS é constituída por quatro componentes: Modelo de Domínio, Modelo de Interação, Modelo de Aluno e Modelo Pedagógico, como se pode observar na figura 2.2 [8].

O Modelo de Domínio representa o conhecimento que o aluno está a adquirir, sendo considerado o cerne do ITS, pois providencia a base necessária à interpretação das acções do aluno. Por norma, nos ITS clássicos, o modelo de domínio é constituído por um sistema pericial, que possibilita a geração de soluções para os problemas

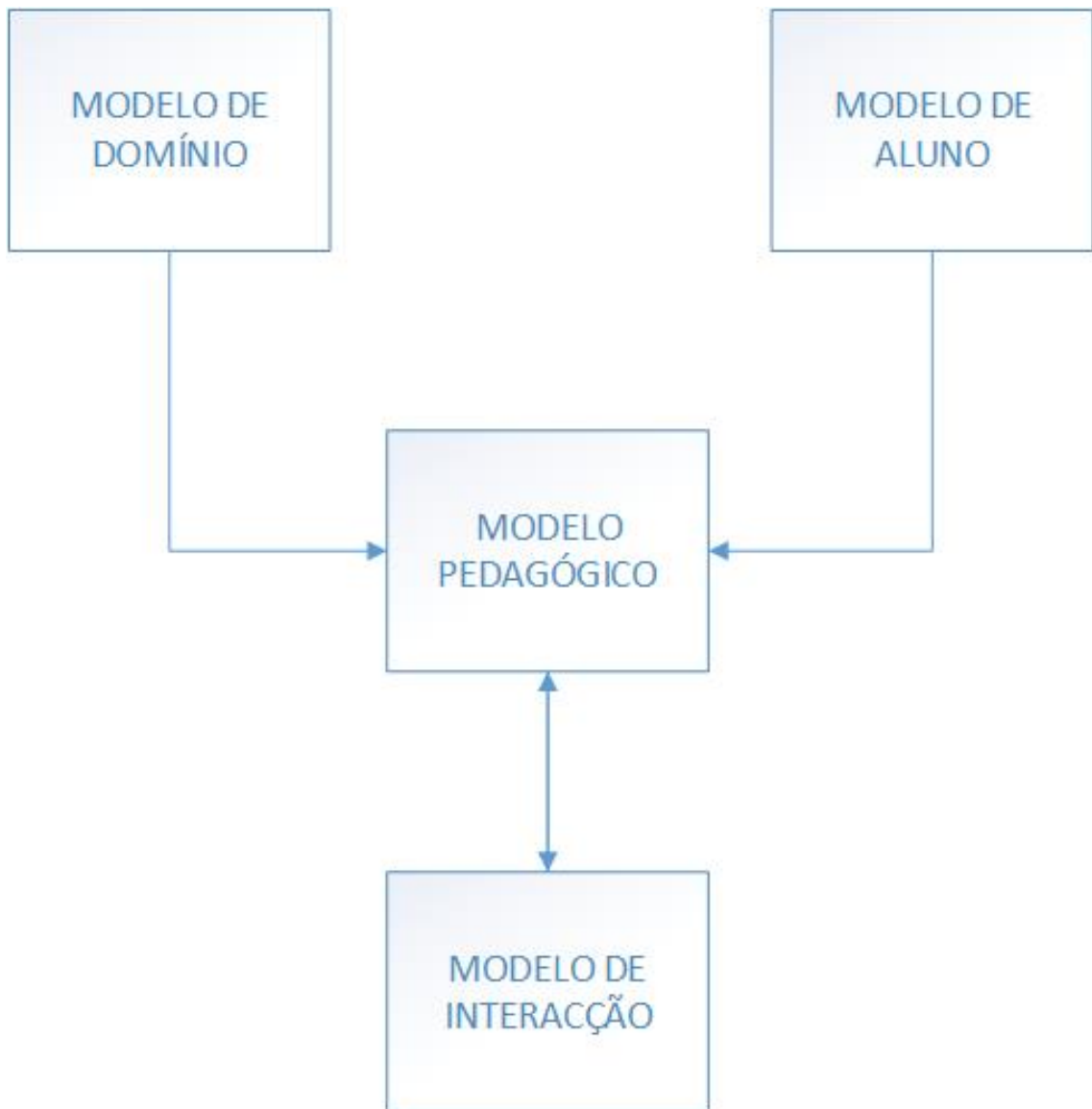


Fig. 2.2: Arquitectura clássica de um ITS (Adaptado de [8]).

resolvidos pelo aluno. No entanto o uso de sistemas periciais não se aplica a todos os ITS, podendo ser usadas outras abordagens [8]. As funções que o Modelo de Domínio deve desempenhar consistem na resolução dos problemas resolvidos pelos alunos, assim como a análise das respostas dadas por estes, de forma a gerar novos problemas adequados [15].

O Modelo de Interação engloba os elementos necessários para o aluno comunicar com o sistema [12].

O Modelo do Aluno consiste na representação do conhecimento que o sistema tem em relação ao aluno [15]. É constituído por dois componentes, o Modelo de *Overlay* e o catálogo de erros. O primeiro componente consiste numa cópia do Modelo do Domínio, em que cada unidade de conhecimento é classificada com uma estimativa do conhecimento que o aluno possui da mesma [7]. O segundo componente, o catálogo de erros, consiste num conjunto princípios de falsos e factos incorrectos, indicando onde o aluno adquiriu os conceitos incorrectos [8].

O Modelo Pedagógico pode ser definido como um conjunto de acções utilizadas para o aluno adquirir conhecimento do domínio de estudo [15]. Este módulo pode operar a dois níveis, do currículo e no apoio à resolução de problemas. A nível do currículo, criando uma sequência de tópicos adequada à aprendizagem, com uma individualização em relação ao número de problemas necessários para o aluno adquirir as competências. Em relação ao apoio à resolução de problemas, podem ser definidas cinco tipos de intervenções para alcançar este objectivo, sendo eles a realização de demonstrações, guia de resolução passo a passo, resolução monitorizada, procura de objectivos e exploração livre [8].

No entanto nem todos os ITS utilizam a arquitectura clássica referida, e cada componente pode apresentar diferentes níveis de sofisticação. A maioria dos ITS apresenta um Modelo de Domínio e de aluno bem desenvolvidos, no entanto as estratégias de ensino apresentam-se como um simples conjunto de heurísticas e sem um modelo de comunicação explícito. Por outro lado existem ITS que possuem um bom modelo de comunicação que permite uma comunicação do aluno com o sistema [16].

Novas gerações de arquitecturas representam uma ruptura com a arquitectura tradicional, incorporando os desenvolvimentos da engenharia de software, assim como de novas teorias da aprendizagem [17].

2.4 Classificação dos Tutores Inteligentes

Em 1996 Beck afirmou que era possível classificar os ITS de acordo com o ambiente de aprendizagem e tipo de conhecimento [18].

2.4.1 Ambiente de Aprendizagem

Em alguns sistemas opta-se por basear o ensino na simulação de um ambiente de trabalho realista, de forma a que o aluno aprenda a realizar determinadas tarefas. O desenvolvimento deste tipo de sistemas é motivado por ambientes de trabalho perigosos, em que existe um risco elevado ao realizar treinos que requerem o uso de equipamento real por indivíduos ainda não habilitados, ou quando existem escassos recursos para treinar os alunos. Este tipo de sistemas de simulação permitem então uma redução dos custos e dos riscos associados [18, 19].

Outros sistemas são menos rigorosos na representação do ambiente de aprendizagem, as situações apresentadas são semelhantes a cenários reais em que o conhecimento pode ser aplicado, mas não constituem realmente simulações [18]. Por fim existem sistemas em que o conhecimento é adquirido de forma descontextualizada, sem tentativa de simular o mundo real. Estes sistemas providenciam problemas para o aluno resolver sem se tentar ligar ao mundo real, sendo pensados para ensinar conhecimentos abstractos que podem ser utilizados para resolução de problemas [18].

2.4.2 Tipo de Conhecimento

Para um desenvolvimento mais simples muitos ITS tendem a focar-se apenas num tipo de conhecimento. A maioria dos ITS ensina competências procedimentais, sendo pretendido que o aluno aprenda a realizar uma tarefa. Sistemas desenvolvidos de acordo com estes princípios podem ser designados por tutores cognitivos [18].

Outros ITS concentram-se no ensino de conceitos. Deparam-se com duas dificuldades, a necessidade de um domínio de conhecimento mais substancial e o facto de o processo de aprendizagem de conceitos ser menos entendido que o ensino de tarefas, existindo mais dificuldades na elaboração das estratégias de ensino. Estes sistemas são designados por tutores baseados em conhecimento [18].

2.5 Desenvolvimento de Tutores Inteligentes

Em 1997 Corbett, Koedinger e Anderson definiram que as principais actividades necessárias para o desenvolvimento de um tutor inteligente eram [8]:

- Avaliação das necessidades dos alunos;
- Análise das tarefas cognitivas;
- Implementação do tutor;
- Avaliação;

O primeiro passo é comum à engenharia de software, mas no caso dos tutores envolve especificação de objectivos de aprendizagem e currículo. A análise das tarefas cognitivas visa a definição de um modelo cognitivo válido, sendo os métodos principais para o desenvolvimento desse modelo as entrevistas com peritos do domínio e o recurso a técnicas de “protocolos verbais” (*think aloud protocols*) com peritos e alunos. A avaliação de aplicações educacionais é semelhante à avaliação de outro tipo de *software*, englobando estudos piloto, avaliações formativas e avaliações sumativas [8].

Os mesmos autores definiram um conjunto de princípios gerais para o desenvolvimento de tutores inteligentes, definindo também um princípio geral fundamental, em que afirmam que o tutor deve possibilitar ao aluno trabalhar de forma a atingir uma conclusão satisfatória do problema que tinha para resolver. Os restantes princípios gerais são [8]:

- Representação das competências do aluno;
- Comunicação da estrutura dos objectivos;
- Providenciar instruções para a resolução de problemas;
- Promover um entendimento abstracto da resolução de problemas;
- Minimizar o uso de memória;
- *Feedback* dos erros;
- Ajustar o nível da aprendizagem;
- Facilitar a aproximação do objectivo.

Apesar de existirem muitas variações nos diferentes ambientes de aprendizagem no que toca a tutores inteligentes, os autores consideraram que o maior factor de sucesso partia da possibilidade do aluno atingir a solução de cada problema [8].

2.6 Tutores Inteligentes em Medicina

A aplicação da IA em Medicina iniciou-se nos anos 70, como resposta a necessidades, oportunidades e interesses que surgiram ao longo do tempo, devido à maior procura de cuidados médicos de qualidade e ao aumento da quantidade e qualidade do conhecimento médico [2].

Com o crescimento do recurso à IA em Medicina surgiu o interesse em aplicar os conhecimentos dos sistemas de aprendizagem baseados em computador na formação de profissionais de saúde [2]. Apesar das expectativas elevadas, tendo até sido afirmado que o recurso a computadores para a formação médica apresentava-se como uma inovação equiparável à invenção do microscópio e do estetoscópio, o desenvolvimento e uso de aplicações vocacionadas para o ensino em Medicina ficou aquém do esperado [2].

Apesar do revés, continuaram a existir motivações para o desenvolvimento de novas aplicações. A importância que a componente prática apresenta na formação prática é realçada pela necessidade da existência de uma formação contínua, assim como permitir que os estudantes tenham a oportunidade de resolver problemas práticos desde uma fase precoce da sua formação. O suporte à aprendizagem por resolução de problemas consiste numa área em que os conhecimentos dos sistemas de aprendizagem baseados em computador podem ser aplicados. A possibilidade de fornecer um ensino mais interactivo, com menores restrições de tempo e localização, assim como menores riscos para os pacientes e limitações de custos, constituem outras vantagens que o recurso aplicações educacionais pode trazer para a área médica [2].

Segundo Eliot, em 1996, a utilização dos computadores com propósitos educacionais em medicina produziu muitas expectativas e poucos resultados práticos porque muitos sistemas de apoio à decisão médica eram apresentados com a mais valia de poderem ser usados como ferramentas educativas, mas verificou-se que a componente de explicações por vezes não era suficiente para esses propósitos [20].

O uso de ITS em Medicina permite um *feedback* imediato, estimulando o processo de aprendizagem. Ao construir de forma dinâmica o modelo de aluno, podendo seleccionar um conteúdo mais adaptado às suas características, maximizando o tempo

de estudo [21].

Seguidamente serão apresentados alguns dos tutores inteligentes desenvolvidos para a área médica.

O GUIDON foi um ITS que foi desenvolvido por Clancey e colegas na Universidade de Stanford, sendo o objectivo desenvolver um tutor que utilizasse a base de conhecimento MYCIN, um dos primeiros sistemas periciais na área médica, utilizado para a sugestão de tratamentos para infecções bacterianas [22, 9]. Este projecto foi a primeira tentativa de adaptar um sistema pericial já existente a um tutor inteligente [9].

O GUIDON já estava operacional no início de 1979 [22], mas durante o projecto foram desenvolvidos métodos para explicações automáticas e modelação de aluno que podiam ser incorporadas em programas para auxiliar o ensino de diagnóstico médico. Alguns dos módulos desenvolvidos foram [23]:

- *Guidon-Watch*: mostrar graficamente o raciocínio de um sistema pericial;
- *Image e Odysseus*: modelar estratégias de diagnóstico;
- *NeoExpl*: estratégias explicativas;
- *Guidon-Manage*: ajudar os alunos a reflectir sobre o processo de raciocínio no diagnóstico médico.

Alguns autores consideram que aplicações como o GUIDON comprovaram que não era adequado adaptar sistemas periciais médicos para um tutor, uma vez que estes sistemas são difíceis de perceber e explicar, e que o raciocínio de um perito é inconsistente com o raciocínio de um aluno de medicina [9, 20].

Smith e colegas desenvolveram o sistema *Transfusion Medicine Tutor*, um protótipo com o objectivo de ajudar os alunos de medicina a desenvolver conhecimentos e técnicas para a identificação de anticorpos em glóbulos vermelhos, sendo um ITS orientado para a resolução de problemas [24].

Eliot e colegas desenvolveram um tutor inteligente baseado em ambientes de simulação. O Cardiac Tutor tem como objectivo funcionar como ferramenta de suporte dos cursos de *Advanced Cardiac Life Support (ACLS)* [20].

Evans e colegas desenvolveram o CIRCOSIM-Tutor, para o domínio da fisiologia cardiovascular, recorrendo a diálogos em linguagem natural com o utilizador. O sistema é capaz de gerar texto pedagogicamente e linguisticamente correcto [25]. O sistema descreve um problema ao utilizador, pedindo ao aluno que preveja alterações qualitativas em sete variáveis cardiovasculares [26].

O RadTutor, desenvolvido por Azevedo e colegas, consistiu num protótipo de um tutor cognitivo com o objectivo de auxiliar o treino de internos de radiologia no diagnóstico de doença mamária a partir de mamogramas com evidências patológicas [27].

Desenvolvido por Sharples e colegas, o MR Tutor apresenta uma abordagem estruturada à descrição de lesões radiológicas, sendo dirigido a internos de neuroradiologia. Baseado na abordagem construtivista da aprendizagem, o aluno é auxiliado a adquirir conhecimento relacionado com a descrição de características anormais presentes numa imagem. A perícia radiológica baseia-se em duas capacidades, distinção de uma incidência normal e a distinção entre o normal e o patológico, sendo estas capacidades que o MR Tutor pretende ajudar a desenvolver [28].

Docs 'n Drugs - The Virtual Polyclinic consiste num ITS desenvolvido por Martens e colegas, baseado na importância da prática clínica e do contacto com os pacientes. Usado pelos alunos da Universidade de Ulm como parte do seu plano de estudos desde o ano 2000, pretende fornecer um suporte às aulas tradicionais, mas mais flexível e adaptável que o estudo individual [29].

O COMET, desenvolvido por Suebnukarn e colegas, combina os conceitos dos ITS com o *Computer Supporter Collaborative Learning* (CSCL) com o objectivo de fornecer um sistema que auxilie a resolução de problemas em grupo em ambiente PBL (*problem-based learning*) em Medicina [30]. Muitas escolas médicas recorreram ao PBL como abordagem de ensino, assim como noutras áreas de formação de profissionais de saúde. O sistema desenvolvido recorre a redes bayesianas para modelar o conhecimento e actividade do aluno, assim como do grupo em que este se integra. Os modelos gerados são usados para gerar sugestões que possam guiar o grupo durante as actividades do ambiente PBL [31].

Em 2006 Alves e colegas desenvolveram um ITS para o ensino em Medicina com base em sistemas multi-agente. O propósito consiste na simulação de um diálogo conversacional na área da medicina, que permita a integração de fontes de informação heterogéneas numa base de conhecimento coerente, sendo o conteúdo do sistema gerado automaticamente através do trabalho diário dos profissionais de saúde [32].

O TeachMed, desenvolvido por Kabanza e colegas, pretende auxiliar o ensino do raciocínio clínico. O raciocínio clínico engloba os passos necessários para chegar a um diagnóstico relativo à sintomatologia apresentada por um paciente, assim como possíveis terapias. Para resolver um problema clínico o aluno necessita de se apoiar no conhecimento declarativo já aprendido e nos casos semelhantes que observou. Para cumprir o objectivo de facilitar a aprendizagem do raciocínio clínico o

TeachMed recorre a um simulador de paciente [33].

O SlideTutor consiste num tutor cognitivo para ensino de resolução de problemas de classificação visual. Crowley e colegas desenvolveram este sistema com uma arquitectura que engloba aspectos dos tutores cognitivos e dos sistemas baseados em conhecimento com o objectivo de auxiliar internos a realizar diagnósticos microscópios de doenças inflamatórias da pele [3]. Posteriormente foi desenvolvido o ReportTutor, uma interface em linguagem natural que analisa e providencia *feedback* no desenvolvimento e geração de um relatório de diagnóstico para casos de melanoma [34].

Romero e colegas desenvolveram um simulador adaptativo para treino de técnicas de reanimação cardiopulmonar [35]. Aparicio e colegas desenvolveram um sistema de acesso inteligente a informação para alunos de medicina com base em ontologia [36].

2.7 Conclusões

Os Tutores Inteligentes são ferramentas de aprendizagem que tiveram como modelo o tutor humano, incorporando técnicas provenientes da Inteligência Artificial de forma a aproximar-se da realidade [9, 8]. O principal objectivo seria motivar o aluno, apoiando o desenvolvimento de raciocínio e interagir com ele com base no seu comportamento [8].

No entanto os primeiros sistemas desenvolvidos apresentavam limitações na resposta às necessidades do aluno, nomeadamente na adaptação às suas características individuais [9].

A arquitectura dos ITS é variável, no entanto existe consenso em relação à estrutura padrão de um ITS, a arquitectura clássica, podendo-se dizer que esta é constituída por quatro componentes: Modelo de Domínio, Modelo de Interação, Modelo de Aluno e Modelo Pedagógico [10, 8]. No entanto com a evolução do *software* foram surgindo novas arquitecturas que não cumprem com a estrutura tradicional [17].

A aplicação da IA em Medicina iniciou-se nos anos 70, e com o aumento do número de sistemas desenvolvidos surge o interesse em aplicar os conhecimentos dos sistemas de aprendizagem baseados em computador na formação de profissionais de saúde [2]. Mas as expectativas elevadas foram defraudadas pelo número reduzido de sistemas desenvolvidos [2, 3].

Sistemas de Hipermedia Adaptativos

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos associados aos Sistemas de Hipermedia Adaptativos. Na secção 3.1 é realizado um sumário dos primeiros passos na investigação em Hipermedia Adaptativa. Na secção 3.1.1 é abordada a arquitectura global destes sistemas. Na secção 3.2 são referidas as principais áreas de aplicação. Na secção 3.3 são abordadas as características usadas nestes sistemas. Na secção 3.4 são referidos os principais métodos e técnicas utilizados.

3.1 Introdução

A Hipermedia Adaptativa (HA) pode ser descrita como o resultado da intersecção de investigações realizadas na área da Hipermedia e da Modelação de Utilizadores [37]. Com a HA pretende-se obter sistemas que sejam capazes de dar uma resposta diferenciada aos seus utilizadores, de acordo com as suas diferentes necessidades, tendo por base um modelo que represente os seus objectivos, conhecimento e preferências [38].

O recurso a um Modelo de Utilizador (MU) explícito apresenta-se como uma característica dos sistemas de Hipermedia Adaptativa (SHA). O MU deve englobar as características que permitem distinguir os diferentes utilizadores. Os dados recolhidos para integrar o modelo de utilizador podem provir de diferentes fontes, de forma implícita, como através da observação da interacção do utilizador, como de forma explícita, requerendo ao utilizador determinadas informações [39]. Na figura 3.1 pode-se visualizar um resumo deste processo. Estes aspectos permitiram que a HA ultrapasse a limitação da Hipermedia tradicional de fornecer o mesmo conteúdo a todos os utilizadores [37].

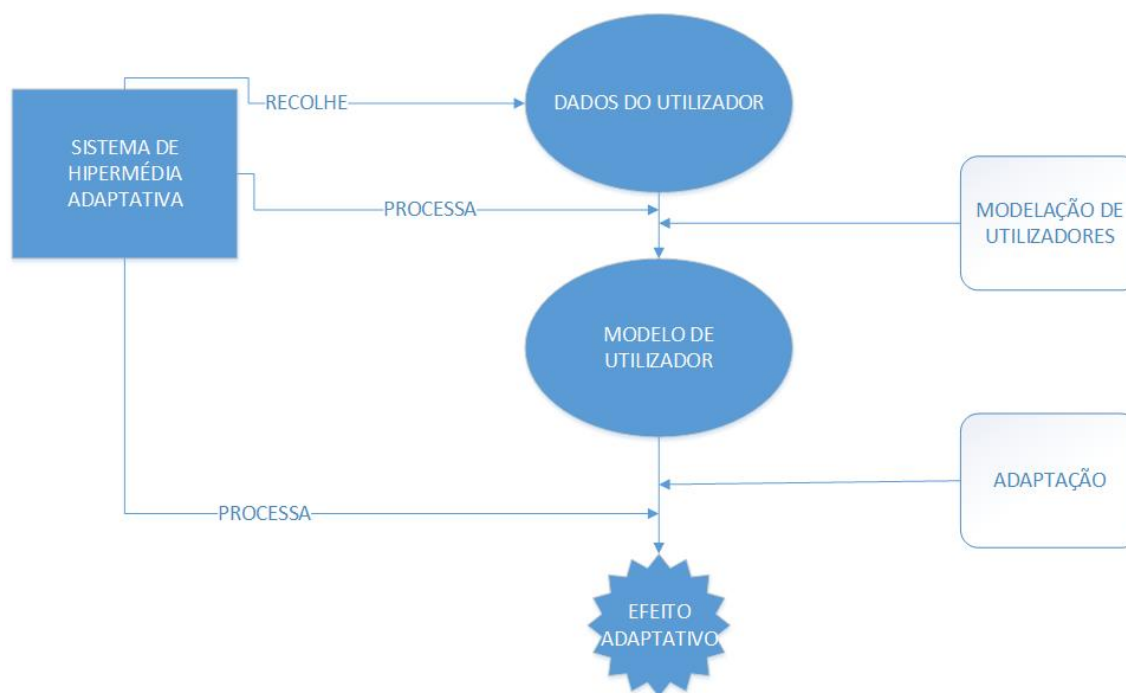


Fig. 3.1: Efeito adaptativo em Sistemas de Hipermedia Adaptativa (adaptado de [38])

A investigação em Hipermedia Adaptativa remonta ao início dos anos 90, em que as áreas de Hipertexto e Modelação de Utilizadores possuíam um nível de maturidade suficiente para uma junção de ideias. Algumas equipas de investigadores iniciaram pesquisas à procura de formas de adaptar os resultados e comportamento dos sistemas de Hipertexto aos utilizadores individuais [37].

O ano de 1996 pode ser considerado o ano de viragem para a investigação em HA. Antes desse ano a investigação na área era realizada por equipas isoladas. Devido ao surgimento de novas equipas de investigação, depois de 1996 a HA entrou num período de rápido crescimento, com o desenvolvimento de novos projectos. Começou também a ser uma área seleccionada para tema de teses de doutoramento. Os principais factores que levaram a este rápido crescimento foram o aumento da utilização da *World Wide Web* (WWW) e a acumulação e consolidação de pesquisa em HA [37].

Como o público da WWW é bastante diversificado, devido à sua elevada abrangência, este aspecto levou a um aumento da necessidade de providenciar conteúdo adaptado, o que impulsionou a pesquisa em HA. Assim a WWW, para além de um desafio, proporcionou uma plataforma interessante para esta área de investigação [37].

A acumulação e consolidação de investigação na área forneceu uma boa base

para os trabalhos que foram desenvolvidos posteriormente. Os primeiros trabalhos quase não possuem referências a trabalhos similares em HA, descrevendo métodos e técnicas originais. Quase todos os sistemas desenvolvidos em 1996 foram sistemas experimentais, como o ELM-ART [40] e o InterBook [41], permitindo demonstrar e explorar ideias inovadoras [42, 37].

3.1.1 Arquitectura de um Sistema de Hipermedia Adaptativa

Benyon em 1993 [43] propôs uma arquitectura para os sistemas de Hipermedia Adaptativos (SHA) que considera que estes devem possuir três componentes essenciais [44]:

- Modelo de Utilizador;
- Modelo de Domínio;
- Modelo de Adaptação.

O Modelo de Utilizador consiste numa representação da informação referente ao utilizador [45]. Contém dados relativos ao utilizador, nomeadamente a nível do conhecimento e preferências. É esta componente que permite ao sistema tirar conclusões sobre as características do utilizador [44].

O Modelo de Domínio é representado por um conjunto de conceitos relacionados com o domínio de estudo [44]. Este modelo fornece uma estrutura para a representação do conhecimento do utilizador sobre o domínio. Uma das formas mais simples de Modelo de Domínio consiste num conjunto independente de conceitos [46].

O Modelo de Domínio decompõe o conhecimento sobre uma determinada área de estudo num conjunto de elementos que pode ser designado por elementos do domínio de conhecimento. Estes elementos podem possuir diferentes nomenclaturas nos diversos sistemas, como conceitos, tópicos ou objectivos de aprendizagem [45].

O Modelo de Adaptação define e representa a interacção entre o utilizador e o sistema. Por norma é composto por mecanismos de avaliação, inferência e adaptação [44].

Um SHA deve, então, cumprir os seguintes requisitos [47]:

- Ser um sistema de Hipermedia, que permite ao utilizador navegar pelo hiperespaço do domínio de aplicação;

- Incluir um MU, que descreva as características relevantes do utilizador;
- Providenciar um mecanismo adaptativo de forma a realizar a adaptação dinâmica da hipermedia com base no estado do MU.

3.1.2 Distinção entre sistemas adaptáveis e adaptativos

Tanto nos sistemas de hipermedia adaptáveis como nos adaptativos o utilizador desempenha um papel central, sendo o objectivo primordial deste tipo de sistemas oferecer um resultado personalizado de acordo com as características que o utilizador apresenta. No entanto estes sistemas diferem na forma como a adaptação é realizada [47].

O sistema adaptável permite que o utilizador configure, através da alteração de alguns parâmetros e do estabelecimento do seu perfil, as características necessárias para obter um resultado personalizado [47, 7]. Através do monitorizamento do comportamento do utilizador, nos sistemas adaptativos o MU é actualizado de forma dinâmica [47, 48, 7].

3.1.3 Autoria para Sistemas de Hipermedia Adaptativos

Inicialmente o desenvolvimento de SHA era mais focado na realização da adaptação, sendo o processo de autoria colocado um pouco de parte [49]. Com o aumento da utilização destes sistemas surgiu a necessidade de tornar o processo de autoria mais simples e intuitivo [49]. No entanto o processo de autoria para SHA é considerado complexo, devido às necessidades de conteúdo alternativo e caminhos de navegação exigidos, mesmo para um domínio de estudo relativamente simples [50].

O processo de autoria para um SHA envolve, por norma, as seguintes fases [49]:

- Criação de conteúdo: engloba o desenvolvimento de material alternativo para o mesmo conceito, possibilitando a adaptação de conteúdo e a existência de múltiplos caminhos de navegação, permitindo a adaptação às necessidades dos diferentes tipos de utilizadores;
- Criação de um modelo de domínio: desenvolvimento de uma estrutura e hierarquia relativa aos conceitos do domínio de estudo, e a sua ligação ao conteúdo existente;
- Especificação dos aspectos usados para a adaptação;

- Criação de um modelo pedagógico: especificação da forma como o MU será actualizado e como a adaptação será realizada.

3.2 Classificação dos Sistemas de Hipermedia Adaptativos

Em 1996 Brusilovsky classificou os SHA existentes em seis grupos de acordo com a sua área de aplicação [38]:

- Sistemas de Hipermedia Educacional: aplicação da HA no ensino;
- Sistemas de Informação *Online*: sistemas que permitam o acesso a informação de referência, englobando a documentação *online* e as enciclopédias electrónicas;
- Sistemas de Ajuda *Online*: sistemas que fornecem informação relativamente a aplicações ou ferramentas às quais se encontram associados;
- Sistemas para a Recuperação de Informação: sistemas que combinam as técnicas de recuperação de informação com a hipermedia;
- Sistemas de Hipermedia Institucional: sistemas que fornecem informações que auxiliam o trabalho desenvolvido em determinada instituição;
- Sistemas de Gestão da Informação Personalizada em Ambientes Fechados: sistemas que permitem o acesso a determinadas áreas do hiperespaço, de acordo com o trabalho desenvolvido pelo utilizador.

A Hipermedia Educacional é considerada área de investigação mais popular em HA, em que os sistemas desenvolvidos baseiam-se, principalmente, na utilização do conhecimento do aluno para realizar a adaptação [47]. Os SHA Educacionais possuem hiperespaços relativamente pequenos, que representam o objecto de estudo [38].

O interesse em desenvolver sistemas que permitissem o ensino à distância com resultados satisfatórios foi um factor que impulsionou a investigação nos SHA Educacionais [37].

Os Sistemas de Informação *Online* são outra área de aplicação popular em HA, que englobam a documentação *online* e as enciclopédias electrónicas. Estes sistemas pretendem fornecer um acesso a informação de referência, a utilizadores com

diferentes níveis de conhecimento na temática abordada. Dependendo da temática abordada, o tamanho do hiperespaço pode variar significativamente, podendo apresentar pequenas dimensões, quando o tema possui pouca informação, ou ser um hiperespaço de maior dimensão [38]. Neste tipo de sistemas o conhecimento do utilizador, o seu *background* e os seus objectivos desempenham um papel fundamental para encontrar a informação mais relevante para o utilizador [51]. Em 2001 Brusilovsky considerou que, para além dos Sistemas de Informação *Online* clássicos, esta categoria pode incluir outros sistemas especializados como os quiosques de informação, museus virtuais e sistemas de comércio electrónico também deviam pertencer a este grupo [37].

Os Sistemas de Ajuda *Online* encontram-se associados a aplicações ou ferramentas sobre as quais disponibilizam informação, de forma a facilitar a utilização das mesmas [47]. Estes diferenciam-se por não serem independentes da aplicação sobre a qual fornecem informações, e o seu hiperespaço ser por norma reduzido [38, 51].

Os Sistemas para a Recuperação de Informação combinam as técnicas tradicionais de recuperação de informação com hipermedia [38]. A principal dificuldade desta categoria de sistemas é dar apoio ao utilizador num hiperespaço não restrito. Podem distinguir-se duas categorias principais: sistemas orientados para a pesquisa e sistemas orientados para a navegação [37, 51].

O objectivo dos sistemas orientados à pesquisa é criar uma lista de hiperligações que satisfaça o pedido de informação efectuado pelo utilizador tendo por base não só as palavras-chave utilizadas, mas também as preferências e interesses presentes no MU. Os sistemas orientados para a navegação auxiliam o utilizador no processo de pesquisa através das tecnologias de suporte à navegação adaptativa [37, 51].

Os Sistemas de Hipermedia Institucional são pensados para disponibilizar a apoiar o trabalho desenvolvido em algumas instituições. Estes sistemas apresentam como característica específica serem utilizados diariamente por muitos funcionários da instituição. De acordo com as funções exercidas pelo funcionário este pode aceder sempre a uma área específica do hiperespaço, podendo ocasionalmente ter de aceder a outras secções de acordo com os seus objectivos de trabalho [38].

Os Sistemas de Gestão da Informação Personalizada em Ambientes Fechados permitem um acesso conveniente a parte do hiperespaço, de acordo com objectivos e interesses associados ao trabalho do utilizador. Assim o utilizador é protegido da complexidade de toda a informação existente, quando este apenas necessita de aceder a uma ou mais secções do hiperespaço para realizar o seu trabalho diário [38].

3.3 Características usadas nos Sistemas de Hipermedia Adaptativos

Nos SHA existentes antes de 1996, a adaptação era baseada tendo em consideração as várias características dos seus utilizadores, representadas no modelo de utilizador. Posteriormente a situação alterou-se com o surgimento de sistemas capazes de se adaptar a algo mais que as características do utilizador [37]. Em 2001 Kobsa sugeriu que se criasse uma distinção entre a adaptação aos dados do utilizador, dados de utilização e dados ambientais [52]. Os dados do utilizador consistem nas várias características do utilizador, enquanto que os dados de utilização compreendem informação relativa à interacção do utilizador com o sistema, que não podem ser incluídos nas características do utilizador, mas que são utilizados para tomar decisões de adaptação. Os dados ambientais compreendem todos os aspectos do ambiente associado ao utilizador, mas que não estão relacionados com o indivíduo em si [37, 51].

Seguidamente serão abordadas os aspectos mais relevantes para a realização da adaptação.

3.3.1 Características do Utilizador

Em 1996 Brusilovsky identificou cinco características utilizadas nos SHA existentes na altura [38, 51]:

- **Conhecimento:** conhecimento que o utilizador possui sobre o tema abordado no sistema;
- **Objectivos:** objectivos do utilizador relativamente à utilização do sistema;
- **Background:** experiências e conhecimento do utilizador não relacionados com o tema abordado no sistema;
- **Experiência:** nível de familiaridade do utilizador relativamente à aplicação e à sua utilização;
- **Preferências:** preferências do utilizador relativamente ao estilo de navegação.

O conhecimento representa uma das mais importantes características do utilizador, sendo usada num terço de todos os sistemas adaptativos [38, 51]. O conhecimento do utilizador em determinada matéria ou assunto é frequentemente representado

por um Modelo *Overlay*. O objectivo deste modelo é representar o conhecimento do utilizador como uma sobreposição relativamente ao Modelo do Domínio. Para cada conceito do domínio, é realizada uma estimativa do nível de conhecimento do utilizador relativamente a conceito. Em muitos SHA Educacionais o modelo de utilizador consiste apenas num Modelo *Overlay* do conhecimento do utilizador, por vezes designado de Modelo de Aluno. Para representar o conhecimento do utilizador pode também ser usado um Modelo de Esteriótipos, que classifica os utilizadores em categorias [38].

Os objectivos estão mais relacionados com o contexto em que o utilizador está inserido no sistema do que com o utilizador enquanto indivíduo. Dependendo do tipo de sistema os objectivos podem ser de pesquisa, resolução de problemas ou aprendizagem. Com esta característica pretende-se saber porquê que o utilizador está a usar o sistema e o que ele pretende atingir [38, 51].

Com *background* pretende-se modelar toda a informação relacionada com as experiências do utilizador fora do sistema ou do propósito de estudo. Com a experiência de hiperespaço pretende-se saber se o utilizador está familiarizado com o hiperespaço e sua facilidade em navegar pelo mesmo [38]. Apesar da experiência do utilizador no hiperespaço ser uma característica fácil de modelar e com significado, não é muito utilizada nos sistemas desenvolvidos depois de 1996 [37].

As preferências estão associadas com os gostos do utilizador em relação ao estilo de navegação. Estas características não podem ser deduzidas pelo sistema, o utilizador tem que informar directa ou indirectamente o sistema sobre elas [38, 51].

Na revisão efectuada em 2001 Brusilovsky acrescentou mais duas características, interesses e traços individuais [37, 51]. Apesar dos interesses terem sido a segunda característica dos utilizadores a ser modelada, não foram usados nos SHA mais antigos. Esta situação alterou-se com o desenvolvimento dos sistemas de Recuperação de Informação, que suscitou o interesse em modelar os interesses dos utilizadores em médio e longo prazo, de forma a serem usados paralelamente com os objectivos de pesquisa a curto prazo, com o objectivo de se melhorar a filtragem de informação e recomendações fornecidas [37, 51, 7].

Os traços individuais do utilizador constituem um grupo de características que, juntas, definem o utilizador como um indivíduo. Como exemplo temos factores de personalidade, factores cognitivos e estilos de aprendizagem. São tradicionalmente extraídos através de testes psicológicos elaborados para o efeito [37].

3.3.2 Ambiente

A adaptação ao ambiente do utilizador consiste num novo tipo de adaptação que surgiu com o desenvolvimento dos *Web-Based Adaptive Hypermedia Systems* (WBHS). Uma vez que os utilizadores de uma mesma aplicação podem residir, virtualmente, em qualquer lugar e usar equipamentos diferentes, a adaptação ao ambiente do utilizador tornou-se numa questão importante. A adaptação poderá ser realizada contemplando critérios como a localização do utilizador e a plataforma usada. A adaptação à plataforma (*hardware, software*) por norma inclui a selecção do tipo de material e os media mais adequados para apresentar o conteúdo [53].

3.4 Métodos e técnicas usados em Sistemas de Hipermedia Adaptativa

Em HA o espaço de adaptação é relativamente limitado, não existindo muitos componentes passíveis de alteração. Generalizando, a hipermedia consiste num conjunto de nodos ou hiperdocumentos (páginas) conectados através de ligações (*links*) [38]. As tecnologias utilizadas podem ser classificadas de acordo com o tipo de adaptação fornecida. Podem ser distinguidas duas áreas de adaptação, a nível da ligação, suporte à navegação adaptativa, e a nível do conteúdo, apresentação adaptativa [38].

De acordo com Brusilovsky dentro da HA podemos distinguir entre métodos (Secção 3.4.3) de alto nível e técnicas (Secção 3.4.4) de baixo nível usadas para realizar ou implementar os métodos referidos [38, 37, 51].

De seguida são descritas as tecnologias utilizadas em HA.

3.4.1 Apresentação Adaptativa

A ideia das diversas técnicas de apresentação adaptativa consistem em adaptar o conteúdo de uma determinada página acedida por determinado utilizador, de acordo com o seu conhecimento, objectivos e outras características. O conteúdo dessas páginas pode não ser só texto como nos sistemas hipertexto clássicos, mas também incluir itens multimédia. Assim pode distinguir-se, nas tecnologias de apresentação adaptativa, entre apresentação adaptativa de texto e conteúdos multimédia [38].

3.4.2 Suporte à navegação adaptativa

O objectivo do suporte à navegação adaptativa é auxiliar os utilizadores a encontrar o seu caminho através do hiperespaço, adaptando a forma como as hiperligações são apresentadas de acordo com os objectivos, conhecimento e outras características do utilizador [38].

As hiperligações podem ser classificadas de acordo com o que pode ser alterado e adaptado [38]:

- Hiperligações locais não contextuais: independentes do conteúdo da página;
- Hiperligações contextuais: embebidas no conteúdo da página;
- Hiperligações em páginas de índices e tabelas de conteúdos;
- hiperligações em mapas locais e globais.

As hiperligações locais não contextuais incluem todas as que são independentes do conteúdo da página, podendo aparecer sobre a forma de botões, listas ou menus *pop-up*. São fáceis de manipular uma vez que podem ser anotadas, ordenadas e ocultadas [38].

As hiperligações contextuais englobam as ligações que aparecem dentro de um texto ou imagem. Como estão embebidas no conteúdo da página não podem ser removidas, portanto podem ser anotadas, mas não é possível ordená-las ou ocultá-las totalmente [38].

Um índice ou página de conteúdos constituem um tipo especial de página que contém apenas hiperligações. De acordo com a forma de apresentação são classificados com índice, se as hiperligações estiverem organizadas por ordem alfabética, e página de conteúdos se ordenadas por conteúdos. Por norma as hiperligações deste tipo de páginas são consideradas não contextuais, a não ser que a página esteja implementada sobre a forma de imagem [38].

Os mapas constituem representações gráficas do espaço de navegação, em que os nodos estão interligados através de setas. Através do mapa o utilizador tem acesso às páginas correspondentes a cada nodo [38].

3.4.3 Métodos

Os métodos utilizados em HA são designados por métodos adaptativos. Estes podem ser definidos como generalizações de técnicas adaptativas já existentes. O método

adaptativo é determinado por uma ideia de adaptação definida a nível conceptual. O mesmo método conceptual pode ser implementado através de diferentes técnicas, e cada técnica pode ser usada para implementar diversos métodos recorrendo à mesma representação do conhecimento [38].

Métodos para Adaptação de Conteúdo

Em 1996 Brusilovsky descreveu os seguintes métodos para adaptação de conteúdo [38]:

- Explicações adicionais: informação adicional sobre um conceito que só é apresentada a determinadas categorias de utilizadores;
- Explicações de pré-requisitos: informações relativas a pré-conceitos que ainda não são dominados pelo utilizador;
- Explicações comparativas: comparação entre conceitos semelhantes;
- Explicações variantes: diferentes explicações para o mesmo conteúdo;
- Ordenação de fragmentos de informação: organização da informação de acordo com a sua relevância para o utilizador.

O método de explicações adicionais tem como objectivo ocultar informação sobre um conceito, quando esta não é relevante para o nível de conhecimento do utilizador. Considerando que determinado tipo de informação pode ser útil a uma determinada categoria de utilizadores, mas não apresentar relevância para outras categorias, este tipo de informação é apenas exibido para determinada categoria, sendo ocultada aos restantes utilizadores [38].

A explicação de pré-requisitos consiste num método que altera a informação apresentada com base no nível de conhecimento que o utilizador possui em conceitos relacionados com o que está a ser exibido. Antes de apresentar a explicação de um conceito são inseridas explicações sobre pré-requisitos que não estão ainda dominados pelo utilizador [38].

O método de explicações comparativas baseia-se também no conhecimento de conceitos relacionados, recorrendo às semelhanças entre conceitos. Se o utilizador já domina um conceito semelhante ao que vai ser apresentado, é exibida uma explicação comparativa sobre as diferenças e semelhanças existentes entre os dois [38].

O método de explicações variantes baseia-se na assunção que utilizadores diferentes requerem informação diferente. Considera-se que ocultar ou exibir parte do

conteúdo pode não ser suficiente, optando-se por possuir variações do mesmo. O utilizador irá visualizar a versão adequada de acordo com o seu MU [38].

A ordenação de fragmentos de informação é um método que tem em consideração o *background* e o nível de conhecimento do utilizador. A informação é ordenada de acordo com a relevância de cada fragmento para o utilizador [38].

Métodos de Suporte à Navegação Adaptativa

Os métodos de suporte à navegação adaptativa são classificados de acordo com os seguintes objectivos [38]:

- Encaminhamento global: tem como objectivo auxiliar o utilizador a encontrar o caminho de navegação mais curto para a informação que este pretende;
- Encaminhamento local: tem como objectivo auxiliar o utilizador a descobrir qual a ligação seguinte adequada para o nodo em que se encontra;
- Suporte à orientação global: tem como objectivo auxiliar o utilizador a entender a estrutura de todo o hiperespaço e qual a sua posição actual;
- Suporte à orientação local: tem como objectivo auxiliar o utilizador a compreender as diferentes possibilidades de navegação a partir da posição actual e qual a melhor ligação a seguir;
- Gestão de vistas personalizadas.

3.4.4 Técnicas

As técnicas adaptativas são parte do nível de implementação dos SHA e cada uma pode ser caracterizada por um algoritmo de adaptação específico e por um tipo específico de representação do conhecimento [38].

Técnicas de adaptação de conteúdo

Em 1996 Brusilovsky descreveu as seguintes técnicas para adaptação de conteúdo [38]:

- Texto condicional: apresentação de determinado segmento de texto de acordo com a verificação de uma condição;
- Texto alongado: expansão de texto a partir de *hotwords*;

- Fragmentos variantes: fragmentos com apresentações distintas para o mesmo conteúdo;
- Páginas variantes: páginas com apresentações distintas para o mesmo conteúdo;
- Janelas: apresentação de toda a informação relativamente a um conceito numa janela.

O texto condicional consiste numa técnica de adaptação de conteúdo que apesar de simples é efectiva. Através da divisão da informação associada a um conceito em segmentos, estes são associados a condições. As condições são referentes ao nível de conhecimento do utilizador. Assim cada segmento de informação só é apresentado ao utilizador quando a condição for verdadeira. Apesar de ser uma técnica de baixo nível por requerer algum trabalho de programação por parte do autor, permite uma boa flexibilidade [38].

O texto alongado consiste numa técnica de mais alto nível que também permite, tal como a anterior, ocultar ou exibir segmentos de informação de acordo com o nível de conhecimento do utilizador. Recorrendo a *hotwords*, que quando activas permitem a expansão do texto, admitindo assim a implementação de explicações adicionais. Uma importante característica desta técnica é permitir tanto ao sistema e como ao utilizador adaptar o conteúdo de uma página em particular de acordo com o nível de conhecimento e preferências [38, 54, 47].

O método de explicações variantes pode ser implementado com recuso às técnicas de fragmentos e páginas variantes. A técnica de páginas variantes recorre a alternativas da mesma página, em que o mesmo conteúdo possui diferentes apresentações. As apresentações alternativas correspondem aos diferentes tipos de utilizadores modelados [38, 47].

Com a técnica de janelas ou *frames*, toda a informação sobre um conceito é representada numa *frame*, sendo definidas regras para estipular a ordem das mesmas [38, 47].

Técnicas de suporte à navegação adaptativa

As técnicas de suporte à navegação adaptativa podem ser divididas em [37]:

- Ocultação de ligações: as hiperligações consideradas como inadequadas para o utilizador são removidas [38, 47];

- Ordenação: apresentação das hiperligações por ordem decrescente de relevância para o utilizador;
- Anotação: uma hiperligação é considerada anotada quando apresenta um aspecto visual diferente, como cor ou texto que sugiram a relevância do seu destino [38, 47];
- Encaminhamento directo: esta técnica é usada para decidir qual o melhor nodo para o utilizador prosseguir a navegação, de acordo com os seus objectivos e outros parâmetros presentes no MU [38, 47];
- Adaptação de mapas: através do recurso a outras técnicas pretende-se adaptar a forma como os mapas são apresentados ao utilizador [38];
- Geração adaptativa de ligações: a geração de novas hiperligações que não foram previamente definidas pelo autor [37].

3.5 Conclusões

A Hipermedia Adaptativa apresenta-se como uma intersecção entre as áreas de Hipermedia e a Modelação de Utilizadores, com o objectivo de dar uma resposta diferenciada aos utilizadores, evitando uma sobrecarga de informação [38, 37]. Os Sistemas de Hipermedia adaptativos constroem um modelo de objectivos, preferências e conhecimento de cada utilizador individual e usa esse modelo durante a interacção com o utilizador, de forma a adaptar-se às necessidades do mesmo [37]. A sua arquitectura global é composta por três componentes essenciais, o Modelo de Utilizador, Modelo de Domínio e o Modelo Pedagógico [44].

A partir do ano de 1996 a área da Hipermedia Adaptativa registou uma evolução muito rápida enquanto área de investigação [37]. Das principais áreas de aplicação destaca-se a Hipermedia Educacional, que devido ao interesse no ensino à distância e na maior facilidade de desenvolvimento de um Modelo de Utilizador, engloba um maior número de aplicações desenvolvidas [47]. Com o desenvolvimento de diversos sistemas foram surgindo métodos e técnicas para realizar a adaptação [38].

Modelo de Aluno

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos associados à elaboração de Modelos de Aluno. Na secção 4.1 é realizado um sumário dos primeiros trabalhos associados à modelação de utilizadores, englobando a aplicação dessa modelação em Hipermedia Adaptativa e a aplicações educativas. Na secção 4.2 são abordadas as principais características relativas ao utilizador que são utilizadas nos modelos elaborados. Na secção 4.3 são apresentadas formas de classificação da informação modelada. Na secção 4.4 são referidas as principais abordagens utilizadas para elaborar Modelos de Aluno.

4.1 Introdução

Os primeiros trabalhos realizados na área da modelação de utilizador foram efectuados por Allen, Cohen e Perrault [55]. Durante os primeiros 10 anos que seguiram estes primeiros trabalhos foram sendo desenvolvidos numerosos sistemas que recolhiam diferentes tipos de informação sobre os seus utilizadores, exibindo assim diferentes tipos de adaptação. No entanto, nestes primeiros trabalhos não existia uma distinção clara entre os diversos componentes do sistema, não havendo uma separação entre os componentes usados para a modelação de utilizador e os que realizavam outras tarefas [44]. A partir de meados dos anos 80 começou, gradualmente, a existir uma tendência para realizar uma separação entre os diversos componentes do sistema, no entanto não havia esforços para a reutilização da componente de modelação de utilizador em futuras aplicações [55].

Nos anos 90, com o maior desenvolvimento de aplicações em ambiente *Web*, a necessidade de sistemas personalizados fez-se sentir de uma forma mais pertinente,

levando a um aumento da relevância da pesquisa sobre modelos de utilizador, e a criação de novas abordagens para a modelização [55].

O MU consiste numa representação da informação que se encontra associada a um utilizador, sendo esta essencial para o sistema prover o efeito adaptativo [45].

4.1.1 Modelação de Utilizadores em Hipermédia Adaptativa

Para o desenvolvimento e manutenção de um modelo actualizado, o sistema necessita de recolher dados sobre o utilizador. A recolha de dados pode ocorrer de forma implícita, através da observação do comportamento do utilizador e da sua interacção com o sistema, ou de forma explícita, em que a informação obtida é introduzida pelo utilizador, como quando se recorre ao uso de questionários. Brusilovsky considerou que a modelação do utilizador e a adaptação podiam ser considerados dois lados da mesma moeda, o que realça a importância que o MU apresenta nos SHA [45]. No entanto nem todos os sistemas vão requerer o mesmo tipo de informação, assim sendo a quantidade e natureza da informação vai estar dependente do tipo de adaptação que se pretende fornecer com a aplicação desenvolvida [45].

4.1.2 Modelação de Utilizadores para SHA Educacionais

Para os sistemas educacionais desenvolvidos no âmbito da HA o Modelo de Aluno constitui a base da personalização do sistema às características do utilizador [10]. Assim o Modelo de Aluno pode descrever-se como uma representação abstracta do aluno, constituindo, no âmbito dos tutores inteligentes, a representação do aluno no sistema [12]. No entanto um Modelo de Aluno nunca pode ser considerado completamente correcto, uma vez que este consiste apenas numa aproximação, não sendo possível que este espelhe totalmente a realidade [47]. No caso dos SHA educacionais pretende-se que estes sejam capazes de gerir caminhos de aprendizagem adaptados a cada utilizador, e com a monitorização das suas actividades e interacção com o sistema, inferindo assim as suas necessidades.

Com isso o sistema pode apoiar o utilizador na exploração do domínio de conhecimento para, de forma dinâmica, facilitar o processo de aprendizagem [56].

Desenvolver um sistema que responda de forma dinâmica às necessidades do aluno é desafiador porque engloba não só as diferentes necessidades mas também diferentes características de aprendizagem. Para superar este desafio os ITS come-

çaram a incluir um módulo com a representação da modelação do aluno. A maioria dos sistemas educacionais desenvolvidos com o objectivo de serem adaptativas e personalizáveis optaram também pela inclusão de um Modelo de Aluno [56].

No entanto, devido ao facto de se inferir conhecimento a partir de um comportamento observado, existe um conjunto de dificuldades que podem ser associadas ao processo de desenvolvimento de um modelo de aluno [12]:

- O nível de incerteza associada ao ambiente de ensino;
- O conhecimento utilizado para realizar inferências ser inconsistente ou a inferência não ser completa;
- Não ser computacionalmente viável produzir explicações através do comportamento observado;
- A existência de comportamentos novos não esperados por parte do aluno.

Segundo Brusilovsky a classificação e análise dos modelos de aluno pode ser feita com base em três camadas [45]:

- Natureza: a informação a ser modelada;
- Estrutura: como essa informação é apresentada;
- Abordagens de modelação de utilizador: como os modelos são construídos e mantidos.

De seguida serão abordadas as principais características do utilizador utilizadas na modelação.

4.2 Características do Utilizador

De acordo com a natureza da informação que é modelada num SHA, pode efectuar-se uma distinção entre modelos que representam características do utilizador enquanto indivíduo e modelos que representam o contexto de utilização. As características relativas ao utilizador são importantes para todos os SHA, enquanto que o contexto apresenta especial preponderância nos sistemas adaptativos móveis, onde o contexto é essencial para realizar a adaptação [45].

Para construir um modelo de aluno deve ser considerado que dados devem ser recolhidos, como essa informação deve ser actualizada e como vai ser usada para fornecer adaptação. De certa forma neste processo pretende-se responder às seguintes questões: que características do aluno devem ser incorporadas no modelo, como vão ser modeladas e como é que o modelo vai ser usado [56].

As características relativas ao utilizador mais utilizadas são [45]:

- Conhecimento do utilizador: conhecimento que o utilizador possui relativamente ao domínio;
- Interesses: temas de interesse para o utilizador;
- Objectivos: propósito do utilizador relativamente à sua interacção com o sistema;
- *Background*: conjunto de experiências do utilizador fora do âmbito do domínio;
- Traços individuais: características que definem o utilizador enquanto indivíduo.

De seguida serão apresentadas em maior detalhe as características relativas ao utilizador.

4.2.1 Conhecimento do Utilizador

Os conhecimentos do utilizador sobre o domínio representa uma das características mais importantes, principalmente nos SHA educacionais. O conhecimento do utilizador tanto pode evoluir (aprendizagem) como regredir (esquecimento) de sessão para sessão ou até mesmo durante a mesma sessão. Isto significa que o sistema deve reconhecer as alterações no estado do conhecimento do aluno e actualizar o modelo de acordo com as alterações existentes [45].

A forma mais simples de modelar o conhecimento do aluno consiste no recurso a um Modelo Escalar, que estima o nível de conhecimento do utilizador através de um valor único numa escala quantitativa ou qualitativa. Os modelos escalares, especialmente os qualitativos, apresentam grande semelhança com os Modelos de Estereótipos (Secção 4.4.4), diferindo no facto de os escalares se focarem exclusivamente no conhecimento, sendo tipicamente produzidos através de autoavaliação ou testes objectivos, e não por um mecanismo de modelação. Apesar da sua simplicidade, os modelos escalares podem ser usados eficazmente para suportar técnicas simples de adaptação, mas estão limitados pela sua baixa precisão [45].

Para o desenvolvimento de sistemas mais focados em conhecimentos avançados do aluno, deve recorrer-se a modelos estruturais. Estes assumem que o conhecimento do utilizador pode ser dividido em fragmentos independentes, que representam determinados conceitos do domínio. De acordo com a natureza do conhecimento representado, os modelos estruturais podem ser classificados tendo em consideração o tipo de conhecimento representado (declarativo ou procedimental) e com a comparação realizada entre conhecimento do aluno (representado no modelo) e nível de conhecimento ideal (representado no modelo de domínio). A forma mais conhecida do modelo estrutural de conhecimento é o Modelo *Overlay* [45].

4.2.2 Interesses

As primeiras representações a nível dos interesses do utilizador foram os vectores de palavras-chave. Em vez da abordagem a nível de palavras-chave, alguns sistemas adoptaram uma abordagem a nível do conceito para a modulação de interesses do utilizador, onde estes são representados por um Modelo *Overlay* a nível de conceitos. Os modelos de interesses que apresentam uma abordagem a nível dos conceitos são geralmente mais poderosos que modelos ao nível de palavras-chaves, permitindo uma representação mais precisa dos interesses do utilizador [45].

4.2.3 Objectivos e tarefas

Os objectivos e tarefas do utilizador representam o propósito imediato do trabalho de um utilizador dentro de um SHA, no entanto o objetivo apresenta-se como a característica mais volátil, uma vez que pode alterar quase de sessão em sessão ou até várias vezes dentro da mesma sessão de trabalho [45].

O processo de reconhecimento de objectivos e tarefas é complexo e acaba por não muito preciso no geral [45]. Ao longo dos anos foram desenvolvidas abordagens para minimizar a complexidade deste processo. Inicialmente alguns sistemas permitiam que o utilizador especificasse o objectivo actual. Posteriormente uma das abordagens utilizadas para o reconhecimento de objectivos consistia na modelação do objetivo actual do utilizador como um Modelo *Overlay* probabilístico do catálogo de objectivos. Alguns dos projectos recentes exploram a utilização de tecnologias de *Data Mining* para a identificação da tarefa actual do utilizador de uma expectável sequência de tarefas, de forma a providenciar um suporte a nível de tarefas [45].

4.2.4 Background

O *background* do utilizador é um nome comum para um conjunto de características relacionadas com a experiência anterior do utilizador, fora do cerne do domínio do sistema. Por norma incluem profissão e responsabilidades laborais. Uma vez que informação detalhada sobre o *background* do utilizador não é necessária, a forma mais comum de a modelar consiste num simples Modelo de Estereótipos. Como é complexo deduzir informações relativamente a experiências do utilizador de forma implícita, opta-se por obter dados relativos ao *background* de forma explícita [45].

4.2.5 Traços Individuais

Os traços individuais de um utilizador englobam as características que o definem como indivíduo. Esta característica reúne aspectos como os traços da personalidade, estilos cognitivos e estilos de aprendizagem. Estes dados são obtidos, na maioria das vezes, com recurso a testes psicológicos desenvolvidos para o efeito [45].

Dos traços individuais, os mais usados com objectivos de modelação são os estilos cognitivos e os estilos de aprendizagem. No entanto a investigação associada ao uso de estilos cognitivos para adaptação possui um sucesso relativo, uma vez que, apesar dos estudos que comprovam a importância desta característica no comportamento do utilizador durante a navegação, poucos foram os casos de sucesso relatados com o recurso a este traço individual [45]. Em relação aos estilos de aprendizagem, estes aplicam-se sobretudo na área do ensino, sendo a maioria das aplicações desenvolvidas no sentido de adaptar o conteúdo apresentado. Não é no entanto claro quais os aspectos relativos aos estilos de aprendizagem devem ser modelados de forma a obter um bom resultado a nível de adaptação [45].

4.3 Classificação da Informação Modelada

A informação contida no modelo de aluno pode ser classificada de acordo com a sua dependência relativamente ao domínio de estudo [56]. Os Dados Dependentes do Domínio (DDD) apresentam uma correspondência com o modelo de domínio nos seguintes níveis [44, 7]:

- Nível das tarefas: engloba os objectivos e competências associadas ao domínio que o utilizador espera dominar, podendo estes evoluir ao longo do processo de aprendizagem;

- Nível lógico: engloba o conhecimento que utilizador possui sobre o domínio, sendo actualizado ao longo da aprendizagem;
- Nível físico: engloba o registo e inferência do perfil de conhecimento do utilizador.

Os Dados Independentes do Domínio (DID) são divididos por dois elementos, o modelo psicológico e o modelo genérico do perfil do aluno. Os dados psicológicos referem-se a aspectos cognitivos e afectivos do aluno, sendo por norma um tipo de dados que podem ser considerados permanentes, pois tendem a manter-se estáveis durante o processo de aprendizagem. Os dados relacionados com os interesses do utilizador e o seu *background* englobam o modelo genérico [44, 7].

Assim sendo os DID englobam algumas das seguintes características [44]:

- Capacidades cognitivas;
- Estilos de aprendizagem;
- Preferências;
- Perfil académico;
- Estilo cognitivo.

As características do utilizador também podem ser classificadas como características estáticas ou dinâmicas. As características estáticas encontram-se estabelecidas antes do processo de aprendizagem começar, sendo por norma obtidas através de questionários, uma vez que se mantêm inalteradas durante o processo de aprendizagem, devendo, no entanto, ser possibilitados meios para a alteração dessas características caso seja necessário. As características dinâmicas são obtidas através da interacção do aluno com o sistema, podendo ser actualizadas pelo sistema de acordo com o comportamento do aluno e dos dados recolhidos relativos à interacção [56].

A informação contida no modelo de aluno também pode ser classificada de acordo com a sua dependência face ao utilizador. Assim sendo temos os dados dependentes do utilizador, que englobam aqueles que lhe estão directamente associados e que o podem definir enquanto indivíduo, enquanto que os dados independentes do utilizador englobam aqueles que apenas afectam o utilizador de forma indirecta, estando na sua maioria relacionados com o contexto de utilização da aplicação [57].

4.4 Abordagens de Modelação

As técnicas existentes para a implementação do Modelo de Aluno podem ser classificadas em dois tipos de acordo com a forma de recolha de dados. Assim sendo podem ser divididas em técnicas baseadas em conhecimento e baseadas em comportamento [7]. Com base no conhecimento os dados utilizados são recolhidos através de questionários e estudo do aluno, com o objectivo de obter um conjunto de heurísticas inicial. Tendo por base o comportamento resultam dados obtidos através da monitorização do aluno durante a sua actividade e interacção com o sistema [44].

Existem diferentes tipos de abordagens para construir o modelos de aluno [56]:

- Modelo *Overlay*: representa o nível de conhecimento do aluno [56];
- Modelo de Esteriótipos: classifica os alunos em grupos de acordo com as suas características mais frequentes [56];
- Modelo Diferencial: representa o conhecimento que o aluno deve e não deve possuir [12];
- Modelo de Perturbação: modela o conhecimento do aluno e os seus equívocos [56];
- Técnicas de *machine learning*: observação automatizada das acções e comportamento dos alunos [56];
- Teorias cognitivas: tentativas de explicar o comportamento humano [56];
- Técnicas de modelação de lógica difusa: técnica de modelação para lidar com diagnósticos incertos de alunos [56];
- Redes Bayesianas: tal como as técnicas de lógica difusa, consiste numa forma de modelação desenvolvida para lidar com diagnósticos incertos [56];
- Ontologia: reutilização de modelos de alunos [56].

Cada uma das abordagens pode ser utilizada de forma isolada ou combinada com outras para desenvolvimento de um modelo híbrido [56], de acordo com as necessidades e objectivos do sistema desenvolvido [45].

4.4.1 Modelo Overlay

O Modelo *Overlay* constitui um dos modelos de aluno mais populares e usado [56]. Através deste método o conhecimento do utilizador é relacionado, ponto a ponto, com o Modelo de Domínio, requerendo que este seja representado por tópicos individuais e conceitos [44].

O aluno é visto como um subconjunto do Modelo de Domínio, sendo assim representado pelos conceitos que domina [12]. As diferenças existentes entre o conhecimento do aluno e do Modelo de Domínio são considerado como limitações do aluno, sendo o objectivo educacional eliminar essas diferenças [56], permitindo planejar que tópicos devem ser apresentados ao aluno de forma a colmatar as falhas existentes no seu conhecimento [12].

Os Modelos *Overlay* são no entanto limitados pela sua simplicidade. Ao limitar do conhecimento do aluno a um subconjunto do domínio, as concepções erradas que este possa ter vão-se manter. O conhecimento geralmente progride para um nível superior não só por colmatação de falhas, mas por um complexo processo de generalização e refinação [45].

Apesar das limitações múltiplos projetos demonstraram que um Modelo *Overlay* providencia um bom balanço de simplicidade e eficácia. A habilidade de medir o conhecimento do utilizador dentro de diferentes elementos do domínio, permite que este modelo seja adequado para a utilização da maior parte das técnicas de adaptação [45].

Através deste método o conhecimento do aluno acaba por ser um subconjunto do conhecimento do sistema. Não permite a representação de erros ou equívocos do aluno [44].

Este modelo pode ser combinado com outros modelos, como é o caso dos estereótipos, em que um aluno é inserido num estereótipo e depois é gradualmente modificado à medida que o Modelo *Overlay* obtém mais informações [44]. Pode também ser combinado com outras abordagens, como o Modelo de Perturbação e técnicas de lógica difusa [56].

4.4.2 Modelo Diferencial

Devido às limitações existentes no Modelo *Overlay*, foi desenvolvido outro modelo que acaba por funcionar como uma extensão do primeiro. Este modelo divide o conhecimento do aluno em duas categorias, no conhecimento que é esperado que ele adquira e no que é esperado que ele não adquira. Ao contrário do que acontece com

o Modelo *Overlay*, não é assumido que todas as ausências de conhecimento sejam não desejáveis. Assim sendo, para além do conhecimento do aluno ser expresso explicitamente, inclui-se as diferenças existentes entre esse conhecimento e o que está expresso no domínio [12].

4.4.3 Modelo de Perturbação

De forma a poder considerar os erros e equívocos do aluno, foi desenvolvido um modelo que considera o conhecimento do aluno como uma perturbação do domínio, e não um subconjunto [44, 7]. O Modelo de Perturbação possibilita a representação de dois tipos de conhecimento, os conhecimentos corretos e os incorretos (também podem ser referidos como equívocos ou *bugs*), permitindo assim a associação de um conjunto de erros, catálogo de erros ou *bugs* [44]. O catálogo de erros pode ser construído através de uma análise empírica dos erros (enumeração) ou gerando erros através de um conjunto de equívocos comuns (técnica gerativa) [56].

Através da experiência pedagógica é obtido um conjunto de regras [44]. Este modelo assume que várias perturbações incorretas podem existir para cada elemento do domínio do conhecimento. Um comportamento incorreto do aluno, do ponto de vista desta abordagem, pode ser causado devido a uma aplicação sistemática de uma das perturbações, em vez de uma regra correcta [45]. Assim o Modelo de Aluno é obtido através da substituição das regras correctas pelas perturbações. Com o Modelo de Perturbação o conhecimento e aptidões do aluno constituem uma perturbação do conhecimento pertencente ao domínio e não apenas um mero subconjunto [12, 44].

Assim o objectivo do sistema não é apenas de declarar que um elemento específico do domínio do conhecimento está incompleto ou em falta, mas identificar, se possível, que conhecimento em específico pode ser utilizado para providenciar uma melhor adaptação [45]. Apesar de ser um modelo mais poderoso que o tradicional Modelo *Overlay*, uma vez que a inclusão de conhecimento errado permite um entendimento mais sofisticado do aluno, assim como o desenvolvimento de estratégias para a correcção do aluno, é também um modelo muito mais difícil de desenvolver [12, 45]. A definição de um conjunto de erros suficientemente completo para poder ser utilizado constituí uma tarefa complexa, tornando também a inferência num processo mais complicado [12].

4.4.4 Modelo de Estereótipos

O uso de estereótipos permite a inclusão do aluno num grupo pré-definido, de acordo com características comuns [58]. A noção de estereótipos foi introduzida por Rich em 1979 com o sistema GRUNDY. O raciocínio baseado em estereótipos toma uma impressão inicial e constrói um modelo de aluno com base nessas suposições [58]. Desde essa altura que os estereótipos foram usados em muitos sistemas, com o apelo de permitir um desenvolvimento mais rápido, tendo na mesma uma interacção adaptada [59]. Assim sendo, o uso de estereótipos permite a classificação dos utilizadores em grupos e generaliza as características desse grupo. A definição das características necessárias vai depender do grau de granularidade que se pretende obter [44].

No entanto o recurso a estereótipos não permite a formação de um modelo de aluno focado em características individuais. Outro problema está associado à baixa flexibilidade do modelo, uma vez que os estereótipos são maioritariamente estabelecidos antes do sistema ser usado por utilizadores reais [59].

4.5 Conclusões

Nos primeiros trabalhos realizados a nível de modelação de utilizadores, não houve a preocupação em realizar uma divisão clara entre os diferentes componentes do sistema, não existindo assim uma separação entre as componentes relacionadas com a modelação e outras não associadas a este aspecto. Com o aumento da necessidade de sistemas personalizados, aumentou também a preocupação de desenvolver sistemas de forma mais organizada, com componentes separados, também como o objectivo de permitir a reutilização dos mesmos [44, 55].

O Modelo de Utilizador, nos SHA, apresenta-se como uma característica essencial para a promoção do efeito adaptativo. No entanto a quantidade e natureza da informação que é incorporada no modelo vai depender do tipo de adaptação que se pretende, e o objectivo da própria aplicação. No caso das aplicações educacionais, o MU é conhecido como Modelo de Aluno [45].

Para a construção de um Modelo de Aluno deve considerar-se que informação e dados devem ser recolhidos [56]. As principais características que são utilizadas para modelar um aluno englobam o seu conhecimento, interesses, objectivos, *background* e traços individuais [45].

Das diferentes abordagens exigentes para construir o modelo de aluno destacam-se os Modelos *Overlay*, *Perturbação* e *Estereótipos* [56].

Protótipo

Neste capítulo é realizada a descrição do desenvolvimento do protótipo, sendo referidos, na secção 5.1 os requisitos considerados. Na secção 5.2 é abordada a arquitectura desenvolvida, sendo descritas nas três secções seguintes a implementação do Modelo de Domínio (secção 5.3), Modelo de Aluno (secção 5.4) e Modelo Pedagógico (secção 5.5).

5.1 Requisitos

O protótipo foi desenvolvido com o objectivo de fornecer um sistema que se adapte às características do utilizador, no caso um aluno de Medicina. O que se pretende é que a aplicação se ajuste durante o progresso do aluno, com base no seu comportamento, considerando as suas características e os seus resultados.

O domínio escolhido consiste numa componente da disciplina de Introdução à Medicina, Desenhos de Estudos¹, que engloba o plano de estudos do Mestrado Integrado em Medicina da FMUP.

Os estilos de aprendizagem podem ser definidos como modelos que representam a forma como os indivíduos aprendem. Assim sendo, um estilo de aprendizagem ou preferência, engloba as condições e processos ideais para um aluno apreender de forma eficaz e eficiente o que lhe está a ser transmitido. Uma das caracterizações possíveis para os estilos de aprendizagem consiste na definição das preferências do aluno relativamente ao modo sensorial como recebem novas informações [60].

A transição para o ensino universitário, nomeadamente para Medicina, apresenta-se como um grande desafio para os alunos, devido ao aumento de conteúdo que

¹ <http://stat2.med.up.pt/>

necessitam de apreender. É também tendência que o espectro de alunos, a nível de idade, experiência, cultura e etnia, seja cada vez mais variado. Este aspecto potencia ainda mais a presença de estilos e preferências de aprendizagem diferentes [60]. A existência de diferentes necessidades de aprendizagem apresenta-se como um desafio para os docentes, uma vez que torna mais difícil a transmissão de informação de forma a englobar as características de cada aluno [60].

Considerando que a motivação e desempenho dos alunos melhora quando a informação é apresentada de forma adequada às suas preferências de aprendizagem [60], é importante que sejam desenvolvidos métodos que facilitem essa adaptação.

No protótipo implementado recorreu-se ao questionário VARK² (acrónimo de *visual, auditory, reading/writing, kinesthetic*) para identificar a forma como o aluno, a nível sensorial, prefere receber a informação que necessita de aprender.

A estratégia VARK baseia-se na aplicação de um questionário que permite a classificação dos alunos de acordo com as suas preferências de aprendizagem [7]:

- Aprendizagem Teórica: preferência por conteúdos teóricos, em que a informação é transmitida sob a forma de palavras;
- Aprendizagem Visual: preferência por conteúdos visuais, em que a informação é transmitida sob a forma de mapas, gráficos e diagramas;
- Aprendizagem Prática: preferência por conteúdos práticos, em que a informação é relacionada com experiências e casos reais.

O protótipo desenvolvido foi designado de MedTutor, apresentando-se na figura 5.1 o aspecto da janela inicial do protótipo, onde permite o *login* do aluno, ou o seu reenaminhamento para a página de registo.

Em relação às tecnologias escolhidas para o desenvolvido do protótipo, optou-se por recorrer ao PHP (*Hypertext Preprocessor*, sendo inicialmente designado por *Personal Home Page*), HTML (*HyperText Markup Language*), *Javascript* e CSS (*Cascading Style Sheets*), sendo utilizado como Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) o MySQL (SQL é acrónimo de *Structured Query Language*). Optou-se pela utilização de tecnologias *open source*, uma vez que permite o desenvolvimento de aplicações sem implicar custos adicionais devido a licenças.

² <http://www.vark-learn.com>



Fig. 5.1: Janela inicial do protótipo.

5.1.1 Diagrama de Casos de Uso

Durante a fase inicial de desenvolvimento foram desenvolvidos diagramas de casos de uso com o objectivo de descrever as funcionalidades a incluir no protótipo. Na figura 5.2 observa-se o diagrama de casos de uso elaborado para o sistema desenvolvido.

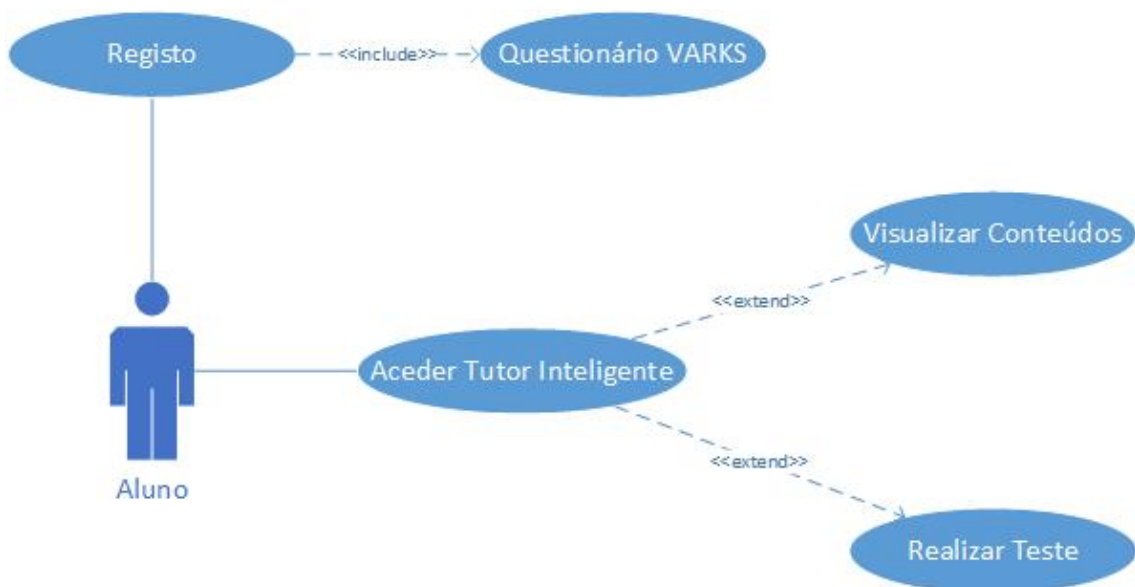


Fig. 5.2: Diagrama de caso de uso para o protótipo.

A descrição realizada para os casos de uso presentes no diagrama pode ser visualizada no anexo A.

5.2 Arquitectura do Sistema

A arquitectura desenvolvida para o protótipo, apresentada na figura 5.3, é constituída por:

- Modelo de Aluno: engloba as características pessoais e psicológicas do aluno (secção 5.4);
- Modelo de Domínio: constituído pelo grafo de conceitos relativo ao domínio de estudo (secção 5.3);
- Modelo Pedagógico: engloba as regras de adaptação e mecanismos de interacção, de forma a obter-se o efeito adaptativo (secção 5.5);
- Modelo de Dados: relativo à base de dados desenvolvida para o armazenamento de todos os dados do aluno e respectiva interacção com o sistema, assim como as informações relativas aos conceitos abordados, respectivos conteúdos e questões necessárias para os testes de avaliação.

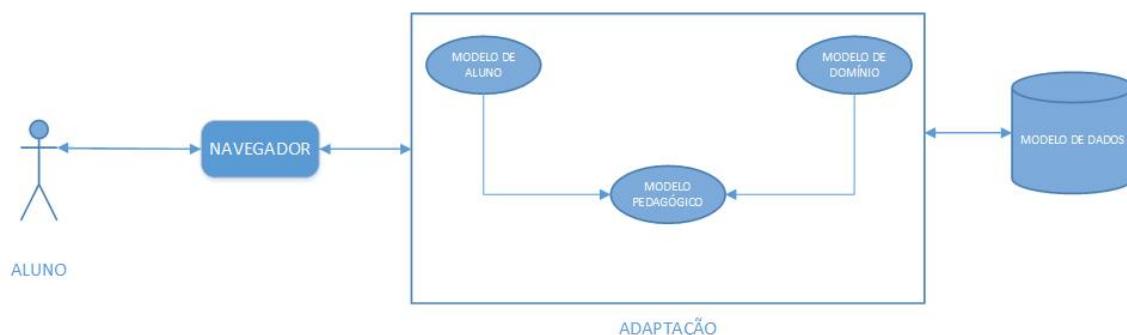


Fig. 5.3: Arquitectura do protótipo desenvolvido.

5.3 Implementação do Modelo de Domínio

O domínio escolhido, como foi referido na secção 5.1, foi a componente de Desenhos de Estudos, relativa à disciplina de Introdução à Medicina. Para um melhor entendimento do domínio, facilitando também a implementação, optou-se por codificar os conceitos. Os conceitos relativos ao domínio escolhido foram codificados da seguinte forma:

- A - Introdução;
- B - Classificação;
- B1 - Estudos Descritivos;
- B1.1 - Estudos Ecológicos;
- B2 - Estudos Observacionais;
- B2.2 - Estudos de Coorte;
- B2.3 - Estudos de Casos e Controlos;
- B3 - Estudos Transversais;
- B4 - Estudos Experimentais;
- B5 - Estudos de Meta-análise.

O Modelo de Domínio é representado através de um grafo acíclico dirigido de conceitos, como é possível observar na figura 5.4. Este constitui o percurso que o aluno deverá realizar durante a aprendizagem. As arestas do grafo representam os pré-requisitos de cada conceito.

O grafo 5.4 define o Modelo de Domínio e é implementado a nível do Modelo de Dados através da tabela relativa às relações existentes entre os conceitos, como pode ser observado na figura 5.5.

5.4 Implementação do Modelo de Aluno

Para a implementação do Modelo de Aluno recorreu-se a metodologias baseadas em conhecimento e em comportamento. Esta classificação baseia-se nas técnicas utilizadas para a recolha de dados. Na adaptação obtida através de técnicas com base no conhecimento os dados utilizados são recolhidos através de questionários, com o objectivo de obter um conjunto de dados iniciais sobre o aluno. Quando a adaptação resulta do recurso a técnicas com base no comportamento os dados são obtidos através da monitorização do aluno durante a sua actividade e interacção com o sistema [44, 7].

O Modelo de Aluno compreende dois tipos de dados, classificados de acordo com a sua dependência relativamente ao domínio, dados dependentes do domínio

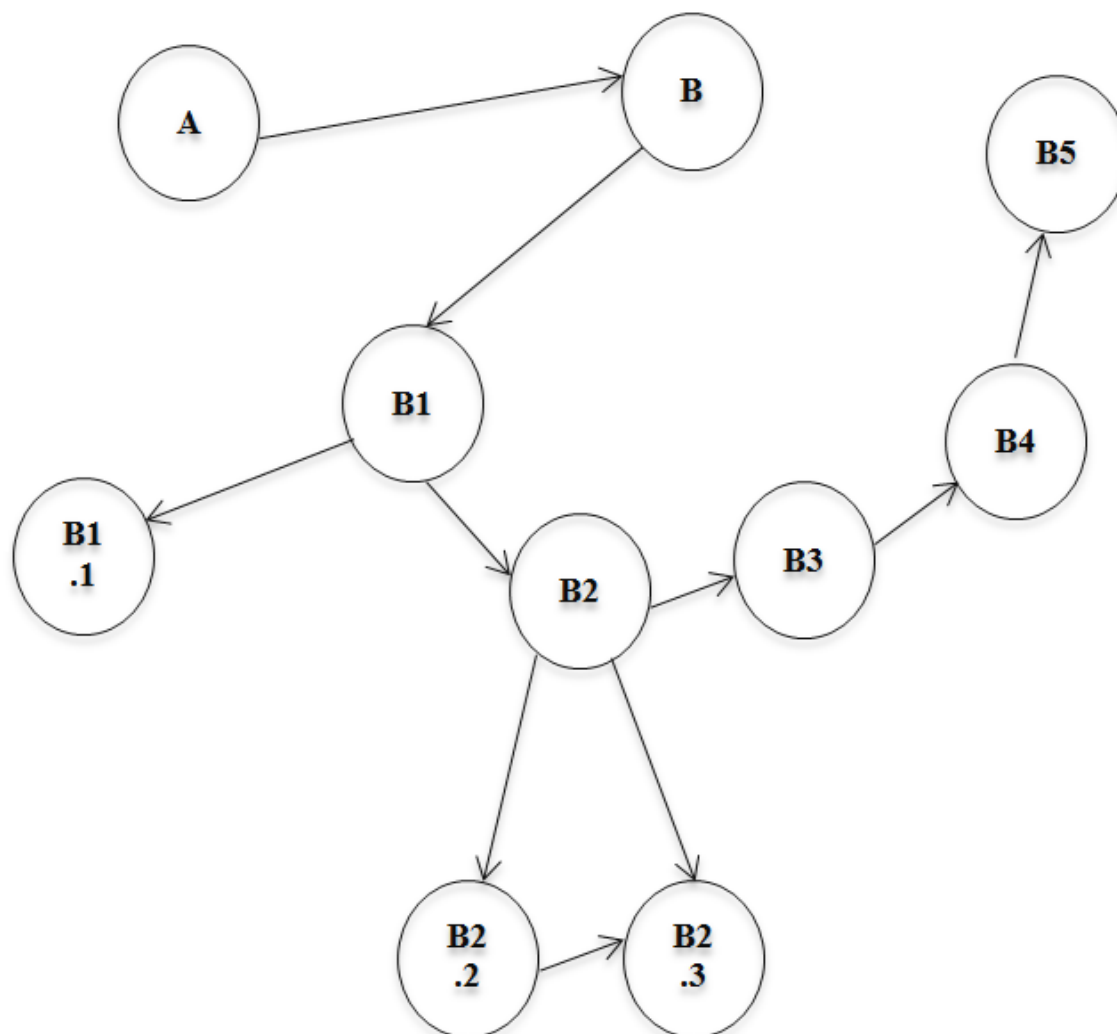


Fig. 5.4: Grafo de conceitos do domínio.

e dados independentes do domínio. Os DDD englobam elementos que apresentam uma correspondência com o Modelo de Domínio a três níveis: tarefa, lógico e físico. Os DID englobam os elementos relacionados com o perfil do aluno, que podem ser divididos pelo perfil genérico e o perfil psicológico [44].

No protótipo desenvolvido o perfil genérico engloba os dados pessoais do aluno considerados relevantes, enquanto que o perfil psicológico inclui os dados relativos às preferências de aprendizagem. Os DDD compreendem os dados relativos aos conceitos incluídos na componente de Desenhos de Estudo, o domínio escolhido para o protótipo. Na tabela 5.1 pode visualizar-se as características utilizadas para a definição do Modelo de Aluno. No entanto, dos dados referidos, apenas o conhecimento e preferências de aprendizagem dos alunos foram utilizados para realizar adaptação.

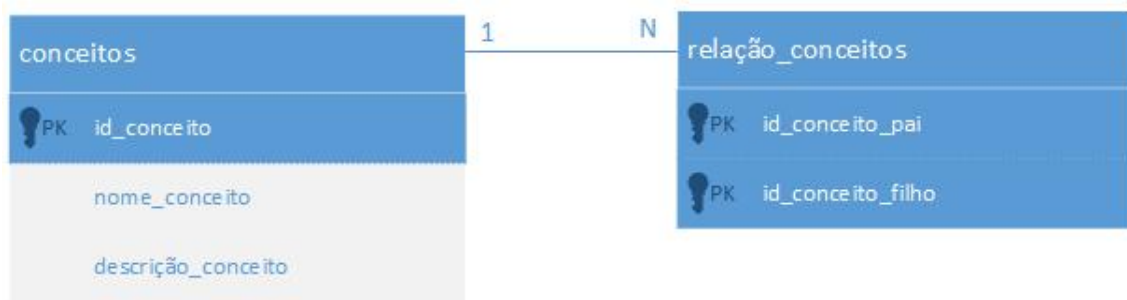


Fig. 5.5: Representação do grafo de conceitos no Modelo de Dados.

Tab. 5.1: Características usadas no Modelo de Aluno do protótipo

Modelo	Perfil	Características
Dados Independentes do Domínio	Genérico	Identificação do Utilizador; Nome; Email Institucional; Password; Data de Registo; Data de Nascimento; Género; Qualificações Académicas.
	Psicológico	Estilo de Aprendizagem
Dados Dependentes do Domínio		Conceitos; Conteúdos Visualizados; Testes Realizados; Respostas Dadas; Resultados Obtidos

Para a obtenção dos dados foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- DID: formulários para a obtenção de dados pessoais e questionário VARK para a definição do estilo de aprendizagem;
- DDD: testes de avaliação.

O Modelo *Overlay* permite a representação do nível de conhecimento do aluno [44], em que este é visto como um subconjunto do Modelo de Domínio. Com este modelo pretende-se planear os conceitos que devem ser apresentados ao aluno de forma a colmatar as falhas existentes no seu conhecimento [12]. O uso de esteriótipos permite a classificação dos utilizadores em grupos, generalizando as características desse grupo. A definição das características necessárias vai depender do grau de granularidade que se pretende obter [44].

Como as abordagens existentes para a modelação de aluno podem ser utilizadas de forma isolada ou combinada com outras abordagens para desenvolvimento de um modelo híbrido [56]. Para o protótipo desenvolvido optou-se por implementar o Modelo de Aluno com recurso a uma combinação das abordagens do Modelo *Overlay* e o Modelo de Estereótipos. No entanto nesta fase do trabalho optou-se por utilizar apenas a abordagem do Modelo *Overlay*, pretendendo-se, posteriormente, utilizar o modelo híbrido.

Para a definição do perfil do aluno são utilizados questionários e testes de avaliação. Durante o processo de registo o aluno responde a um questionário que pretende obter um conjunto de dados pessoais, e também a algumas perguntas com o propósito de identificar o seu estilo de aprendizagem, sendo estas questões adaptadas do questionário VARK³. Na figura 5.6 pode observar-se a página de registo do protótipo, visualizando-se no anexo B o questionário VARK utilizado.

A representação do perfil do aluno no Modelo de Dados é efectuada de acordo com o esquema que pode ser observado na figura 5.7, em que os dados pertencentes ao DDD estão englobados na tabela relativa aos utilizadores, compreendendo o perfil genérico e o perfil psicológico. Em relação aos dados pertencentes ao DID, encontram-se englobados na tabela relativa ao conhecimento do utilizador sobre os conceitos do domínio.

Durante a interação do aluno com o sistema o Modelo de Aluno vai sendo actualizado de acordo o comportamento observado. No protótipo são actualizadas duas variáveis relativas ao Modelo de Aluno, o conhecimento relativo a cada conceito e o estilo de aprendizagem. De seguida será descrito como essas variáveis são representadas e actualizadas.

5.4.1 Representação e actualização da variável de conhecimento

A estimativa do nível de conhecimento do aluno acerca de cada conceito do domínio é realizado com base nos resultados obtidos nos testes de avaliação. Foi definido que o aluno não possui conhecimentos prévios sobre os conceitos abordados. De acordo com os resultados obtidos o aluno pode avançar para novos conceitos, no entanto, caso a avaliação não atinga os valores mínimos definidos, pode ser necessário o aluno rever conceitos anteriores, como será explicado na secção 5.5. O recurso à estimativa do nível de conhecimento do aluno permite que o sistema se adapte às necessidades

³ <http://www.vark-learn.com/english/page.asp?p=questionnaire>



Faça o seu registo para o Tutor Inteligente.

Introduza os seus dados

Nome: *

Email Institucional: *

Password: *

Data de nascimento: *

Género: Feminino Masculino

Ano curricular em que está inscrito

Responda ao questionário, seleccionando a opção com que se identifica (pode seleccionar mais que uma, caso seja necessário).
Deixe em branco as questões que não se apliquem ao seu caso.

1. Está a ajudar alguém que quer ir até ao aeroporto, o centro da cidade ou estação ferroviária. Opta por:

- a. ir com a pessoa que o abordou até ao local pretendido.
- b. explicar-lhe como chegar ao destino.
- c. escrever as instruções para chegar ao local (sem mapa).
- d. desenhar ou dar um mapa à pessoa que o abordou.

Fig. 5.6: Janela de registo do protótipo.

de aprendizagem do mesmo.

A estimativa do nível de conhecimento de cada conceito é representada no Modelo de Dados, de acordo com a figura 5.8, através da tabela relativa ao conhecimento do aluno sobre os conceitos do domínio. Essa estimativa apresenta um valor entre 0 e 20, de acordo com o tipo de classificação que os alunos estão familiarizados neste nível de ensino. O valor obtido representa a nota obtida no teste relativo ao conceito avaliado.

Para o aluno prosseguir para o conceito seguinte essa estimativa terá que apresentar um valor igual ou superior a 9,5. Assim a nota obtida será utilizada nas decisões de adaptação do protótipo, para a definição dos conceitos a serem apresentados ao aluno.

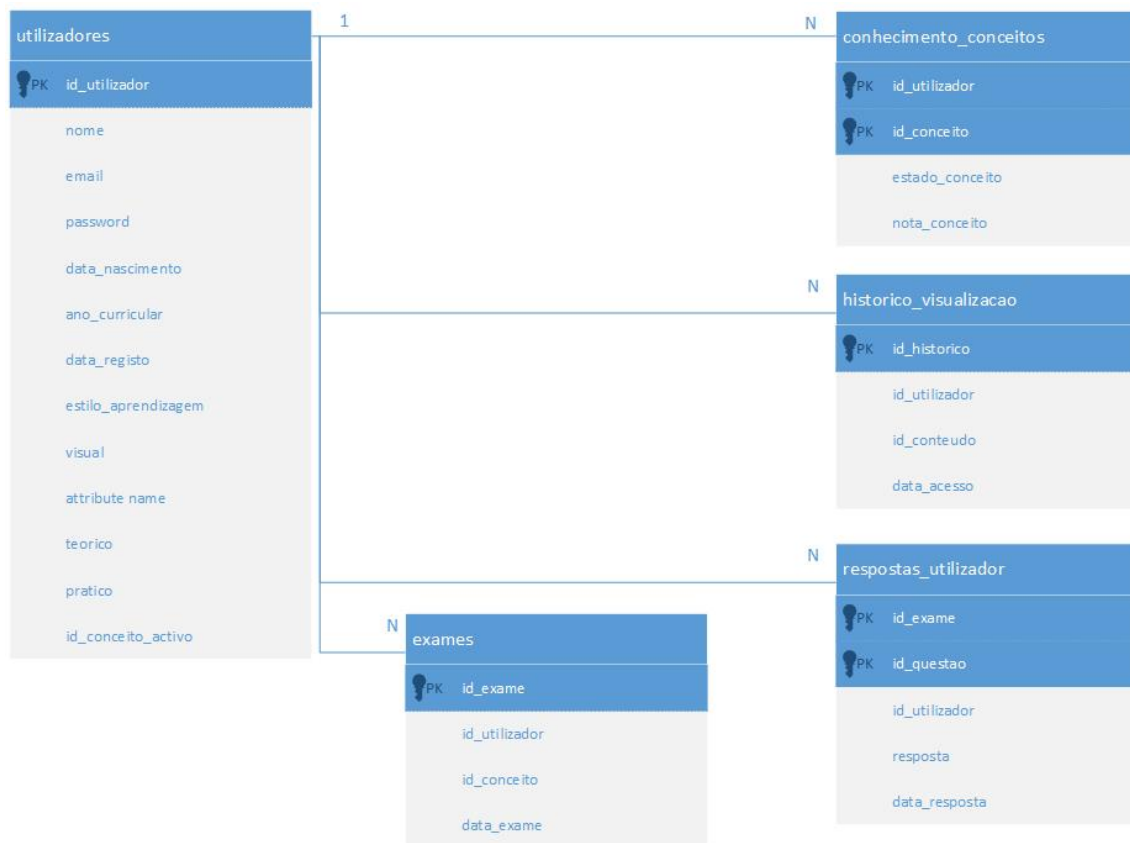


Fig. 5.7: Representação do perfil do aluno no Modelo de Dados.

Geração de testes de avaliação

Para ser efectuada a estimativa do conhecimento do aluno relativamente a cada conceito, assim como a sua actualização, é necessário que este realize testes de avaliação.

No protótipo desenvolvido optou-se por gerar testes de avaliação com recurso a um repositório de questões. Quando o aluno selecciona a opção de realizar o teste de avaliação, é gerado um novo teste, com um número de questões fixas, que podem ser de dois tipos, verdadeiro e falso ou escolha múltipla. As questões estão relacionadas com os conceitos, a nível do Modelo de Dados, através de uma tabela que exprime a associação existente entre ambos, como é possível visualizar na figura 5.9.

Para os testes não serem sempre iguais são seleccionadas de forma pseudo-aleatória, através uma função existente no PHP, as questões que irão incorporar o teste. Na figura 5.10 podemos observar um fragmento do código em PHP utilizado para a geração de testes de avaliação.

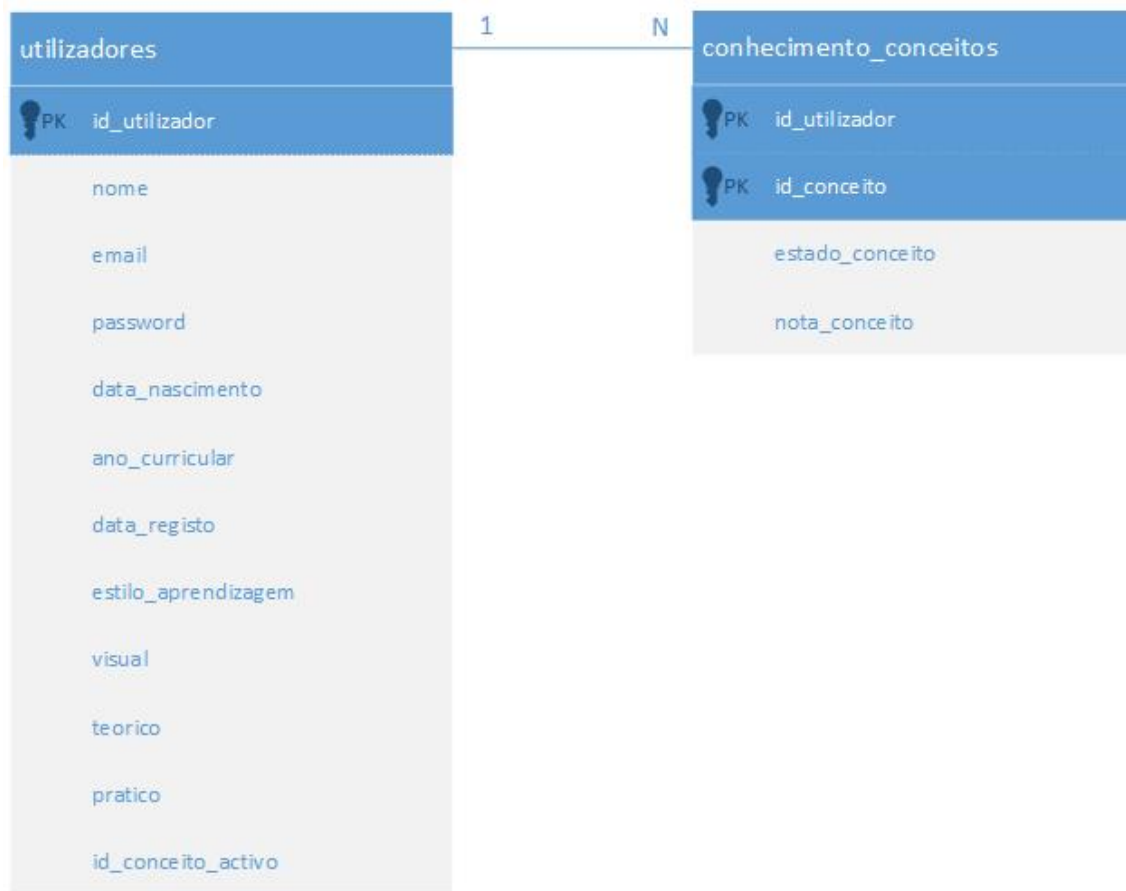


Fig. 5.8: Representação do conhecimento do aluno no Modelo de Dados.

5.4.2 Representação e actualização das variáveis de preferência de aprendizagem

A representação das preferências de aprendizagem do aluno foi implementada com base nos resultados obtidos através dos questionários VARK. De acordo com as respostas obtidas através do preenchimento no questionário observado na figura 5.11, é possível classificar o aluno em uma das três seguintes categorias: aprendizagem visual, aprendizagem teórica e aprendizagem prática. De acordo com a categoria em que o aluno se enquadra, o sistema irá seleccionar conteúdos adaptados à sua preferência de aprendizagem, como será explicado na secção 5.5.

Tendo em consideração as respostas do aluno ao questionário VARK, é realizada uma estimativa da preponderância de cada componente, visual, teórica e prática, nas preferências de aprendizagem do aluno. O recurso à representação do peso de cada uma das componentes no Modelo de Dados permite representar a preferência por um estilo de aprendizagem, não eliminando a apetência para outros estilos.

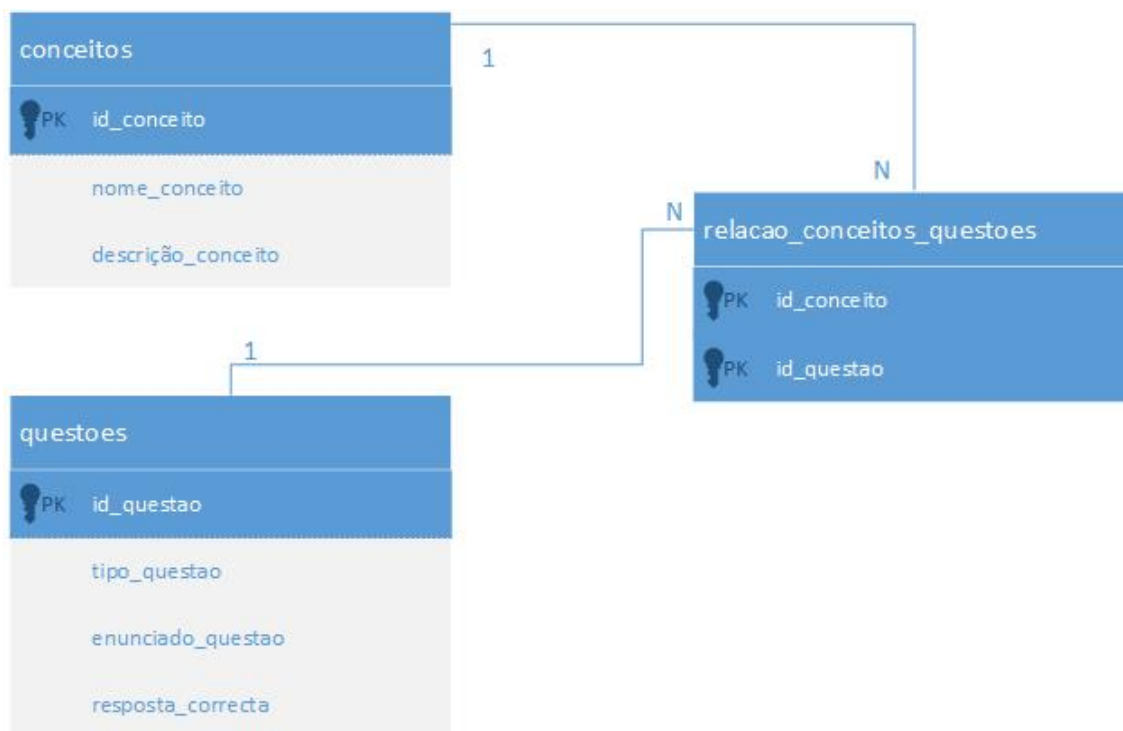


Fig. 5.9: Representação da relação entre questões e conceitos no Modelo de Dados.

A soma dos três componentes tem que ser igual a 100, podendo, cada uma, assumir um valor entre 0 a 100. De acordo com a componente que se apresentar preponderante, o estilo de aprendizagem é assumido como teórico, visual ou prático.

A nível do Modelo de Dados as variáveis relativas às preferências de aprendizagem, como é possível observar na figura 5.7, são representadas na tabela relativa às características do aluno. Para além do estilo de aprendizagem predominante são também representados os pesos relativos a cada componente. Ao longo do processo, de acordo com o comportamento do aluno, esses pesos podem ser actualizados, de acordo com o sucesso ou insucesso nos testes realizados. Assim o sistema permite o acompanhamento das preferências de aprendizagem de acordo com a evolução do aluno.

Assim sendo, de forma a permitir a actualização dos estilos de aprendizagem, quando o aluno visualiza um conceito onde não obteve sucesso numa avaliação anterior, são disponibilizados todos os conteúdos existentes para o conceito que o aluno se encontra a estudar. Este aspecto é realizado com o objectivo de, caso o aluno tenha sucesso no teste realizado após ter disponível todos os conteúdos, realizar uma actualização das preferências do aluno, como se pode observar na figura 5.12.

Se o aluno consultou conteúdos dos três estilos de aprendizagem existentes, não

```
//Criar array associativo com os dados a inserir no historico
$dados=array('id_utilizador' =>$id_utilizador,'id_conceito' =>$id_conceito,'data_exame' =>$data_exame);
$peessoa=new PessoaClass();
$res=$peessoa->guardarExame($dados);
$id_ex=$peessoa->idExame($id_utilizador);
$id_exame=$id_ex[0];

//Procurar questoes relativas ao conceito a ser avaliado
$resp=$peessoa->procurarQuestoes($id_conceito);
$sub = $resp;

//Obter 4 questoes aleatorias
srand((float) microtime() * 10000000);
$shfl = array_rand($sub, 4);
$shsubs = array();
for ($x=0; $x<count($shfl); $x++) {
    $shsubs[] = $sub[$shfl[$x]];
}
```

Fig. 5.10: Fragmento de código em PHP para geração de testes de avaliação.

é realizada nenhuma alteração, uma vez que não se pode determinar quais os conteúdos que contribuíram para o seu sucesso. Em caso de visualização de conteúdos de um ou dois estilos diferentes, e caso o aluno obtenha um resultado positivo na avaliação, é aplicada uma taxa de actualização às componentes que possivelmente contribuiriam para o sucesso do aluno. Assim é realizada uma actualização às componentes relativas ao estilo de aprendizagem no Modelo de Aluno, existindo uma alteração do estilo de aprendizagem predominante, caso isso se verifique.

5.5 Implementação do Modelo Pedagógico

É através do Modelo Pedagógico que se define os mecanismos necessários para a interacção entre o aluno e o sistema e as regras utilizadas para obter um efeito adaptativo [12, 7].

O percurso do aluno vai depender do seu conhecimento, expresso no Modelo de Aluno, e dos seus resultados nos testes de avaliação. Em caso de sucesso nos testes propostos, o aluno avança de acordo com o grafo de conceitos. Para a definição do percurso em caso de insucesso nos testes propostos foi necessário elaborar um grafo que represente os caminhos possíveis para o reencaminhamento do aluno.

Assim sendo, foi definido um grafo acíclico dirigido, que pode ser observado na figura 5.13, em que as arestas representam as relações existentes entre os conceitos em caso de insucesso.

Quando o aluno se regista é activado o primeiro conceito, que de acordo com o grafo relativo à representação do Modelo de Domínio consiste na Introdução. Em

<p>1. Está a ajudar alguém que quer ir até ao aeroporto, o centro da cidade ou estação ferroviária. Opta por:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> a. ir com a pessoa que o abordou até ao local pretendido.<input type="checkbox"/> b. explicar-lhe como chegar ao destino.<input type="checkbox"/> c. escrever as instruções para chegar ao local (sem mapa).<input type="checkbox"/> d. desenhar ou dar um mapa à pessoa que o abordou. <p>2. Não tem a certeza como se deve escrever uma determinada palavra. Opta por:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> a. tentar visualizar a palavra mentalmente.<input type="checkbox"/> b. pronunciar-lhe para descobrir como se escreve.<input type="checkbox"/> c. procurar a palavra num dicionário.<input type="checkbox"/> d. escrever as versões possíveis e escolher uma. <p>3. Está a planear as férias de um grupo, e pretende a opinião deles sobre o planeamento que realizou. Opta por:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> a. descrever alguns dos lugares principais.<input type="checkbox"/> b. usar um mapa ou a Internet para mostrar os locais.<input type="checkbox"/> c. dar uma cópia impressa do itinerário.<input type="checkbox"/> d. telefonar, mandar uma mensagem de texto ou um e-mail. <p>4. Pretende cozinhar algo especial para a família. Opta por:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> a. cozinhar algo que já conhece e sem precisar de instruções.<input type="checkbox"/> b. pedir sugestões a um amigo ou familiar.<input type="checkbox"/> c. folhear um livro de receitas para tirar ideias baseadas nas fotos das mesmas.<input type="checkbox"/> d. usar um livro de receitas onde sabe que tem uma boa receita.
--

Fig. 5.11: Questionário VARK utilizado no protótipo.

caso de sucesso no teste de avaliação relativo a cada conceito, o aluno prossegue para o conceito seguinte, tendo em consideração esse mesmo grafo, como é possível visualizar na figura 5.14. No entanto, em caso de insucesso no teste de avaliação, podem ocorrer duas situações, de acordo com o progresso do aluno. Caso seja a primeira vez que o aluno não obtém uma nota positiva nesse conceito, o aluno necessita de repeti-lo. Se o insucesso no conceito for recorrente, o aluno necessita de repetir a avaliação deste e dos que são considerados pré-requisitos do mesmo, de acordo com o grafo relativo ao insucesso na aprendizagem.

Para a implementação deste grafo a nível do Modelo de Dados, recorreu-se à sua descrição numa tabela que possui os dados relativos às relações existentes entre os conceitos em caso de insucesso do aluno, como é possível observar na figura 5.15.

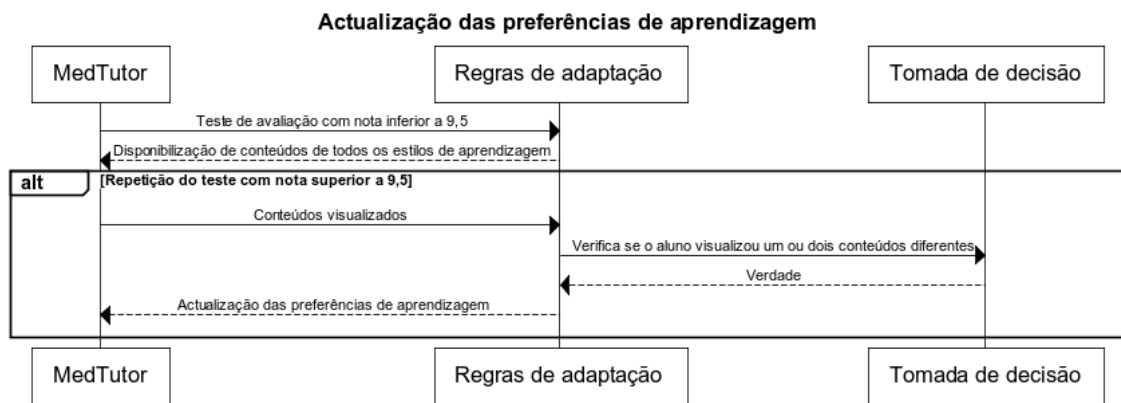


Fig. 5.12: Diagrama de sequência relativo à actualização das preferências de aprendizagem.

As regras de adaptação baseiam-se no comportamento exibido pelo aluno durante a interacção com o sistema, assim como nas preferências de aprendizagem demonstradas. As regras desenvolvidas permitem a existência seguintes das funcionalidades:

- Validação do acesso a conceitos de acordo com o grafo definido para o domínio: é atribuído um conceito ao aluno de acordo com o seu progresso, limitando a informação a que este pode aceder, de forma a não ser confundido por conteúdos para os quais não está preparado;
- Actualização das preferências de aprendizagem de acordo com o comportamento do aluno: permitindo a adaptação às necessidades de aprendizagem do aluno, sendo adequadas consoante a sua evolução, e com o objectivo de facultar os conteúdos mais adequados;
- Adaptação do percurso do aluno de acordo com os seus resultados nos testes de avaliação: consoante os resultados obtidos o aluno vai evoluindo de acordo com os grafos que representam o Modelo de Domínio;
- Apresentação de conteúdo adaptado ao estilo de aprendizagem do aluno: existência de opções variantes relativamente aos diferentes conteúdos, para disponibilizar as que mais se vão adequar às suas características;
- Apresentação de todos os conteúdos em caso de insucesso do aluno: permite a reavaliação das preferências de aprendizagem do aluno, de acordo com o comportamento do mesmo.

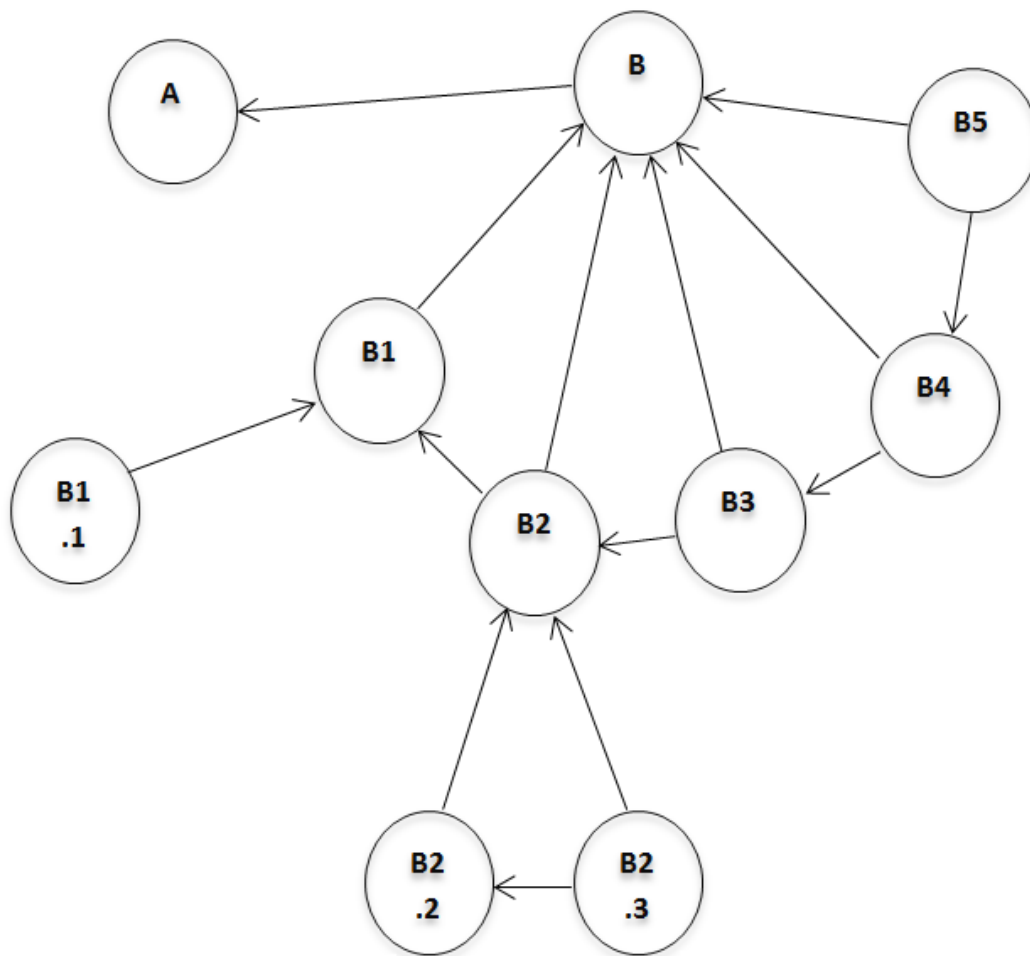


Fig. 5.13: Grafo de conceitos em caso de insucesso.

Os mecanismos de interacção utilizados permitem:

- Adaptação dos conteúdos ao estilo de aprendizagem do aluno: recorrendo-se a técnicas de páginas variantes, que possibilitam a existência de diferentes apresentações para o mesmo conteúdo, sendo apresentada aquela que mais se adequar ao aluno [38];
- Exibição de hiperligações para os conteúdos relativos ao conceito que o aluno se encontra a estudar: com recurso a técnicas de encaminhamento directo, que permitem a definição das ligações que devem ser apresentadas ao aluno, de acordo com as características existentes no Modelo de Aluno, enquanto que a utilização de técnicas de anotação possibilitam acrescentar informação às ligações, de forma a sugerir a sua relevância [38].

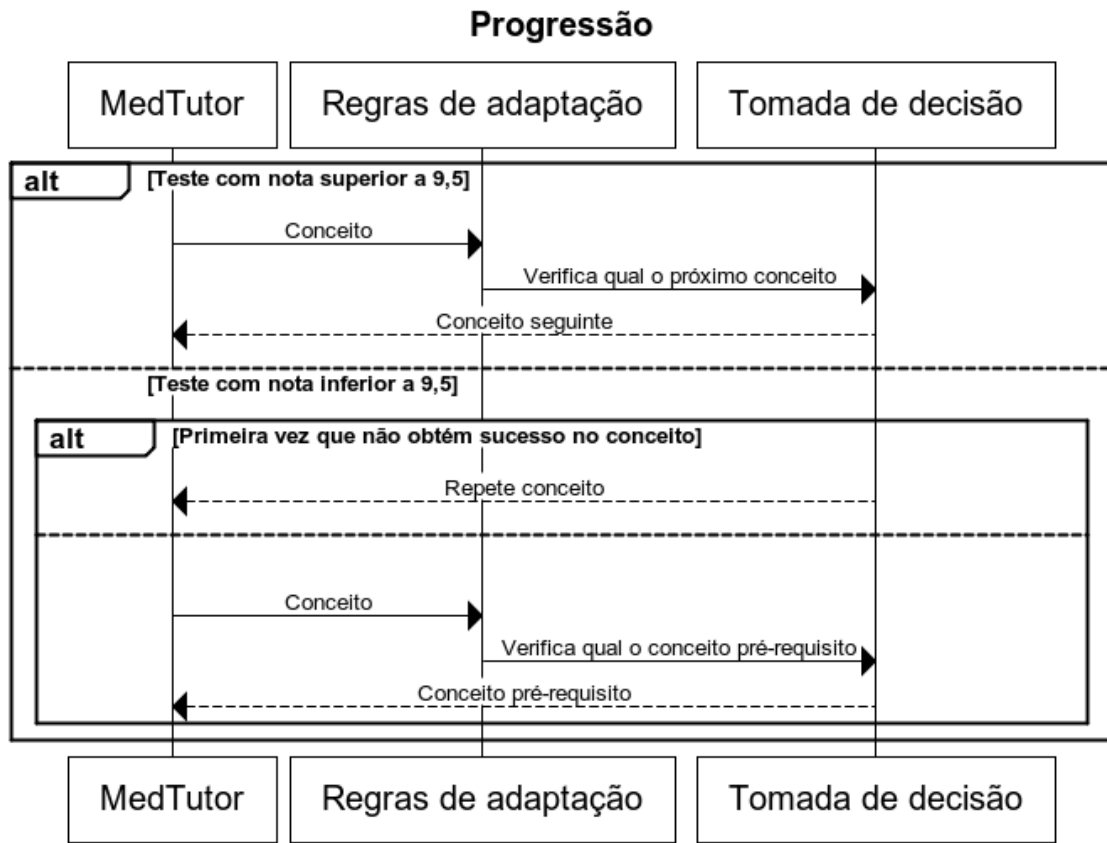


Fig. 5.14: Diagrama de sequência relativo à progressão do aluno.

5.6 Avaliação do protótipo

A fase final da implementação do protótipo desenvolvido engloba a realização de uma avaliação em ambiente de aprendizagem. Não tendo sido possível realizar esta fase durante a realização do trabalho, pretende-se que seja concretizada o mais breve possível. Para a realização desta etapa definiu-se um processo de avaliação dividido em quatro fases. A concretização deste processo baseia-se na constituição de dois grupos (um grupo experimental e outro de controlo) de estudantes de uma turma da FMUP que estejam a frequentar a disciplina de Introdução à Medicina.

Os alunos são escolhidos e distribuídos em igual número pelos dois grupos atendendo ao seu género. Deve existir um equilíbrio nos grupos constituídos relativamente ao rendimento escolar dos alunos, sendo para isso necessário realizar uma avaliação do perfil académico e um teste de diagnóstico sobre os conhecimentos relativos aos conceitos do domínio que o protótipo engloba. As preferências de aprendizagem dos estudantes também necessitam de ser consideradas. Para esse efeito recorre-se

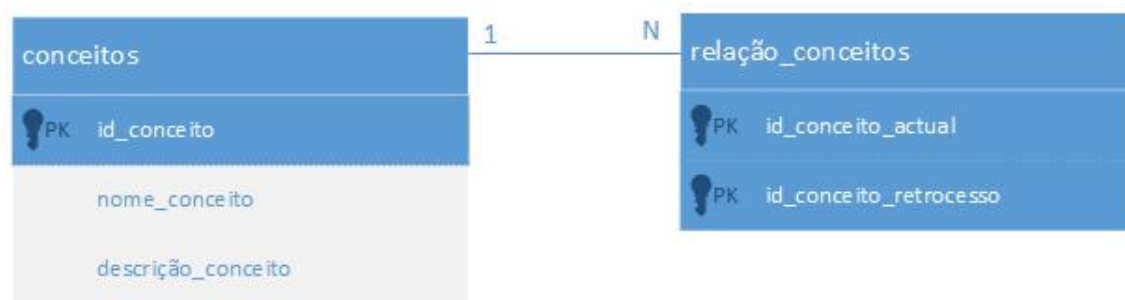


Fig. 5.15: Representação do grafo de conceitos usado em caso de insucesso no Modelo de Dados.

aos questionários VARK.

Assim sendo da primeira fase resultará a constituição dos grupos. Na segunda fase os dados obtidos são utilizadas para instanciar as variáveis do Modelo do Aluno. Durante a terceira fase os alunos do grupo experimental irão utilizar o protótipo desenvolvido. No fim da terceira fase todos os alunos irão executar um teste final em papel. Finalmente na quarta e última fase aplica-se um inquérito com o intuito de avaliar a adequação, usabilidade e aceitação de algumas funcionalidades do protótipo desenvolvido. Com este inquérito pretende-se indagar a eficiência, identificar problemas de usabilidade, analisar a experiência do utilizador e a facilidade de utilização da aplicação. No anexo C pode visualizar-se um exemplo de um inquérito de usabilidade. Também a partir da observação directa da implementação do processo de avaliação, podem tirar-se algumas conclusões adicionais sobre o protótipo, uma vez que é possível registar comentários e avaliar as reacções pessoais dos alunos no decorrer da utilização da aplicação.

5.7 Conclusões

O protótipo MedTutor foi desenvolvido com o propósito de fornecer um sistema que se adapte às características individuais de um aluno de Medicina, adaptando o seu conteúdo de acordo com as suas preferências de aprendizagem, e o percurso a realizar com base no conhecimento que o aluno demonstra.

O conhecimento do aluno é actualizado com base nos resultados obtidos nos testes de avaliação realizados. É com base no conhecimento do aluno relativamente aos diferentes conceitos que é decidido o seu percurso através do grafo de conceitos. O mecanismo desenvolvido para a elaboração de testes de avaliação possibilita uma diferente conjugação de questões para alunos que estejam a estudar o mesmo

conceito.

Considerando o papel desempenhado pelas preferências de aprendizagem na motivação dos alunos, recorreu-se ao questionário VARK para a determinação do estilo de aprendizagem predominante. Quando o aluno não realiza com sucesso o teste de avaliação de um conceito, a sua escolha de conteúdos é utilizada para uma possível actualização das preferências de aprendizagem.

Os diferentes componentes desenvolvidos para este protótipo permitem que este apresente as seguintes funcionalidades:

- Acesso ao conceito adequado, tendo em consideração o nível de conhecimento do aluno;
- Visualização de conteúdos adequados ao estilo de aprendizagem do aluno;
- Adaptação do percurso do aluno de acordo com os resultados obtidos;
- Actualização das preferências de aprendizagem, com base no comportamento demonstrado pela aluno na interacção com o sistema.

A realização do planeamento desenvolvido para a avaliação do protótipo irá permitir a verificação da aceitação da aplicação desenvolvida por parte dos alunos, assim como o seu contributo para o seu sucesso académico.

Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões relacionadas com o trabalho desenvolvido, englobando os objectivos alcançados e desenvolvimentos futuros.

O desenvolvimento deste trabalho centrou-se na elaboração de um protótipo baseado em Hipermedia Adaptativa, com o propósito de apoiar os alunos da FMUP no seu percurso académico, fomentando a obtenção de melhores resultados escolares, tendo para isso em consideração o seu perfil de aprendizagem.

As preferências de aprendizagem englobam as condições e processos ideais para facilitar a aquisição de informação por parte do aluno [60]. Quando a informação é apresentada de modo adequado às preferências do aluno é possível obter um aumento da motivação e desempenho [60]. Esse aspecto motivou a utilização do questionário VARK, com o objectivo de determinar as preferências de aprendizagem do aluno, para que a solução desenvolvida se adapte ao seu perfil (secção 5.1).

6.1 Objectivos alcançados

Os objectivos delineados para o desenvolvimento deste trabalho foram alcançados. O objectivo central, concretizado através do cumprimento dos objectivos específicos, foi o desenvolvimento de um protótipo de um tutor inteligente voltado para o ensino na área médica.

Considerando que a base do desenvolvimento deste trabalho constituiu a elaboração de um protótipo baseado em Hipermedia Adaptativa, com o propósito de apoiar os alunos da FMUP no seu percurso académico, considera-se que os objectivos propostos foram atingidos com sucesso, uma vez que a solução desenvolvida permite a adaptação de conteúdos de acordo com as preferências de aprendizagem, assim como

dos conceitos a apresentar. No entanto seria necessário realizar uma avaliação em ambiente de aprendizagem para a validação da aplicabilidade do sistema.

De acordo com a metodologia proposta, na primeira fase do trabalho foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Os tutores inteligentes são ferramentas de aprendizagem que incorporam técnicas provenientes da Inteligência Artificial com o objectivo de simular um tutor humano, apresentando uma arquitectura global constituída por quatro componentes: Modelo de Aluno, Modelo de Domínio, Modelo de Interação e Modelo Pedagógico [9, 10, 8];
- O recurso a tutores inteligentes para o desenvolvimento de aplicações de suporte ao ensino em áreas médicas tem suscitado interesse, mas as expectativas elevadas foram defraudadas pelo número reduzido de sistemas desenvolvidos [2, 3];
- A Hipermédia Adaptativa surgiu como uma intersecção entre as áreas de Hipermédia e a Modelação de Utilizadores, com o objectivo de fornecer uma resposta diferenciada de acordo com as características dos utilizadores, apresentando uma arquitectura global composta por três componentes: Modelo de Utilizador, Modelo de Domínio e Modelo de Interação [38, 37, 44].

Em relação aos objectivos específicos considera-se que estes foram alcançados. Foi desenvolvida uma arquitectura constituída por um Modelo de Aluno, Modelo de Domínio e Modelo Pedagógico, incluindo também um Modelo de Dados para permitir o armazenamento de todos os dados do aluno e respectiva interação com o sistema (secção 5.2). O Modelo de Aluno foi desenvolvido com base na abordagem do Modelo de *Overlay*, sendo dada relevância ao conhecimento e preferências de aprendizagem, essenciais para a realização da adaptação (secção 5.4). Com o Modelo Pedagógico foram desenvolvidas as regras e os mecanismos necessários para a realização da adaptação do percurso do aluno e conteúdos disponibilizados, assim como a actualização das preferências de aprendizagem (secção 5.5).

Os diferentes componentes desenvolvidos para o protótipo permitiram que este apresente as seguintes funcionalidades:

- Acesso ao conceito adequado, tendo em consideração o nível de conhecimento do aluno;
- Visualização de conteúdos adequados ao estilo de aprendizagem do aluno;

- Adaptação do percurso do aluno de acordo com os resultados obtidos;
- Actualização das preferências de aprendizagem, com base no comportamento demonstrado pelo aluno na interacção com o sistema.

Não foi no entanto possível avaliar o protótipo em tempo útil, devido à incompatibilidade existente entre período de tempo necessário para a realização da avaliação e a entrega do presente trabalho. Com a avaliação, a realizar futuramente, pretende-se verificar a aceitação do protótipo por parte dos alunos. Pretende-se também averiguar que aspectos podem ser melhorados, nomeadamente a nível de apresentação gráfica, assim como a validação da aplicabilidade da solução desenvolvida a nível do apoio à aprendizagem.

6.2 Desenvolvimentos Futuros

Como desenvolvimentos futuros pode incluir-se então a avaliação do protótipo em ambiente de aprendizagem, permitindo assim a validação da solução desenvolvida. Também seria desejável o desenvolvimento de uma ferramenta de autoria que permita a introdução de conteúdos e questões de avaliação por parte dos docentes.

Depois da avaliação, pretende-se alargar o protótipo a outros domínios da Medicina, a nível do ensino superior, assim como a realização da experiência com uma amostra de maiores dimensões, com o propósito de obter mais resultados com significado estatístico.

Pretende-se também investigar a possibilidade de fornecer acesso à solução desenvolvida a partir de outros tipos de dispositivos, nomeadamente através das tecnologias móveis.

Por fim, pretende-se ainda adicionar outras funcionalidade como por exemplo:

- Desenvolver recursos de comunicação entre os diversos utilizadores, nomeadamente troca de mensagens, com o objectivo de incentivar os alunos a discutir as suas dificuldades;
- Desenvolver mais recursos associados à aprendizagem, como actividades práticas;
- Processamento de respostas dos alunos expressas em linguagem natural;
- Adicionar funcionalidades colaborativas, como a ligação às redes sociais.

Bibliografia

- [1] J. G. Ruiz, M. J. Mintzer, and R. M. Leipzig, “The impact of e-learning in medical education,” *Acad Med*, vol. 81, pp. 207–212, 2006.
- [2] S.-I. Lillehaug and S. P. Lajoie, “AI in medical education - another grand challenge for medical informatics,” *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 12, pp. 197–225, Mar. 1998.
- [3] R. S. Crowley and O. Medvedeva, “An intelligent tutoring system for visual classification problem solving,” *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 36, no. 1, pp. 85–117, 2006.
- [4] M. J. Gomes, “E-learning: reflexões em torno do conceito,” 2005.
- [5] N. I. Hugenholtz, E. M. de Croon, P. B. Smits, F. J. van Dijk, and K. Nieuwenhuijsen, “Effectiveness of e-learning in continuing medical education for occupational physicians,” *Occupational Medicine*, vol. 58, no. 5, pp. 370–372, 2008.
- [6] E. L. Cardoso, P. Pimenta, and D. C. Pereira, “Adopção de plataformas de e-learning nas instituições de ensino superior-modelo do processo,” *Tékhné-Revista de Estudos Politécnicos*, no. 9, pp. 173–193, 2008.
- [7] C. Martins, *Sistemas Hipermédia Adaptativa para Suporte de Ambientes de Aprendizagem Construtivistas*. PhD thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [8] A. T. Corbett, K. R. Koedinger, and J. R. Anderson, *Handbook of Human-Computer Interaction Chapter 37 Intelligent Tutoring Systems*. Elsevier Science B. V., 1997.
- [9] H. S. Nwana, “Intelligent tutoring systems: an overview,” *Artificial Intelligence Review*, vol. 4, no. 4, pp. 251–277, 1990.
- [10] J. Self, “Theoretical foundations for intelligent tutoring systems,” 1990.

- [11] B. S. Bloom, "The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring.," *Educational Researcher*, vol. 13, no. 6, pp. 4–16, 1984.
- [12] L. Faria, *Treino e Apoio a Operadores de Centros de Controlo e Condução de Redes Eléctricas - Uma Abordagem Baseada em Conhecimento e Tutores Inteligentes*. PhD thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [13] J. R. Anderson, C. F. Boyle, R. Farrell, and B. J. Reiser, *Cognitive principles in the design of computer tutors*. Department of Psychology, Carnegie-Mellon University, 1984.
- [14] M. F. d. S. Rodrigues, *Proposta de uma Framework para Desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes*. PhD thesis, Universidade do Minho, 2007.
- [15] I. Sampaio, *Sistemas Periciais e Tutores Inteligentes em Medicina - Diagnóstico, terapia e apoio ao ensino de Otologia*. PhD thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996.
- [16] C. Conati, "Intelligent tutoring systems: New challenges and directions.," in *IJCAI* (C. Boutilier, ed.), pp. 2–7, 2009.
- [17] I. Padayachee, "Intelligent tutoring systems: Architecture and characteristics abstract," 2002.
- [18] J. Beck, M. Stern, and E. Haugsjaa, "Applications of ai in education," *Crossroads*, vol. 3, pp. 11–15, Sept. 1996.
- [19] J. Beck, M. Stern, and E. Haugsjaa, "Applications of ai in education," *ACM Crossroads*, 2004.
- [20] C. Eliot, K. Williams, and B. Woolf, "An intelligent learning environment for advanced cardiac life support.," in *Proceedings of the AMIA annual fall symposium*, p. 7, American Medical Informatics Association, 1996.
- [21] V. L. Payne, O. Medvedeva, E. Legowski, M. Castine, E. Tseytlin, D. Jukic, and R. S. Crowley, "Effect of a limited-enforcement intelligent tutoring system in dermatopathology on student errors, goals and solution paths.," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 47, no. 3, pp. 175–197, 2009.
- [22] W. J. Clancey, "From guidon to neomycin and heracles in twenty short lessons," *AI Mag.*, vol. 7, pp. 40–60, Aug. 1986.
- [23] W. J. Clancey, "Guidon-manage revisited: A socio-technical systems approach," in *Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, ITS '92, (London, UK, UK), pp. 21–36, Springer-Verlag, 1992.

- [24] P. J. Smith, T. Miller, S. Gross, S. Guerlain, J. Smith, J. Svirbely, S. Rudmann, and P. Strohm, "The transfusion medicine tutor: A case study in the design of an intelligent tutoring system," in *Systems, Man and Cybernetics, 1992., IEEE International Conference on*, pp. 515–520, IEEE, 1992.
- [25] M. W. Evens, S. Brandle, R.-C. Chang, R. Freedman, M. Glass, Y. H. Lee, L. S. Shim, C. W. Woo, Y. Zhang, Y. Zhou, *et al.*, "Circsim-tutor: An intelligent tutoring system using natural language dialogue," 2001.
- [26] F. Shah and M. Evens, "Student initiatives and tutor responses in a medical tutoring system," in *Working Notes of AAAI97 Spring Symposium on Mixed-Initiative Interaction, Stanford, CA*, pp. 138–144, 1997.
- [27] R. Azevedo and S. P. Lajoie, "The cognitive basis for the design of a mammography interpretation tutor," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 9, pp. 32–44, 1998.
- [28] M. Sharples, N. Jeffery, B. du Boulay, B. Teather, D. Teather, and G. du Boulay, "Structured computer-based training in the interpretation of neuroradiological images," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 60, no. 3, pp. 263–280, 2000.
- [29] A. Martens, J. Bernauer, T. Illmann, and A. Seitz, "'docs'n drugs—the virtual polyclinic": an intelligent tutoring system for web-based and case-oriented training in medicine.," in *Proceedings of the AMIA Symposium*, p. 433, American Medical Informatics Association, 2001.
- [30] S. Suebnukarn and P. Haddawy, "A collaborative intelligent tutoring system for medical problem-based learning," in *Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 14–21, ACM, 2004.
- [31] S. Suebnukarn and P. Haddawy, "A bayesian approach to generating tutorial hints in a collaborative medical problem-based learning system," *Artificial intelligence in Medicine*, vol. 38, no. 1, pp. 5–24, 2006.
- [32] V. Alves, J. Machado, A. Abelha, P. Novais, and C. Analide, "A web-based collaboration approach for teaching in medicine," 2006.
- [33] F. Kabanza, G. Bisson, A. Charneau, and T.-S. Jang, "Implementing tutoring strategies into a patient simulator for clinical reasoning learning," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 38, no. 1, pp. 79–96, 2006.
- [34] G. M. El Saadawi, E. Tseytlin, E. Legowski, D. Jukic, M. Castine, J. Fine, R. Gormley, and R. S. Crowley, "A natural language intelligent tutoring system for training pathologists: implementation and evaluation," *Advances in health sciences education*, vol. 13, no. 5, pp. 709–722, 2008.

- [35] C. Romero, S. Ventura, E. L. Gibaja, C. Hervás, and F. Romero, “Web-based adaptive training simulator system for cardiac life support,” *Artif. Intell. Med.*, vol. 38, pp. 67–78, Sept. 2006.
- [36] F. Aparicio, M. De Buenaga, M. Rubio, and A. Hernando, “An intelligent information access system assisting a case based learning methodology evaluated in higher education with medical students,” *Computers & Education*, vol. 58, no. 4, pp. 1282–1295, 2012.
- [37] P. Brusilovsky, “Adaptive hypermedia,” *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87–110, Mar. 2001.
- [38] P. Brusilovsky, “Methods and techniques of adaptive hypermedia,” *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 6, pp. 87–129, July 1996.
- [39] P. Brusilovsky and M. T. Maybury, “From adaptive hypermedia to the adaptive web,” *Communications of the ACM*, vol. 45, no. 5, pp. 30–33, 2002.
- [40] P. Brusilovsky, E. Schwarz, and G. Weber, “Elm-art: An intelligent tutoring system on world wide web,” in *Intelligent Tutoring Systems* (C. Frasson, G. Gauthier, and A. Lesgold, eds.), vol. 1086 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 261–269, Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- [41] P. Brusilovsky, J. Eklund, and E. Schwarz, “Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware,” *Computer Networks and ISDN Systems*, vol. 30, no. 1, pp. 291–300, 1998.
- [42] P. Brusilovsky, “Adaptive hypermedia: From intelligent tutoring systems to web-based education,” in *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 1–7, Springer, 2000.
- [43] D. Benyon, “Adaptive systems: a solution to usability problems,” *User modeling and User-adapted Interaction*, vol. 3, no. 1, pp. 65–87, 1993.
- [44] C. Martins, L. Faria, and E. Carrapatoso, “User modeling in adaptive hypermedia educational systems,” *Educational Technology & Society*, vol. 11, no. 1, pp. 194–207, 2008.
- [45] P. Brusilovsky and E. Millán, “The adaptive web,” ch. User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems, pp. 3–53, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- [46] P. Brusilovsky, “Adaptive hypermedia: An attempt to analyze and generalize,” in *Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Models, Systems, and Applications* (P. Brusilovsky, P. Kommers, and N. Streitz, eds.), vol. 1077 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 288–304, Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- [47] N. Koch, *Software engineering for adaptive hypermedia systems: reference model, modeling techniques and development process*. PhD thesis, Ludwig Maximilians University Munich, 2001.

- [48] P. D. Bra, L. Aroyo, and V. I. Chepegin, "The next big thing: Adaptive web-based systems.," *Journal of Digital Information*, vol. 5, no. 1, 2004.
- [49] N. Stash, *Incorporating Cognitive/Learning Styles in a General-Purpose Adaptive Hypermedia System*. PhD thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 2007.
- [50] A. Cristea and C. Stewart, "Automatic authoring of adaptive educational hypermedia," 2006.
- [51] H. Wu, *A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Applications*. SIKS dissertation series: School voor Informatie- en Kennissystemen, Technische Universiteit Eindhoven, 2002.
- [52] A. Kobsa, J. Koenemann, and W. Pohl, "Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships," *The knowledge engineering review*, vol. 16, no. 2, pp. 111–155, 2001.
- [53] T. Joerding, "Temporary user modeling for adaptive product presentations in the web," in *In: UM99 – Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling*, pp. 333–334, 1999.
- [54] P. D. Bra, P. Brusilovsky, and G.-J. Houben, "Adaptive hypermedia: from systems to framework.," *ACM Computer Surveys*, vol. 31, no. 4es, p. 12, 1999.
- [55] A. Kobsa, "Generic user modeling systems," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 49–63, Mar. 2001.
- [56] K. Chrysafiadi and M. Virvou, "Student modeling approaches: A literature review for the last decade," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 11, pp. 4715 – 4729, 2013.
- [57] E. Triantafillou, E. Georgiadou, and A. A. Economides, "Adaptive hypermedia systems: A review of adaptivity variables," in *Proceedings of the Fifth Panhellenic Conference on Information and Communication Technologies in Education, Thessaloniki, Greece*, pp. 75–82, 2006.
- [58] J. Kay, "Stereotypes, student models and scrutability," in *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 19–30, Springer, 2000.
- [59] Z. Jeremic, J. Jovanovic, and D. Gasevic, "Student modeling and assessment in intelligent tutoring of software patterns," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 1, pp. 210 – 222, 2012.
- [60] H. L. Lujan and S. E. DiCarlo, "First-year medical students prefer multiple learning styles," *Advances in Physiology Education*, vol. 30, no. 1, pp. 13–16, 2006.

Apêndice **A**

Casos de Uso

Identificação: C1

Nome: Registo

Funcionalidade(s): Efectuar o registo de um novo aluno. O aluno deve inserir informações pessoais.

Actor(es): Aluno

Pré-condições: Aluno ainda não registado

Pós-condições: Aluno registado

Cenário Principal:

1. O aluno acede ao menu de registo;
2. O aluno preenche os dados necessários;
3. O aluno submete os seus dados.

Identificação: C2

Nome: Questionário VARKS

Funcionalidade(s): Definir o estilo de aprendizagem do aluno. O aluno deve responder às questões colocadas.

Actor(es): Aluno

Pré-condições: Aluno registado sem estilo de aprendizagem definido

Pós-condições: Aluno registado com estilo de aprendizagem definido

Cenário Principal:

1. O aluno acede ao questionário VARKS;
2. O aluno responde às questões colocadas;
3. O aluno submete as suas respostas.

Identificação: C3

Nome: Aceder Tutor Inteligente

Funcionalidade(s): Aceder à plataforma de ensino. Na plataforma o aluno pode realizar diversas tarefas associadas à aprendizagem.

Actor(es): Aluno

Pré-condições: Aluno registado com estilo de aprendizagem definido e login válido.

Pós-condições: Realização de tarefas associadas à aprendizagem.

Cenário Principal:

1. O aluno coloca os seus dados de acesso;
2. O aluno realiza as actividades pretendidas.

Identificação: C4

Nome: Visualizar Conteúdos

Funcionalidade(s): Visualização de conteúdos.

Actor(es): Aluno

Pré-condições: Aluno registado com estilo de aprendizagem definido e login válido. Os conteúdos disponibilizados pertencem ao conceito adequado ao nível de conhecimentos do aluno e ao seu estilo de aprendizagem.

Pós-condições: Registo dos conteúdos acedidos pelo aluno.

Cenário Principal:

1. O aluno acede ao conteúdo pretendido;
2. O aluno realiza a visualização do conteúdo.

Identificação: C5

Nome: Realizar Teste

Funcionalidade(s): Definir o o nível de conhecimento do aluno sobre determinado conceito. O aluno deve responder às questões colocadas.

Actor(es): Aluno

Pré-condições: Aluno registado com estilo de aprendizagem definido e login válido.

Pós-condições: Registo da classificação relativa ao teste realizado e definição do próximo conceito que o aluno irá estudar.

Cenário Principal:

1. O aluno acede ao teste pretendido;
2. O aluno responde às questões colocadas;
3. O aluno submete as suas respostas;

Apêndice **B**

Questionário VARK

1. Está a ajudar alguém que quer ir até ao aeroporto, o centro da cidade ou estação ferroviária. Opta por:

- a. ir com a pessoa que o abordou até ao local pretendido.
- b. explicar-lhe como chegar ao destino.
- c. escrever as instruções para chegar ao local (sem mapa).
- d. desenhar ou dar um mapa à pessoa que o abordou.

2. Não tem a certeza como se deve escrever uma determinada palavra. Opta por:

- a. tentar visualizar a palavra mentalmente.
- b. pronunciar-la mentalmente para descobrir como se escreve.
- c. procurar a palavra num dicionário.
- d. escrever as versões possíveis e escolher uma.

3. Está a planear as férias de um grupo, e pretende a opinião deles sobre o planeamento que realizou. Opta por:

- a. descrever alguns dos lugares principais.
- b. usar um mapa ou a Internet para mostrar os locais.
- c. dar uma cópia impressa do itinerário.
- d. telefonar, mandar uma mensagem de texto ou um e-mail.

4. Pretende cozinhar algo especial para a família. Opta por:

- a. cozinhar algo que já conhece e sem precisar de instruções.
- b. pedir sugestões a um amigo ou familiar.
- c. folhear um livro de receitas para tirar ideias baseadas nas fotos das mesmas.
- d. usar um livro de receitas onde sabe que tem uma boa receita.

5. Um grupo de turistas quer aprender algo sobre parques ou reservas naturais existentes na sua região. Opta por:

- a. falar sobre o tema, ou arranjar alguém que para falar sobre isto.
- b. mostrar imagens na Internet, fotografias ou livros de fotos.
- c. levar o grupo de turistas a passear em parques ou reservas naturais.
- d. fornecer um livro ou panfletos sobre o assunto.

6. Pretende comprar um máquina fotográfica digital. Além do preço, que factores considera para tomar a sua decisão?

- a. experimentar ou testar o equipamento.
- b. leitura de detalhes sobre o aparelho.
- c. aspecto exterior e qualidade dos materiais.
- d. explicações do vendedor sobre as características do aparelho.

7. Recorde-se do momento que aprendeu a fazer algo novo (evite escolher algo que requiera habilidade física, como andar de bicicleta). Como é que aprendeu melhor?

- a. observar uma demonstração.
- b. ouvir uma explicação e fazer perguntas.
- c. através de diagramas e gráficos (dicas visuais).
- d. através de instruções escritas (manual ou um livro).

8. Descobre que tem um problema de coração. Prefere que o seu médico:

- a. lhe forneça um panfleto para ler a respeito.
- b. use um modelo anatómico para lhe mostrar o que está errado.
- c. lhe explique o que está errado.
- d. lhe mostre num diagrama do que está errado.

9. Quer aprender a usar um novo programa, habilidade ou jogo no computador. Opta por:

- a. ler as instruções que vieram com o programa.
- b. conversar com pessoas que conhecem o programa.
- c. experimentar o programa.
- d. seguir os diagramas do livro que vieram com ele.

10. Gosta de páginas de Internet que têm:

- a. coisas que eu possa clicar, mudar ou experimentar.
- b. uma aparência interessante e características visuais.
- c. descrições, listas e explicações.
- d. aplicações onde possa ouvir música, programas de rádio ou entrevistas.

11. Além do preço, que outro factor o ia influenciar a comprar um livro de não-ficção?

- a. possuir um visual atraente.
- b. leitura rápida de algumas partes do livro.
- c. recomendação de um amigo ou familiar.
- d. conter histórias de vida real, experiências e exemplos.

12. Está a usar um livro, CD ou um "website" para aprender tirar fotos com sua nova máquina fotográfica digital. Gostava que ele tivesse:

- a. a oportunidade de perguntar e falar sobre a máquina e as suas características.
- b. instruções claras e tópicos a explicar o que fazer.
- c. diagramas que representem a máquina e os seus componentes, e quais as suas funções.
- d. exemplos de fotos boas e más, e instruções para saber melhorá-las.

13. Prefere um professor que usa:

- a. demonstrações, modelos ou sessões práticas.
- b. perguntas e respostas, debates, discussões em grupo ou palestras.
- c. fotocópias, livros ou materiais de leitura.
- d. diagramas, tabelas e gráficos.

14. Terminou uma competição ou um teste e gostava de receber alguns comentários sobre o seu desempenho. Opta por:

- a. exemplos com base no que fez.
- b. descrições por escrito dos seus resultados.
- c. informações transmitidas oralmente.
- d. gráficos que mostrem o que alcançou.

15. Está num restaurante a escolher a sua refeição. Opta por:

- a. escolher algo que já experimentou antes.
- b. pedir sugestões ao funcionário ou aos seus amigos.
- c. escolher com base nas informações do menu.
- d. observar o que as outras pessoas estão a comer ou observar fotos dos pratos confeccionados.

16. Vai fazer um discurso importante numa conferência ou numa ocasião especial.

Opta por:

- a. fazer diagramas ou utilizar gráficos para ajudá-lo a explicar as coisas.
- b. escrever algumas palavras-chaves e praticar o seu discurso várias vezes.
- c. escrever todos os detalhes de seu discurso para decorar após lê-lo diversas vezes.
- d. reunir muitos exemplos para tornar o seu discurso real e prático.

Apêndice **C**

Inquérito de Usabilidade

	Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo totalmente	Sem opinião
A informação está bem organizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O interface tem um grafismo agradável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A informação é de fácil acesso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É útil para a aprendizagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As páginas são fluidas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É fácil de usar mesmo na primeira vez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É de fácil compreensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>