

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**MESTRADO EM TECNOLOGIA MULTIMÉDIA**

**Um Sistema Hipermedia Adaptativo para a Exploração  
de “Paisagens Matemáticas” por Caminhos Cruzados**

Carlos Manuel Ferreira Teixeira Monteiro

Dissertação submetida para satisfação parcial dos  
requisitos ao grau de mestre em Tecnologia Multimédia

Dissertação realizada sob a supervisão do  
Prof. Dr. Duarte da Costa Pereira

Professor Associado do Departamento de Química  
da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Porto, 30 de Novembro de 1999

## RESUMO

O ensino da Matemática é feito de um modo disperso, quer no tempo (ao longo dos diversos anos da vida escolar) quer na abordagem (feita por professores diferentes, em níveis de escolaridade diferentes, em temas/disciplinas separadas), acabando o conhecimento por ficar fragmentado, compartimentado, perdendo-se a perspectiva holística do domínio de conhecimento. Esta situação dificulta a flexibilização na aplicação do conhecimento a situações problemáticas.

Na área da Educação, as Teorias da Flexibilidade Cognitiva (Spiro e outros, 1990) e da Aprendizagem Significativa (Ausubel e seus colaboradores) apontam para a necessidade de múltiplas representações do material de aprendizagem, em que este material deve centrar-se mais na construção do conhecimento e menos na sua transmissão, cuja principal metáfora é a "paisagem de caminhos cruzados" ("criss-crossed landscape"). Estas "paisagens" conceptuais são aprendidas, sob a iniciativa activa do aprendiz, percorrendo os caminhos cruzados, que as atravessam.

Propõe-se, por isso, criar um Sistema Hipermedia Adaptativa (AHS, Adaptive Hypermedia System), destinada a professores de qualquer nível de ensino e alunos do ensino superior que tenham aquela disciplina no seu curriculum.

Os três principais problemas da utilização do Hipermedia em Educação são a sobrecarga cognitiva, a perda no hiperespaço e a neutralidade da apresentação perante as capacidades e conhecimentos do aprendiz.

Tendo em consideração tudo o que foi referido anteriormente, a aplicação deve permitir uma navegação apoiada num Mapa Hipermedia de Conceitos, uma caracterização do utilizador, através de recolha de informação da sua navegação, e uma caracterização dos conteúdos, hierarquizando-os por níveis de complexidade e estabelecendo as relações entre eles para além de possibilitar múltiplas representações de um dado conceito.

---

## ABSTRACT

Teaching Mathematics is done in a scattered way, concerning both time (throughout the various years of schooling) and approach (done by different teachers, on different levels and/or separated subjects). Due to this situation knowledge gets fragmented and compartmentalized, losing the holistic perspective of the knowledge domain. This makes the flexibilization in the application of knowledge to problem situations in an hard task.

In Education, the Cognitive Flexibility Theories (Spiro and others, 1990) and the Significant Learning (Ausubel and his co-workers) point to the need to multiple representations of the learning material, which should be more centered on the construction of knowledge than on its transmission, being its principal metaphor the "criss-crossed landscape". This conceptual "landscapes" are learned under the initiative of the apprentice going through their crossing ways.

The three main problems in the utilization of Hypermedia in Education are the cognitive overhead, the loss in hyperspace and the neutral presentation before the apprentice's capacities and knowledge.

It is proposed, therefore, to create an Adaptive Hypermedia System (AHS) destined to teachers of any level and higher education students having that subject in their curriculum.

Considering what was mentioned before, the application should allow supported navigation with a Hypermedia map of concepts; the user's characterization by collecting information of his navigation; and a contents characterization placing the contents in a complexity level hierarchy and establishing relations between them.

---

## RÉSUMÉ

L'enseignement de la Mathématique est fait d'une forme dispersée dans le temps (pendant les diverses années de la vie scolaire) soit par les diverses formes d'abordage (faite par différents professeurs, en différents niveaux scolaires, en différentes disciplines) la connaissance du domaine se présente d'une forme fragmentée et il est difficile, pour l'apprenant, de tenir une perspective globale du domaine de connaissance.

Cette situation apporte des problèmes de flexibilité du domaine en rendant difficile, pour l'apprenant, les applications des connaissances en situations problématique.

En Éducation, dans les Théories de la Flexibilité Cognitive (Spiro et d'autres collaborateurs) et de l'Apprentissage Significatif (Ausubel et ses collaborateurs) qui montrent la nécessité de différentes représentations du matériel d'apprentissage et que ce matériel doit se centrer plus dans la construction de la connaissance et moins dans la transmission du même, en considérant la principale métaphore comme un paysage de connaissances traversés par multiples chemins croisés. Ce paysage est appris par l'apprenant en passant par les chemins qui le traversent.

Les trois principaux problèmes de l'utilisation de l'hypermédia, en Éducation, sont la surcharge cognitive, la perte dans l'hyperespace et la passivité de l'interface devant les connaissances et les capacités de l'apprenant.

Nous nous proposons de construire un Système Hypermédia Adaptatif destiné aux professeurs de tous les niveaux d'enseignement et aux élèves de l'enseignement supérieur qui ont étudié la discipline de Mathématique qui permet de faire une navigation appuyée sur une carte conceptuelle hypermédia, un modèle de l'apprenant obtenu avec un recueil de toutes ses tâches pendant la navigation, un modèle du domaine de connaissance dans lequel les concepts sont hiérarchisés, en attendant aux niveaux de généralité et sont définies les liaisons entre les différents concepts. L'apprenant va découvrir multiples représentations du même concept en divers media.

---

---

# ÍNDICE

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
RÉSUMÉ.....	3
ÍNDICE .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABELAS .....	9
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>10</b>
INTRODUÇÃO .....	10
ESTRUTURA DA TESE .....	12
<b>CAPÍTULO 2 - TEORIAS DA APRENDIZAGEM.....</b>	<b>14</b>
2.1 - O CONSTRUTIVISMO.....	16
2.1.1 - TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	21
2.1.2 - TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA.....	27
<b>CAPÍTULO 3 - HIPERTEXTO, HIPERMEDIA.....</b>	<b>31</b>
3.1 – UM POUCO DE HISTÓRIA.....	31
3.2 - HIPERTEXTO.....	34
3.3 – HIPERMÉDIA.....	36
3.3.1 - Estrutura ou rede .....	36
3.3.2 - Navegação.....	37
3.4 - HIPERMÉDIA E EDUCAÇÃO.....	38
3.4.1 - Perda no hiperespaço ou desorientação .....	41
3.4.2 - Sobrecarga cognitiva .....	42
3.4.3 - Neutralidade perante o aprendiz.....	43
3.5 - SISTEMA HIPERMÉDIA ADAPTATIVO.....	44
3.5.1 - Caracterização do conteúdo .....	45
3.5.2 - Caracterização do aprendiz .....	46

---

---

3.6 - TIPOS DE ADAPTAÇÃO.....	46
3.6.1 - Adaptação da navegação.....	47
3.6.2 - Adaptação da apresentação.....	47
3.7 - UTILIZAÇÃO DO SHA, RAZÕES E ÁREAS DE APLICAÇÃO.....	48
3.7.1 – Algumas aplicações desenvolvidas na área da Educação.....	48
<b>CAPÍTULO 4 - CONCEPÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO..</b>	<b>51</b>
4.1 - INTRODUÇÃO.....	51
<i>Porquê esta aplicação e a quem se destina?</i> .....	51
<i>Porquê um Mapa de Conceitos?</i> .....	52
<i>Porquê adaptativa?</i> .....	52
<i>Porquê tanta liberdade de escolha?</i> .....	53
<i>Porquê controlar o número de janelas acessíveis?</i> .....	53
<i>Porquê esta estrutura de hiperdocumento?</i> .....	53
4.2 - FUNCIONALIDADES DA APLICAÇÃO.....	54
4.3 - ARQUITECTURA DA APLICAÇÃO.....	56
4.3.1 - Secções da aplicação.....	57
4.3.1.1 - Caracterização do aprendiz.....	57
4.3.1.2 - Apresentação do conteúdo.....	57
4.3.1.3 - Adaptações da navegação e da apresentação.....	58
4.3.2 - Especificação das interfaces.....	59
4.3.2.1 - Princípios adoptados para a construção das interfaces.....	66
4.4 – OS CONTEÚDOS.....	73
4.4.1 – <i>Mapa Conceptual</i> .....	73
4.4.2 - <i>Armazenamento e organização da informação</i> .....	76
4.4.3 - <i>Fluxo de informação da aplicação</i> .....	76
<b>CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO.....</b>	<b>78</b>
5.1 - INTRODUÇÃO.....	78
5.2 - <i>A FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO</i> .....	79
5.3 – <i>OS CONTEÚDOS</i> .....	80
5.3.1 - Caracterização dos conteúdos.....	80
5.3.2 - Armazenamento dos ficheiros relativos aos conteúdos.....	82
5.3.3 - Apresentação dos conteúdos.....	83

---

---

<i>5.4 – AS ADAPTAÇÕES DO SISTEMA</i> .....	88
5.4.1 - Adaptação da apresentação .....	89
5.4.2 - Anotação das ligações .....	93
<i>5.5 - A CARACTERIZAÇÃO DO APRENDIZ</i> .....	95
<i>5.6 - A BASE DE DADOS</i> .....	96
5.6.1 - Opção da DBMS .....	96
5.6.2 - Organização da BD .....	97
5.6.3 - Consulta da BD .....	100
<i>5.7 – EVENTOS DESENCADEADOS PELO APRENDIZ</i> .....	101
<i>5.8 – FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO</i> .....	105
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>107</b>
6.1 - CONCLUSÕES .....	107
6.2 – PERSPECTIVAS FUTURAS.....	109
<b>BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS</b> .....	<b>110</b>
<b>ANEXO A - CÓDIGO</b> .....	<b>114</b>
<b>ANEXO B – TABELAS DA BD RELATIVAS A CONCEITOS</b> .....	<b>119</b>
<b>ANEXO C - EXTRACTOS DO TEXTO DE REFERÊNCIA</b> .....	<b>120</b>

---

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – A brief overview &amp; interesting links for further study</i>	10
<i>Figura 2 - Mapa Conceptual da TAS</i>	20
<i>Figura 3 - - Organização dos conceitos em um Mapa</i>	22
<i>Figura 4 - Mapa conceptual simples que ilustra a definição</i>	24
<i>Figura 5 - Representação de um mapa complexo com vários níveis</i>	25
<i>Figura 6 - As diversas gerações de hipermédia</i>	34
<i>Figura 7 - Representação de um documento hipertexto</i>	35
<i>Figura 8 - Representação de um documento hipermédia</i>	36
<i>Figura 9 - Tipos de navegação</i>	37
<i>Figura 10 - French Word Torture</i>	39
<i>Figura 11 – Interface do InterBook</i>	50
<i>Figura 12 - Arquitectura da aplicação</i>	56
<i>Figura 13 – Projecto par o menu descendente “Ficheiro...”</i>	61
<i>Figura 14 - Projecto do menu descendente “ver Relatório...”</i>	62
<i>Figura 15 – Projecto de “Ver Relatório...” com combinação de caixa de diálogo</i>	62
<i>Figura 16 – Projecto do frmMapaConceitos</i>	63
<i>Figura 17 – Projecto do frmAntecede</i>	64
<i>Figura 18 – Projecto do frmConceito</i>	65
<i>Figura 19 – Projecto do frmConsulta</i>	66
<i>Figura 20 - Esboço de Zaha Adid (1983)</i>	69
<i>Figura 21 - Esboço da Zaha Adid (1983)</i>	70
<i>Figura 22 - Esboço da Zaha Adid (1983)</i>	71
<i>Figura 23 – Adaptação da imagem para fundo do frmMapaConceitos</i>	72
<i>Figura 24 - Adaptação da imagem para fundo do frmConceito</i>	72
<i>Figura 25 - Mapa de Conceitos da Lógica Matemática</i>	75
<i>Figura 26 – Fluxo de informação</i>	77
<i>Figura 27 – Formulário de apresentação</i>	78
<i>Figura 28 – Esquema armazenamento dos ficheiros de conteúdos</i>	83
<i>Figura 29 - Formulário frmMapaConceitos tal como é apresentado ao aprendiz</i>	85



---

<i>Figura 30 - Formulário de apresentação do Conceito (frmConceito) tal como é apresentado ao aprendiz</i>	87
<i>Figura 31 – Vista de conceito com opção de Anotação aberta</i>	88
<i>Figura 32 - Janela de Mapa de Conceitos só com nível 1</i>	89
<i>Figura 33 - Mapa de Conceitos só com nível 2</i>	90
<i>Figura 34 – Apresentação do Mapa de Conceitos só com nível 3</i>	91
<i>Figura 35 – Apresentação do Mapa de Conceitos só com o nível 4</i>	92
<i>Figura 36 – Janela de visita ao conteúdo sem opção de medi e formato do conceito</i>	93
<i>Figura 37 – Formulário de informação sobre conteúdos relacionados</i>	94
<i>Figura 38 – Esquema das tabelas da BD e relações entre os sue campos</i>	98
<i>Figura 39 – Caixa de opções que surge após opção “Ver Relatório ...”</i>	100
<i>Figura 40 – Visita à tabela Percurso da BD</i>	101

---

---

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Os princípios do Construtivismo</i>	16
<i>Tabela 2- Distribuição do tipo de aplicações segundo os modelos de aprendizagem</i>	40
<i>Tabela 3 – Funcionalidades da aplicação para o aprendiz e professor/editor</i>	54
<i>Tabela 4 – Distribuição das funcionalidades pelos formulários da aplicação</i>	59
<i>Tabela 5 – Classificação dos conteúdos, por nível hierárquico</i>	81
<i>Tabela 6 – Relações entre os conteúdos</i>	82
<i>Tabela 7 – Tabelas da BD e indicação da informação relativas ao aprendiz e conteúdos</i>	97
<i>Tabela 8 – Estrutura da BD</i>	99
<i>Tabela 9 – Tabela dos eventos desencadeados pelo utilizador e seu tratamento pela aplicação</i>	102

---

## Capítulo 1

---

### *Introdução*

Este trabalho, embora situado no domínio disciplinar da Tecnologia Multimédia, pretende desenvolver-se no âmbito da Educação, muito particularmente nas Tecnologias Educativas.

Na Educação existe um aspecto importante que é o processo de ensino-aprendizagem que, segundo Sprinthall (1994), assenta em quatro pontos:

- o professor;
- o aluno;
- as estratégias;
- os conteúdos

O objectivo do trabalho a que se refere esta dissertação é a execução de uma aplicação multimédia digital que facilite aquele processo, actuando num ou mais dos pontos mencionados. No caso concreto não se pretende substituir o professor nem o aluno mas fornecer estratégias e conteúdos a ambos.

Os conteúdos foram retirados de um trabalho sobre Matemática no qual se pretende dar uma perspectiva holística da mesma através de uma abordagem formal, da autoria do Professor Catedrático Carlos Madureira, cujas partes mais utilizadas neste trabalho são apresentadas no Anexo C.

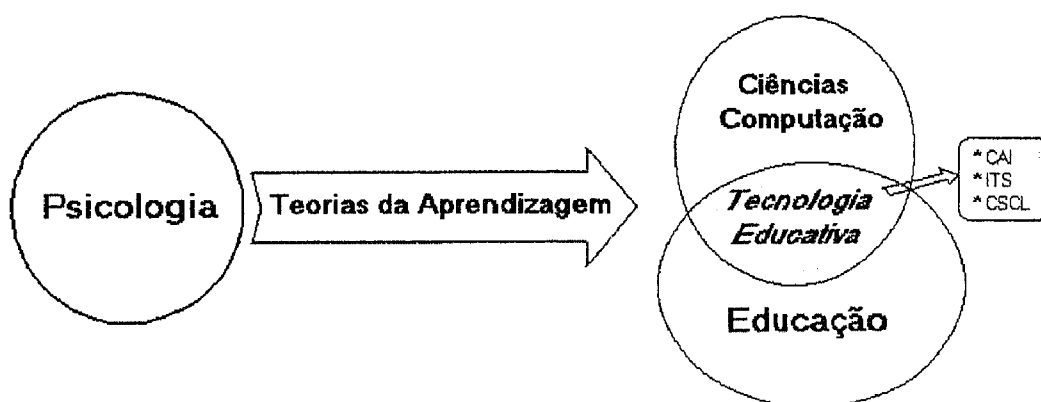
As estratégias fundamentam-se nas Teorias Construtivistas do Conhecimento particularmente na Teoria da Aprendizagem Significativa e nos Mapas Conceptuais de Ausubel e Novak e também na Teoria da Flexibilidade Cognitiva de Rand Spiro e seus colaboradores. As primeiras garantiram a exaustão da abordagem e a segunda a flexibilidade da mesma.

Assim o presente estudo enquadra-se num referencial teórico de modo a permitir consistência no vocabulário usado e nos conceitos apropriados. Tudo se explica nesta vertente por se pretender que o protótipo seja um facilitador da aprendizagem.

A outra vertente a que se obriga o protótipo é de Multimédia Digital.

Com a junção destas duas vertentes não se pretende cair na situação de se criar um software multimedia interactivo com intenção educativa que falha nestes seus propósitos, sendo consensual que esta aparente falha se deve a um design educacional inapropriado para um modelo de uma Aprendizagem Assistida por Computador ou de Hipermedia. Muito antes pelo contrário. Pretendem-se superar esta situação que é, infelizmente, válida em muitos exemplos (talvez mesmo na grande maioria) do software educativo, mesmo quando se adjectiva de multimédia.

O contributo da Psicologia através das Teorias da Aprendizagem para as Ciências de Computação e para a Educação estão esquematicamente representadas na figura 1.:



**Figura 1** - Adaptado do site CSCL – A brief overview & interesting links for futher study [URL 1]

Relativamente ao Multimédia Digital seria necessário ultrapassar a criação de aplicações que se mantêm inalteradas perante os utilizadores mantendo-se autistas relativamente aos seus conhecimentos e interesses.

Nesta vertente foram de grande importância os textos que Eklund, Brusilovsky e muitos outros disseminaram na Internet contribuindo assim para a concretização da utopia de Ted Nelson e as ideias de Vannevar Bush (ver Capítulo 3, Hípertexto, hípermédia).

Aquela disseminação permitiu uma investigação no domicílio evitando as deslocações às Bibliotecas com ar pesado e que afogam os leitores na altura das suas estantes.

Outros aspectos que se pretendem remediar são a sobrecarga cognitiva e a perda no hiperespaço dos utilizadores do hipermédia.

Torna-se aqui pertinente recordar Réhaume (1997) quando este afirma que será necessário criar os termos de Hiperaprendiz, capaz de aprender e utilizar com sucesso o hipermédia, e Hiperprofessor, que poderá ajudar o primeiro a atravessar as pontes que ligam as margens do conhecimento. Será, este trabalho, um modesto contributo para aquela concretização?

Realça-se que sempre que pareça pertinente para a compreensão do trabalho que se está a apresentar indicar-se-á o significado dos termos utilizados pois “...Quantas vezes descobrimos, depois de muitos anos a utilizar com sucesso uma determinada palavra, que a estamos a empregar numa situação em que o significado que lhe atribuímos não parece ser compatível com o significado que ela parece ter para outros aprendizes da língua” (Fosnot, 1999).

## ***Estrutura da Tese***

A Tese foi estruturada em cinco capítulos cujos conteúdos a seguir se referem.

O Capítulo 1 é esta introdução.

O Capítulo 2 constitui uma abordagem sintética às Teorias da Aprendizagem, caracterizando as Teorias da Aprendizagem Significativa e da Flexibilidade Cognitiva e passando pelos Mapas Conceptuais, uma vez que são estes os pilares da aplicação desenvolvida.

No Capítulo 3 é feita uma caracterização do conceito de Hipermédia e da sua problemática e utilização em termos de Educação. Refere-se a influência das Teorias da Aprendizagem no desenvolvimento de aplicações na área da Educação.

Referem-se as vantagens e inconvenientes da utilização de Hipermédia, em Educação, realçando-se a sobrecarga cognitiva, a perda no hiperespaço e a neutralidade perante o utilizador. Na tentativa de ultrapassar estes três problemas apareceram os SHA.

Define-se e caracteriza-se o Sistema Hiperónimo Adaptativo (SHA) e os diversos tipos de adaptações. Caracteriza-se e define-se a técnica de Anotação das Ligações (AL). Por último referem-se as áreas de aplicação destes sistemas.

O Capítulo 4 é dedicado ao projecto da aplicação. Relativamente a esta descrevem-se quais os objectivos que se pretende atingir, as funcionalidades disponibilizadas e a sua arquitectura. Definem-se os princípios organizacionais e de armazenamento da informação, a forma como foi implementada. Especificam-se os interfaces.

O Capítulo 5 é dedicado à implementação da aplicação. Concretizam-se os projectos, definem-se as ferramentas de programação, a base de dados a utilizar, constroem-se os formulários, organizam-se os conteúdos específicos e explica-se a interacção.

No Capítulo 6 são referidas algumas conclusões relativamente ao trabalho efectuado e feitas algumas recomendações com vista a futuras realizações.

## Capítulo 2 - TEORIAS DA APRENDIZAGEM

As Teorias da Aprendizagem constituem uma das áreas da Psicologia Educacional. Estamos perante uma vasta área de conhecimento. Essa vastidão obriga a que só sejam referidos temas ou campos cujo interesse seja relevante para a fundamentação teórica da área educativa do presente trabalho.

As Teorias de Aprendizagem tendem a descrever não só as trajectórias do pensamento do aluno mas também as condições a reunir para criar um sistema de acontecimentos que permitam uma apropriação do saber (Bertrand, 1991).

Na Psicologia da Aprendizagem, adaptado de Ontoria (1999, pág. n.º 9), pode considerar-se os seguintes modelos gerais:

Modelo	Caracterização	Principais teóricos
Comportamentalista	O objectivo é o treino e o controlo da conduta	Skinner, Wolpe, Salter, Gagné, Smith e Smit
De Interação Social	Centram-se nos processos e valores sociais	Cox, Bethel, Shaftel e Boocock
Pessoal	Orientados para o autodesenvolvimento pessoal	Rogers, Schutz, Gordon e Glasset
Cognitivista	Trabalham sobre os processos mentais	Suchman, Schwab, Bruner, Piaget, Sigel e Ausubel

Daqueles modelos salientam-se dois, o comportamentalista e o construtivista, que são mais utilizados como base de construção de software educacional:

a) – Modelo comportamentalista

Interessa-se pelos efeitos do meio na aprendizagem e nas relações funcionais entre a organização do meio e os comportamentos do ser humano.

Corresponde à instrução programada tendo esta um conteúdo claramente definido que é compartimentado em pequenas unidades (Skinner, 1968, citado por Gatto, 1997). Como pequenas unidades de conteúdo são apresentadas ao aprendiz com uma pergunta que deve ser respondida (estímulo). À resposta do aprendiz (resposta) é-lhe comunicado se está ou não correcta (reforço). Se a resposta apresentada é correcta então o aprendiz pode avançar para uma nova unidade de conteúdo senão, é apresentada uma unidade com material de remediação.

Esta é a lógica subjacente ao programa, que pode ser mais ou menos complexo, dependendo esta complexidade da estrutura do programa ser linear ou em árvore.

Não é este tipo de aplicação que se pretende desenvolver.

b) – Modelo Cognitivista

Interessa-se pelo desenvolvimento dos processos cognitivos tais como, o raciocínio, a análise, a resolução de problemas, as representações, as concepções preliminares, as imagens mentais, etc. Aliás Arends (1995, pág. 558) define Processamento de Informação como sendo o processo utilizado pela mente para recolher, armazenar e recuperar informação a ser utilizada.

Uma das perspectivas deste processamento de informação é a da construção cooperativa do conhecimento a partir de uma estrutura mental existente e da forma como os novos conceitos se relacionam com essa estrutura. É a perspectiva construtivista que é adoptada como referência teórica deste trabalho. Esta perspectiva também aponta para a flexibilização do raciocínio, a necessidade do aprendiz ser um agente activo na construção do conhecimento e para as múltiplas representações dos diferentes domínios do conhecimento

É, sem dúvida, o tipo de modelo em que se apoia este trabalho.

Em virtude da opção por este modelo torna-se necessário desenvolver com mais detalhe a perspectiva construtivista e duas das suas teorias que são a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC).



## 2.1 - O CONSTRUTIVISMO

“O construtivismo é uma teoria psicológica pós-estruturalista (Doll, 1993), uma teoria que considera a aprendizagem como um processo de construção interpretativo e recursivo por parte dos alunos em interacção com o mundo físico e social. É uma teoria psicológica da aprendizagem que descreve o modo como surgem as estruturas e a compreensão conceptual mais profunda, mais do que uma teoria que apenas caracteriza as estruturas e estádios do pensamento, ou mesmo uma teoria que isola comportamentos aprendidos por meio de reforço.” ( Fosnot , 1999).

Os princípios gerais são apresentados, na tabela 1, tendo em consideração a perspectiva de Fosnot (1999, pág. nº.53):

**Tabela 1 - Os princípios do Construtivismo**

A aprendizagem não é resultado do desenvolvimento; <b>a aprendizagem é desenvolvimento</b> . Ela requer invenção e auto-organização por parte do aluno....
<b>O desequilíbrio facilita a aprendizagem</b> . Os «erros» precisam de ser entendidos como resultando das concepções dos alunos e, como tal, não devem ser minimizados ou evitados....
<b>A abstracção reflexiva é a força motriz da aprendizagem</b> . Enquanto construtores de significado, os humanos procuram organizar e generalizar experiências de uma forma representacional....
O diálogo no seio de uma comunidade engendra um pensamento posterior.

Considerando que a cada um destes princípios corresponde a sua representação do conhecimento apresenta-se uma outra definição desta teoria e numa tentativa de avançar para outro dos pilares da base teórica deste trabalho citaria, Jonassen no seu *A Manifesto for a Constructivist Approach to Technology in Higher Education*, onde aponta quais os pressupostos, definidos pelos construtivistas, para que haja aprendizagem. Referem-se à construção do conhecimento, à negociação social do significado, à contextualização da aprendizagem e ao pensamento reflexivo. Apresenta-se um sumário desenvolvimento destes temas:

O aprendiz constrói o seu conhecimento interpretando a sua percepção das experiências em termos dos seus anteriores conhecimentos, da sua actual estrutura mental e das suas crenças;

Uma das principais bases do construtivismo é a de que o significado de uma coisa é função de como o indivíduo cria significados das suas próprias experiências;

A construção do conhecimento apoia-se num activo processamento mental das percepções;

A construção do conhecimento é um processo gerador de conhecimento, envolvendo o relacionamento da nova informação com a existente de modo a criar estruturas mais elaboradas;

A negociação social do significado que é suportado por um trabalho cooperativo, na construção do conhecimento, permitindo assim que se cheguem a compreensões comuns de um significado;

A contextualização da aprendizagem. Na ausência do mundo real, relevante para a obtenção de informação para a aprendizagem, a informação retida é fraca. Isto é, torna-se necessário um referencial hierárquico. Indivíduos atribuem significado ao seu mundo olhando para histórias, acontecimentos, etc.;

O Pensamento Reflexivo. É possível distinguir dois processos no pensamento: raciocínio e reflexão.

- O raciocínio ocorre como um processo consciente e intencional. Os aprendizes quando raciocinam utilizam processos formais como indução e dedução;

- A reflexão é uma estratégia metacognitiva, isto é um processo de pensar acerca do pensamento (por exemplo pensar nas diversas abordagens para a resolução de um determinado problema

Dalgrano (1996) conseguiu sintetizar assim os três aspectos fundamentais do construtivismo:

cada pessoa forma a sua própria representação do conhecimento, apoiada nas suas próprias experiências, e conseqüentemente não existe uma única “correcta” representação do conhecimento; Atribuído a Kant na *Critica da Razão Pura*;

a aprendizagem, de acordo com Piaget, ocorre quando o aprendiz, nas suas experiências, descobre uma contradição entre a sua representação do conhecimento e a sua experiência. Piaget classifica de *desequilíbrio* esta fase em que se descobre a contradição. O processo de alteração da estrutura cognitiva de forma a incorporar esta contradição é designada por acomodação (McInerney and McInerney, 1994; Slavin,

1994). Bruner foi o primeiro a expor uma detalhada teoria de aprendizagem baseado neste princípio;

a aprendizagem ocorre num contexto social, e esta interacção entre o aprendiz e os seus pares é uma parte indispensável no processo de aprendizagem. Vygotsky (1978).

Atendendo à importância desempenhada por Piaget, Bruner e Vygotsky no aparecimento e desenvolvimento das Teorias da Aprendizagem, na perspectiva Constructivista, torna-se necessário efectuar uma referência mais detalhada aos mesmos.

A Teoria de Piaget privilegia o sujeito e o meio é apenas considerado como resultado das actividades do sujeito. É o sujeito epistémico que determina a amplitude e o processo de qualquer operação intelectual que possa realizar a propósito de uma situação concreta que lhe é proposta.

A aprendizagem é apenas um sector do desenvolvimento cognitivo e é facilitada pela experiência.

Piaget defendeu e demonstrou que o mecanismo que promove a mudança na cognição era o mesmo que na evolução – a **equilibração**. Esta foi descrita como um processo dinâmico de comportamento auto-regulador, balançando entre dois comportamentos intrínsecos opostos, a assimilação e a acomodação (Fosnot, 1999).

A principal vertente da Teoria de Vygotsky é a de realçar o importante papel da interacção social na construção do conhecimento. O autor defende que a interacção social é a origem e o motor da aprendizagem e do desenvolvimento intelectual. Ao contrário de Piaget, para quem a aprendizagem deve seguir o desenvolvimento, para Vygotsky é a aprendizagem que promove o desenvolvimento.

Um dos conceitos de Vygotsky é o da **zona de desenvolvimento potencial**. Este conceito é explicado pelo autor como sendo a distância entre o nível de desempenho actual da criança e aquilo que ela não é capaz de fazer autonomamente, mas pode realizar com o apoio de um colega ou de um adulto. Defende ainda que a aprendizagem, quando ocorre, situa-se na zona de desenvolvimento potencial (ZDP). Este conceito de zona de desenvolvimento potencial é dos mais importantes e úteis para o desenvolvimento de aplicações na área da Educação.

Por último refere-se Bruner que defende as condições para que haja uma aprendizagem eficaz. A sua Teoria é estruturada em quatro princípios: motivação, estrutura, sequência e reforço. Bruner defende que qualquer assunto pode ser ensinado a

qualquer aprendiz se estiver apropriadamente estruturado. Ou seja, para o aprendiz, o assunto torna-se reconhecível. Bruner considera que se o desenvolvimento intelectual ocorre de acordo com uma sequência inata, movendo-se da representação motora para a icônica até à simbólica, então deverá ser esta a melhor sequência para a apresentação de um determinado domínio de conhecimento. O reforço é entendido como a informação que é fornecida ao aprendiz sobre as suas aprendizagens.

Apresentaram-se várias abordagens dos mesmos conceitos possibilitando-se assim uma negociação do significado de Construtivismo.

Vai-se agora analisar, com mais detalhe, as Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, a Teoria da Educação Conceptual de Novak e Teoria da Educação de Gowin

Utilizando um mapa (figura 1) podemos representar o que foi dito.

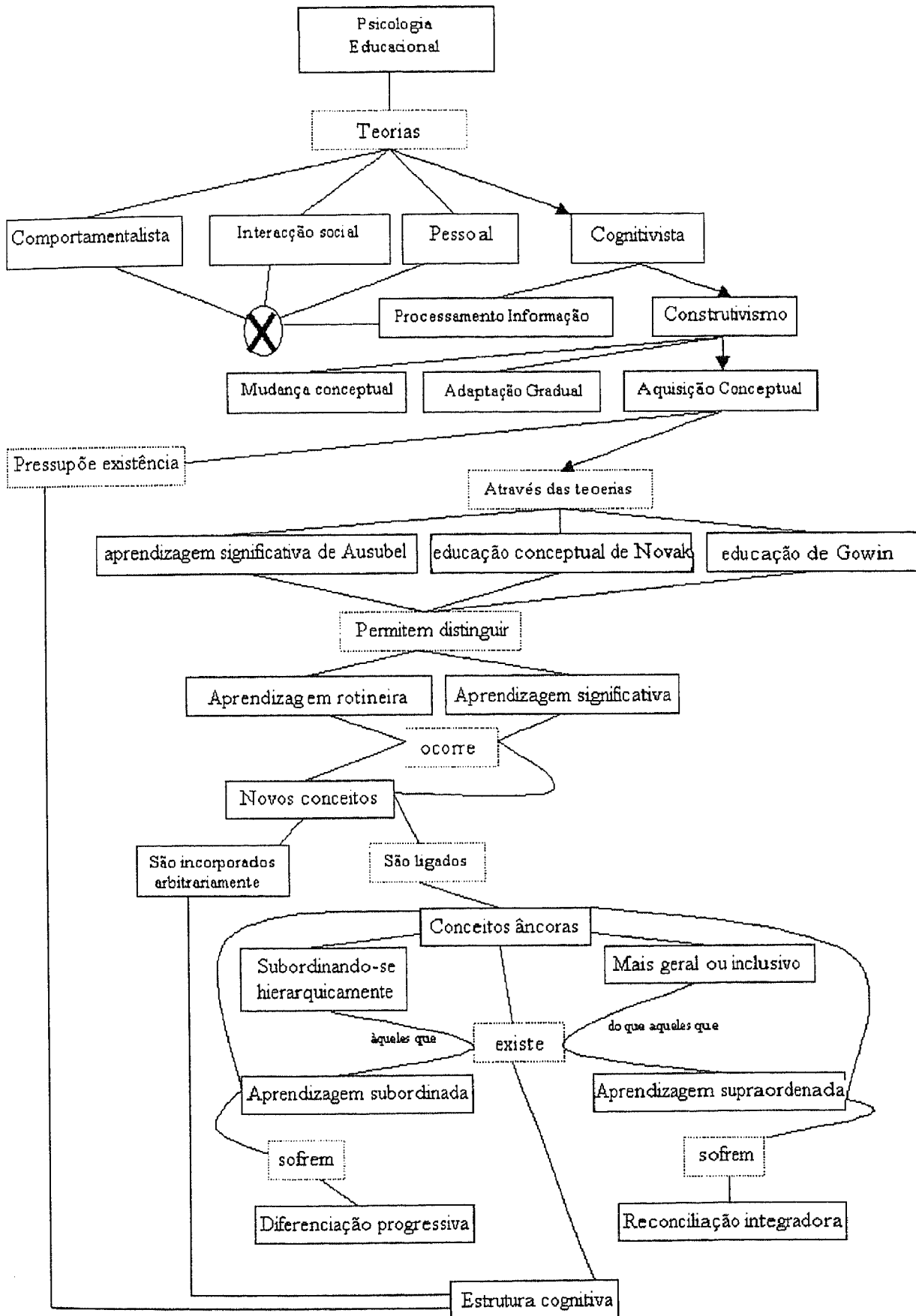


Figura 2 - Mapa Conceitual da TAS

### 2.1.1 - TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Esta teoria permite chegar aos mapas conceptuais que são uma das bases deste trabalho.

Começa por aceitar que as pessoas pensam com conceitos. Um conceito comunica o significado de alguma coisa. Os conceitos são uma parte de uma estrutura cognitiva de um indivíduo, que é o complexo organizado resultante do processo cognitivo, através dos quais utiliza e adquire o conhecimento (Moreira, 1993, pág. 19).

Fosnot (1999, pág. 35) define estrutura como sistema mental cognitivo com leis transformacionais.

Perante uma nova informação o indivíduo incorpora-a de uma forma substantiva, não arbitrária, na sua estrutura cognitiva. Neste caso estamos perante uma **aprendizagem significativa** em contraste com **aprendizagem rotineira** em que se produz uma incorporação, dos novos conhecimentos, uma forma arbitrária na estrutura cognitiva do indivíduo.

Para existir uma aprendizagem significativa é necessário que o indivíduo relacione os novos conhecimentos com conceitos ou proposições relevantes que já conhece (Novak, 1996). Estes conceitos são denominados subsonçores (Moreira, 1993) ou **âncoras** conforme os autores, salientando-se esta designação pela semelhança com a terminologia utilizada no hipertexto.

Para existir aprendizagem tem de existir assimilação do conceito. Esta assimilação pode ser considerada em termos da relação do conceito com os já existentes e tem-se as três modalidades de aprendizagem (subordinada, supraordenada ou combinada) ou em termos da relação do conceito com a estrutura (diferenciação progressiva ou reconciliação integradora). Passa-se agora à caracterização de cada tipo de assimilação.

a) - relativamente à relação dos conceitos com os já existentes:

*aprendizagem subordinada* - o novo conceito é mais geral do que outro já existente

*aprendizagem supraordenada* - o novo conceito ou proposição, mais geral e inclusivo do que as ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva, é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los (Moreira, 1993)

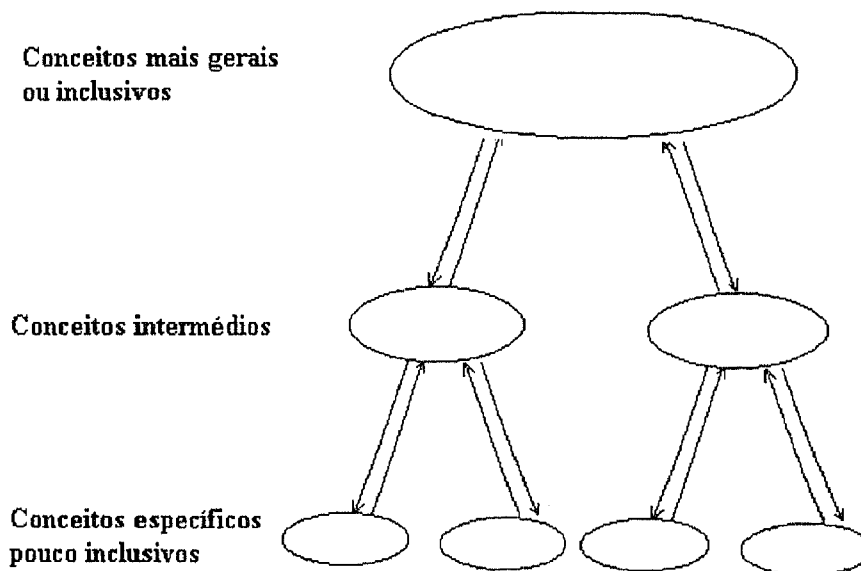
*aprendizagem combinada* - resulta da conjugação das duas anteriores.

b) - relativamente á estrutura temos duas situações:

*diferenciação progressiva* - ocorre na aprendizagem subordinada que origina que um conceito âncora se modifique no processo. Tornando-se mais elaborado ou adquirindo outro significado, etc.

*reconciliação integradora* - ocorre a nível da reorganização da estrutura permitindo passar a conceitos mais gerais (Ontoria, 1993)

Está subjacente o pressuposto de que a estrutura do conhecimento está hierarquicamente organizada, dos conceitos mais gerais até aos específicos ou por níveis de inclusividade. Esta representação hierárquica pode-se evidenciar no Mapa da figura 3.



**Figura 3 - -** Organização dos conceitos em um Mapa

Quando é que se produz aprendizagem significativa?

- Quando um sujeito assume uma atitude deliberada de aprendizagem. A significação dessa tarefa depende dos recursos cognitivos do indivíduo (Ontoria, 1993).

- Quando o material é potencialmente significativo, isto é, permite estabelecer uma relação substantiva com conhecimentos e ideias já existentes.

Entre os materiais considerados potencialmente significativos temos os Mapas Conceptuais. Atendendo a que os mesmos vão ser uma componente, sempre presente, na aplicação desenvolvida vou dedicar, a seguir, um espaço onde serão explicados com mais detalhe.



### 2.1.1.1 - MAPAS CONCEPTUAIS

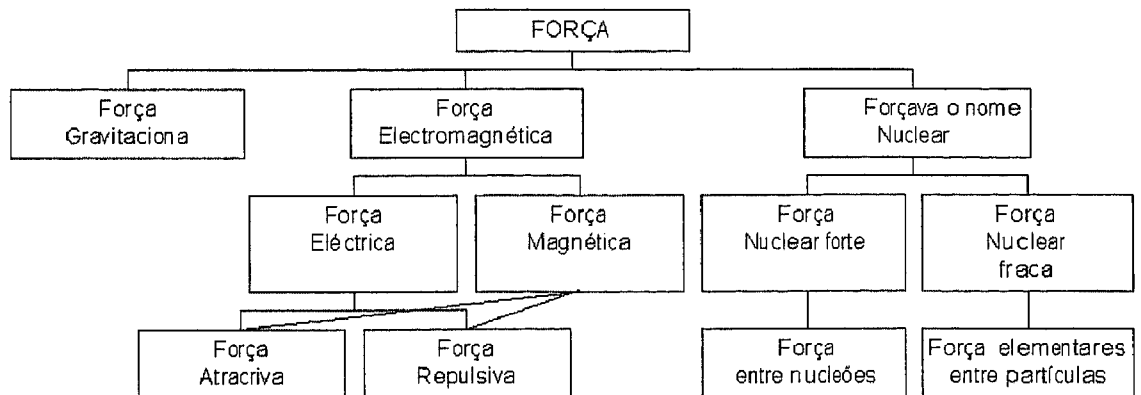
Os Mapas Conceptuais são diagramas que visam representar a estrutura conceptual de um corpo de conhecimentos ou parte dele. (Moreira *et al.*, 1993)

Os Mapas Conceptuais são representações gráficas dos conceitos e das relações entre eles.

Num Mapa temos a considerar os seus três elementos fundamentais:

- o conceito
- a **proposição** – formada por dois ou mais conceitos ligados pela palavra de enlace
- a **palavra de enlace** – servem para unir dois conceitos

Como exemplo temos os mapas das figuras 4 e 5 que demonstram como se pode tornar complexa a representação de um determinado domínio do conhecimento.



**Figura 4** - Mapa conceptual simples que ilustra a definição

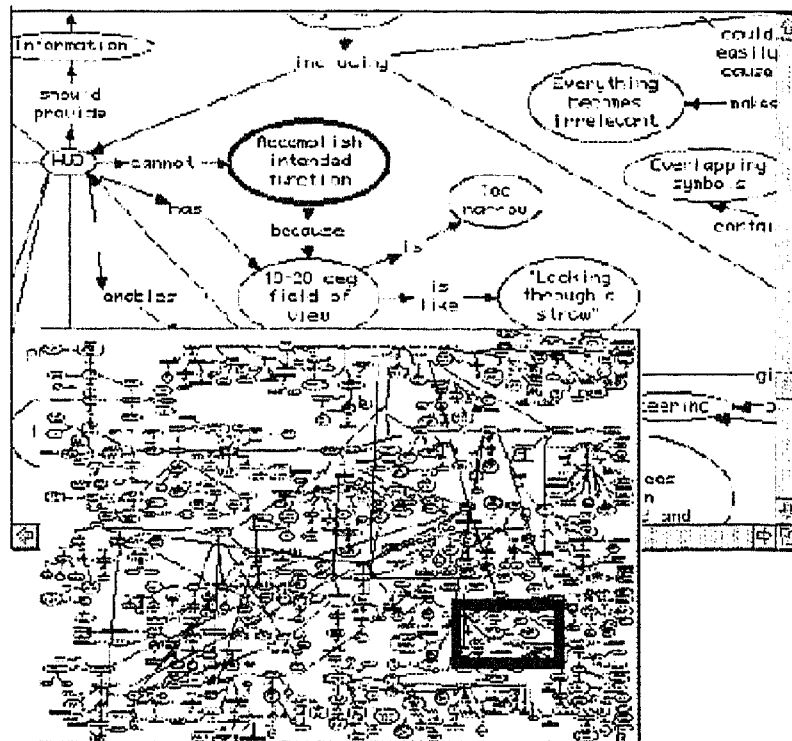


Figura 5 - Representação de um mapa complexo com vários níveis

A utilização de um Mapa Conceptual pode ter diferentes perspectivas que Ontoria *et al.* (1994), citando Novak e Gowin (1988), resumem a Estratégia, Método e Recurso.

**Estratégia:** quando é utilizado como meio para o aprendiz reorganizar a sua rede de conceitos e a separar os conceitos fundamentais dos restantes. Em relação ao professor também funciona como uma estratégia de organização dos materiais de estudo.

**Método:** "A construção dos mapas conceptuais que é um método para ajudar os estudantes e educadores a captar o significado dos materiais que se vão aprender" [NOVAK e GOWIN; 1988:19].

**Recurso:** "Um mapa conceptual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceptuais incluídos numa estrutura de proposições" [NOVAK e GOWIN;1988:33].

Destes três aspectos O desenvolvimento que se efectua a seguir vai apresentando estas três perspectivas.

Os mapas conceptuais apresentam três características principais:

**a hierarquização** - o mapa apresenta os conceitos mais abrangentes gerais na parte superior até aos conceitos mais específicos na parte inferior (ver fig. 2). Cada conceito aparece uma única vez.

**a selecção** - é a necessidade de definirmos o que é essencial e relevante sob pena de o mapa se tornar ilegível pela enorme quantidade de conceitos, palavras de enlace e ligações;

**o impacto visual** - “Um bom mapa conceptual é conciso e mostra as relações entre as ideias principais de um modo simples e vistoso, aproveitando a notável capacidade humana para a representação visual” ( Novak e Gowin (1996, pág. 94).

Tendo presente os princípios da TAS pode-se referir que os mapas conceptuais favorecem:

**a relação com as ideias prévias dos aprendizes** - mapa permite visualizar a relação entre os conceitos podendo o aprendiz identificar os que já conhece e a relação proposta entre estes conceitos e os novos conceitos;

**a inclusão** - a hierarquia entre os diversos conceitos é evidenciada pelo Mapa

**a diferenciação progressiva** - um Mapa bem elaborado pode despertar para novas relações entre conceitos favorecendo a reorganização cognitiva. Esta vantagem do Mapa é mais evidente quando o aprendiz constrói um Mapa que confronta com o do Professor ou o de outro aprendiz;

**a reconciliação integradora** - os Mapas Conceptuais apresentam as estruturas proposicionais do indivíduo evidenciando as relações entre conceitos e quais são os conceitos relevantes que estão presentes.

Resumindo, pode-se afirmar que através do mapa o aprendiz pode:

estabelecer ou restabelecer a hierarquia do conceito;

descobrir novas interligações entre conjuntos de conceitos que são evidenciadas pelo mapa;

estabelecer novas relações desse conceito com outros que já fazem parte da estrutura do aprendiz.

Há ainda uma perspectiva dos mapas como estratégia de aprendizagem. Nesta perspectiva está contemplada, com maior peso, a construção do mapa por parte do aprendiz e não a utilização de um mapa já elaborado como forma de apresentação de uma organização da rede de conceitos. Não será dedicada muita atenção a este aspecto porque a aplicação não contempla a construção do mapa pelo aprendiz embora este possa alterar ligações. Logo não é relevante para este trabalho.

Os mapas, segundo os autores já referidos, favorecem o metaconhecimento ou seja clarificam os processos psicológicos que o aprendiz poderá utilizar para aprender de uma forma mais eficaz.

### **2.1.2 - TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA**

Na Introdução refere-se a necessidade de dar uma perspectiva holística de um conteúdo para, posteriormente, os alunos terem a capacidade de transferir os conhecimentos para novas situações. A compartimentação de um determinado domínio a sua transmissão passiva, entendida na perspectiva do aluno, e por vezes, a sua exagerada simplificação induzem uma perspectiva “atomística” do domínio levando o aprendiz a falhar quando necessita de efectuar transferências de conhecimento desse domínio para a resolução de problemas. Aqui cabe referir a Teoria da Flexibilidade Cognitiva ( TFC) que analisando situações como a referida propõe soluções tendentes a resolvê-las. Esta Teoria tem vindo a ser desenvolvida, desde finais da década de 80, por Rand Spiro e seus colaboradores Paul Feltovitch, Michael Jacobson e Richard Coulson.

A TFC também se enquadra nas Teorias Construtivistas já referidas uma vez que também pressupõe:

- a necessidade de participação activa do aprendiz na construção do conhecimento;
- a existência de uma estrutura do conhecimento, construída pelo aprendiz;
- a aceitação de construção do significado atendendo a que os conceitos e a estrutura são reconstruídos e não recuperados, intactos, pela memória;
- a existência de uma representação da realidade, por parte do aprendiz, que tem em conta os seus conhecimentos anteriores.

Enquadrada que está esta Teoria nas já anteriormente referidas torna-se necessário enunciar quais os pressupostos para a sua aplicação e quais as soluções preconizadas para a resolução das situações já referidas.

Esta Teoria foi estudada para casos a um nível avançado de aquisição de conhecimentos em que estes são complexos, exigentes a nível cognitivo e o domínio está pouco estruturado.

Começando por esta última exigência, parece estar em contradição com o conteúdo tratado pela aplicação que se desenvolveu, uma vez que a Matemática não é um domínio pouco estruturado. Assim é, os autores também referem que pouco-estruturado pode-se referir à necessidade de um aprendiz transferir e relacionar múltiplos conhecimentos, que foram abordados compartimentadamente, para a resolução de um problema. Esta má estruturação é aqui entendida no sentido do aprendiz que não tem a perspectiva holística dos conteúdos tendo dificuldade, por vezes, em relacioná-los de modo a tê-los presentes e aplicá-los na resolução de problemas. Um exemplo referido, para a ilustração desta má estruturação é o da Aritmética que é um domínio bem estruturado enquanto que o processo da sua aplicação à tradução de problemas reais para linguagem matemática já aparece mal estruturado, considerando a quantidade de princípios que podem ser identificados para resolver diferentes situações problemáticas.

Quando se refere nível avançado de conhecimentos está-se a considerar que estes estão definidos em três níveis que se caracterizam a seguir:

- introdutório ou de iniciação – aquisição dos conceitos básicos, sendo dada importância à reprodução dos conhecimentos aprendidos
- avançado – aprofundamento do conhecimento tendo em vista a apreensão da complexidade conceptual do domínio e sua aplicação em diferentes situações
- especialização – aplicação de estratégias específicas para a resolução de problemas

Esta Teoria está desenvolvida somente para o que aqui se define como nível avançado.

Os domínios exigentes, a nível cognitivo, estendem estas exigências a quatro níveis que a seguir se referem:

- ao nível da memória porque aspectos multidimensionais obrigam a uma sobrecarga e a uma boa gestão da memória;
- ao nível da representação formal, que se traduz na necessidade de grande abstracção e na distância semântica entre o conceito e a sua representação simbólica

- ao nível da intuição ou conhecimento prévio, pois os conhecimentos podem estar em desacordo com o conhecimento que já se possui sobre o domínio ou com a intuição ou com o senso comum;

- ao nível da exigência de regularidade, quando são pouco estruturados requerendo adequação ao contexto e possuem muitas excepções ou quando estão dependentes de outros conceitos que com eles se relacionam e interagem sendo assim necessário compreender um leque alargado de conceitos.

Spiro e Jihn-Chang Jehng afirmam que a flexibilidade cognitiva é a capacidade de um aprendiz, espontaneamente, reestruturar o seu conhecimento de forma a adaptar as suas respostas a mudanças radicais dos problemas a resolver. Segundo aqueles autores aquela adaptação é função da forma como está representado o conhecimento (apoiando-se mais numa representação multidimensional do que unidimensional) e os processos que se operam naqueles modelos de representação (reorganizações do modelo mais do que recuperar modelos pré estabelecidos).

Aqui aparece a metáfora de Wittgenstein: “atravessar um domínio largo do pensamento, cruzando-o em todas as direcções”.

Assim se pretendemos uma flexibilidade nas respostas do aprendiz também temos que flexibilizar a forma de apresentação dos domínios do conhecimento através das suas múltiplas representações nos materiais fornecidos para estudo, evitando uma simplificação excessiva e realçando sempre a complexidade do domínio, evitando a compartimentalização, a linearidade, a “receita”, além de que aquele material deve focar mais a forma da construção do conhecimento do que a transmissão de informação.

Facilita-se a flexibilidade cognitiva para aplicar o conhecimento em diferentes situações mas mantendo sempre a perspectiva da construção pessoal do conhecimento implicando esta uma exploração diferente para cada aprendiz e uma não linearidade implícita num texto escrito de um livro tradicional.

A TFC tem uma característica que a torna especialmente indicada para suporte da aplicação desenvolvida e que é a de só se aplicar a documentos hipermedia pelas não linearidade e multiplicidade de perspectivas e problemas relacionados com um conteúdo sempre interligados de modo a possibilitarem uma exploração particular para cada indivíduo.

Tem inconvenientes pois a estrutura abstracta do modelo não encoraja a sua utilização nos modelos tradicionais de desenvolvimento e aplicação dos currículos, para além de não suportar meios que permitam uma testagem objectiva dos conhecimentos.

Foi assim apresentado, de uma forma muito sintética e resumida, o que é relevante em termos de educação. Mais adiante veremos o interesse destes mapas nos sistemas hipermédia e das implicações destas Teorias no projecto e na implementação da aplicação criada no âmbito deste trabalho.

## Capítulo 3 - HIPERTEXTO, HIPERMEDIA

---

Uma vez que a aplicação se baseia num sistema hipermedia será importante fazer um resumo da história do hipertexto, a sua evolução para hipermedia e as suas implicações na Educação.

Passando pelas ideias de Vanner Bush, Ted Nelson e Douglas Engelbart, que se tornaram os percursores do hipertexto, pelas principais aplicações desenvolvidas ao longo da década de 80 e pelas metáforas utilizadas (ver tabela 3) consegue-se identificar a evolução do hipermedia ao longo do tempo.

Sempre pareceu importante que o hipermedia podia ter um papel importante na Educação pelas possibilidades que abria à individualização da construção do conhecimento, à atribuição de um papel activo ao aprendiz que define o seu percurso de aprendizagem e os seus meios, à facilidade de um acesso flexível à informação e à possibilidade de flexibilização dos media na apresentação, só que, após a grande euforia, entre finais da década de oitenta e início da década de noventa, começou-se a constatar uma grande falta de resultados desse processo de aprendizagem resultante dos problemas da desorientação no hiperespaço e à sobrecarga cognitiva. A estes problemas juntou-se a neutralidade da apresentação e do interface perante os diferentes aprendizes com conhecimentos e interesses diversificados. Para ultrapassar estas situações apareceram os Sistemas Hipermedia Adaptativos que também se irão caracterizar no final deste capítulo onde serão indicadas algumas aplicações desenvolvidas na área da Educação.

### 3.1 – UM POUCO DE HISTÓRIA

Passa-se agora a referir, com mais pormenor, os percursores do hipertexto situando-os cronologicamente, e referindo-se as características dos seus projectos de



aplicação. Na tabela 3, estão resumidos os aspectos referidos, considerando Dias (1998) e Nielson (1995, a).

**Tabela 3 - Projectos de aplicações considerados percursos do hipertexto**

<b>Data</b>	<b>Autor</b>	<b>Aplicação desenvolvida</b>
1941	Vannevar Bush	MEMEX (MEMory EXtender) A informação seria armazenada em microfilme e por um processo mecânico conseguir-se-ia ter acesso de um modo rápido e com ligações entre assuntos comuns dos documentos
1965	Ted Nelson	XANADU Uma estrutura onde se guardaria toda a literatura do Mundo numa rede hipertextual com acesso instantâneo. Foi o inventor do nome hipertexto para a organização de documentos com estrutura semelhante ao Xanadu tendo também definido os princípios do hipertexto.
1968	Douglas Engelbart	NLS (oN-Line-System) “Um sistema capaz de armazenar comunicações, relatórios e memorandos, com a facilidade de estabelecimento de referências cruzadas entre as diferentes peças de informação armazenadas” (Dias et al. 1998)

A partir destas ideias várias aplicações foram desenvolvidas no seguimento daqueles princípios de armazenamento de informação com capacidade de referências cruzadas e de acesso rápido apareceram:

**Tabela 4 - Aplicações desenvolvidas em ordenação cronológica**

<b>Ano</b>	<b>Empresa / Autor</b>	<b>Designação</b>
1984	Television from Telos	Base de dados hipermedia para Mac
1985	Norman Meyrowitz, Brown University	Intermedia
1986	Xerox Park	Notecard
1987	Owl International	Guide
1987	Bill Atkinson da Apple	Hypercard

Com a distribuição gratuita do Hypercard aos utilizadores Mac assistiu-se a uma grande difusão deste tipo de aplicações nomeadamente na Educação. Na Educação onde se destaca também o Toolbook da Asymetrix Corporation (1989).

Na educação desenvolve-se o Ensino Assistido por Computador (CAL Computer Assisted Learning) apoiando-se nas ferramentas de autor para construir ambientes de aprendizagem multimédia.

Na educação desenvolve-se o Ensino Assistido por Computador (CAL Computer Assisted Learning) apoiando-se nas ferramentas de autor para construir ambientes de aprendizagem multimédia.

Cada uma daquelas ferramentas desenvolve-se considerando a sua metáfora de interface que permite ao autor definir os media a utilizar e a sua disposição e ligações no ecrã. Dalgrano (1998, b) divide-as nos seguintes grupos:

**Tabela 5 - Metáforas utilizadas e respectivas ferramentas**

Tipo de metáfora	Identificação da ferramenta
Cartão ou página	Hypercard Supercard Toolbook Visual Basic Oracle Media Objects Apple Media Tool
Fluxograma	Authorware Icon Author
Apresentação baseada em sincronização de tempo	Director Cinematic Action

Recentemente a programação orientada por objectos foi acrescentada em diversas ferramentas como na Apple Media Tool, Oracle Media Objects, Director e Visual Basic.

Toda esta evolução pode ser resumida no esquema da figura 6, considerando várias gerações de hipermedia (adaptado de Hypermedia Systems)

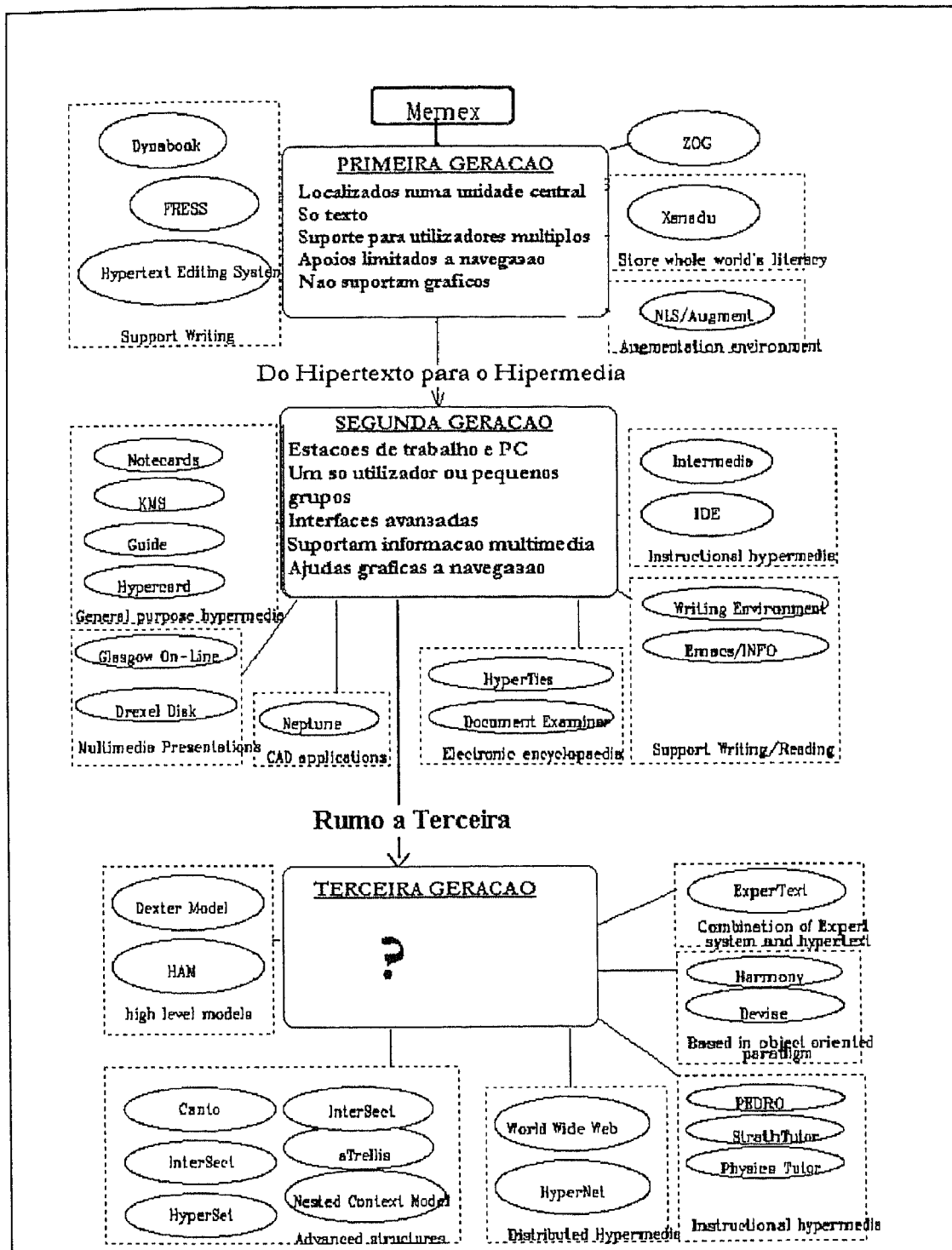


Figura 6 - As diversas gerações de hipermedia

### 3.2 - HIPERTEXTO

Após Ted Nelson ter criado o termo hipertexto é conveniente clarificá-lo ao nível de desenvolvimento actual, não o confundindo com o conceito de base de dados.

Uma base de dados é bidimensional no sentido da sua organização que só considera linhas por colunas. O hipertexto é multidimensional.

Nielsen (1995 a) define-o como: “... uma escrita não sequencial: um gráfico onde cada nó contém uma determinada quantidade de texto ou outro tipo de informação. O verdadeiro hipertexto deve dar ao utilizador a sensação de que se move livremente através da informação de acordo com as suas necessidades.”

Réhaume (1993) considera que hipertexto “é uma BD na qual o utilizador viaja ou navega de informação em informação através de um jogo de ligações e de associações entre as ilhas de informação. Contrariamente ao texto impresso que é paginado de uma forma linear e concebido para ser lido por essa ordem, o hipertexto apresenta-se como páginas ou ecrãs acessíveis por qualquer tipo de relação ou sequência consideradas pertinentes pelo utilizador.”

Fluckiger (1995, pág.260) considera que: “Hipertexto é um texto com ligações (links), que são referências para outras partes do documento, ou para outros documentos.”

No hipertexto temos os **nós** que são as unidades de informação onde existem as **âncoras** que permitem efectuar a ligação a outras âncoras que existem noutros nós através de **ligações** (links) estabelecidos. As âncoras poderão ser todo o conteúdo de um nó. As ligações têm definidas todas as informações necessárias para se chegar, univocamente, à âncora de destino.

No hipertexto os nós são documentos que suportam as âncoras que são uma ou várias palavras, uma frase ou um parágrafo desses documentos.

Inicialmente as ligações eram somente possíveis num só sentido não sendo reversíveis.

A figura 7 apresenta uma representação gráfica do hipertexto.

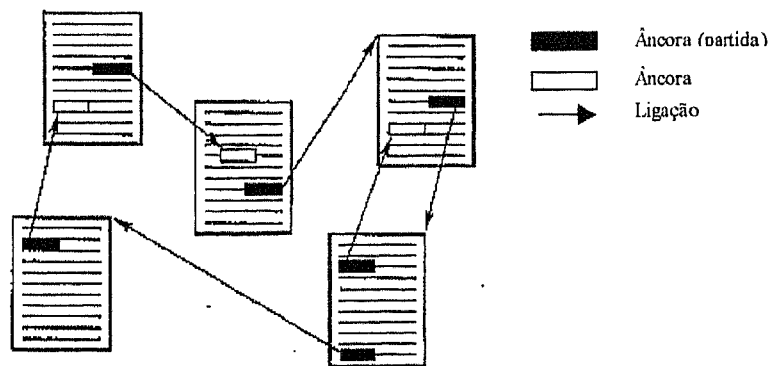


Figura 7 -- Representação de um documento hipertexto

### 3.3 – HIPERMÉDIA

Hipermedia “ é uma aplicação do conceito de hipertexto a documentos multimédia” Fluckiger (1995, pág. 259).

Neste caso os nós já poderão ser um gráfico, uma imagem, uma animação, uma sequência de vídeo ou áudio ou qualquer outro elemento externo. As âncoras poderão assumir qualquer uma daquelas formas. Em esquema na figura 8.

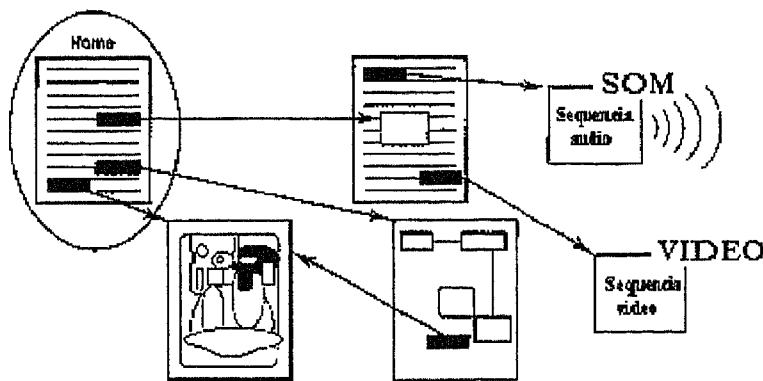


Figura 8 - Representação de um documento hipermedia

Nos documentos hipertexto e hipermedia deve-se considerar a forma como estão organizados, no que respeita às ligações, e a forma como são percorridos pelo aprendiz. Tem-se assim a rede e a navegação, respectivamente.

#### 3.3.1 - Estrutura ou rede

É o conjunto formado pelos nós ligados através das ligações (links).

Tomando como referência Hyperspace Structure ( URL 2) pode-se considerar a rede como sendo:

- **hierárquica** – a estrutura é construída em forma de árvore onde se poderá referir os nós “pais” e os “filhos”. O aprendiz tem possibilidade de se localizar no ramo em que se encontra sendo assim ajudado na navegação;

- **baseada em conjuntos ou agregada** – permite agregar nós num único objecto que por sua vez é tratado como um nó. Por exemplo, considerando uma aplicação hipermedia sobre Geografia, um aprendiz com pouco interesse na Europa de Leste poderia ver os países da Europa Ocidental em pormenor enquanto os restantes seriam representados por um nó resultante da agregação dos países do Oeste;

- **semântica** – adicionando técnicas da inteligência artificial como por exemplo definindo os nós como conceitos e as ligações como ligações proposicionais entre esses conceitos;

- **de Petri** – é uma generalização da teoria dos grafos. Uma das possibilidades será definir como o hiperdocumento poderá ser navegado.

### 3.3.2 - Navegação

É a exploração desse documento através do nós, podendo ser livre ou guiada e estas duas formas estão representadas na figura 9.

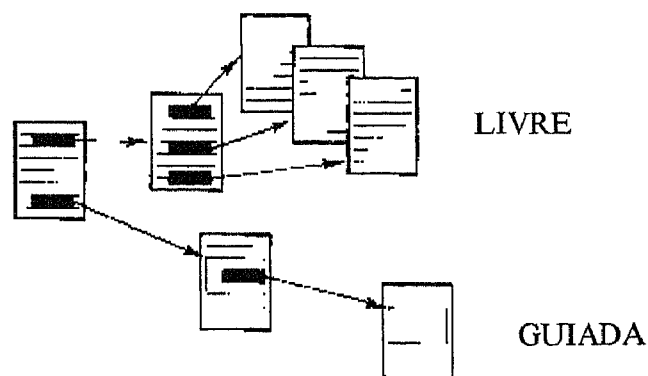


Figura 9 - Tipos de navegação

Quando um utilizador navega num documento pode ter dois objectivos:

- adquirir conhecimento sobre um conteúdo, e aqui há uma atitude deliberada de aprendizagem

- localizar informação, e aqui não há aquela atitude

No entanto Mayes *et al.* (1994) consideram que eventualmente na segunda navegação também haveria aprendizagem só que esta não era explícita mas sim implícita.

Terminada a apresentação sobre o hipertexto e hipermédia passa-se então a uma caracterização da problemática da utilização do hipertexto e do hipermédia na Educação, por ser esta uma das vertentes deste trabalho.

### **3.4 - HIPERMÉDIA E EDUCAÇÃO**

Como já foi referido, na introdução deste capítulo, os ambientes hipermédia suscitaram grande interesse na Educação. Na perspectiva do aprendiz abriam-se possibilidades de individualizar as suas aprendizagens, de aceder a materiais apresentados em diferentes media, de criar as suas próprias aplicações e de promover a sua aprendizagem de forma autónoma. Na perspectiva dos educadores abriam-se as possibilidades de representações multidimensionais de domínios de conhecimento, de desenvolverem as suas próprias aplicações adaptadas ao seu estilo e aos objectivos e estratégias adequadas às características dos alunos e de se tornarem facilitadores da aprendizagem mais do que simples transmissores (ensinar mais a aprender e/ou pensar criticamente, assim como a compreender conceitos mais avançados e difíceis) (Garcia, 1994 citado por Dias, 1998).

Na exposição que segue utiliza-se o termo hipermédia e não hipertexto porque o primeiro termo engloba o segundo e, no contexto deste trabalho, não é importante efectuar com precisão a evolução dos dois sistemas, em separado.

Em Educação, as aplicações hipermédia iniciaram-se com as máquinas de ensinar. Passaram-se, para o computador, textos de ensino programado. Era a influência de Skinner e a sua teoria do condicionamento operante. Entende-se o computador, como um banco de respostas específicas, determinadas previamente e como um gestor de um ambiente fechado (Bertrand, 1991). Surgiram as aplicações denominadas Computer Assisted Instruction (CAI) e Computer Based Training (CBT). Um exemplo deste tipo de software é o French World Torture (Rice, 1989, citado por Dalgrano, 1996 a), ilustrado pelo ecrã reproduzido na figura 10.

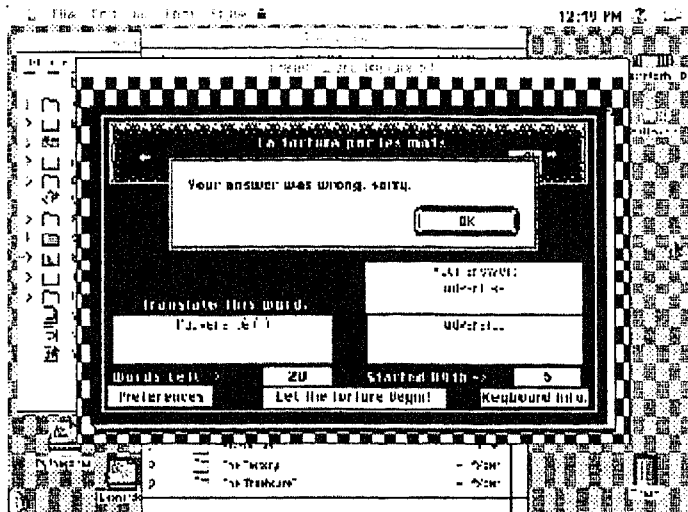


Figura 10 - *French Word Torture*

As teorias cognitivistas e construtivistas da aprendizagem, em conjunto com o desenvolvimento do software, vieram modificar esta concepção de um ambiente de ensino. O principal efeito foi o de abrir, de certa forma, o referido ambiente e de o tornar mais interactivo (Bertrand, 1991). Aparecem os Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS) que tentam modelar, pelo menos parcialmente, os modelos de aprendizagem. Têm um modelo de aprendiz que comparam com o modelo do perito no domínio. Utilizando então técnicas da Inteligência Artificial controlam a sequência da aprendizagem adaptando-a, dinamicamente, às necessidades do aprendiz.

Com Papert surge o software que cria ambientes de aprendizagem. Com a linguagem LOGO, as crianças, jogando com uma tartaruga, começam a dominar conceitos fundamentais da Matemática. Desenvolve-se assim o conceito dos Micromundos como uma concepção de espaço onde se representa, de uma forma simplificada ou completamente abstracta, um ambiente da vida real. Outro exemplo deste tipo de software é Geometer's Sketchpad, um ambiente de exploração da Geometria que, em versão reduzida, foi incorporado nas TI92 da Texas Instruments.

Surgem as simulações, como modelos do mundo que nos rodeia, em que o aprendiz pode interagir com esse meio e construir o modelo mental desse meio. Como exemplo deste tipo de software pode-se citar o SimCity.

Centrando-se no papel da interacção, para a construção aparecem as ferramentas (CSCW e CSCL) que suportam um trabalho cooperativo possibilitando o trabalho, em grupo, de utilizadores/aprendizes, que estão envolvidos nas mesmas tarefas e com objectivos comuns (Fluckiger, 1995).



O quadro da tabela 2 que se representa, da autoria de Gratto (1997) e Dalgrano (1996, b), relaciona as aplicações com as respectivas modelos de aprendizagem.

**Tabela 2-** Distribuição do tipo de aplicações segundo os modelos de aprendizagem

Modelo	Tipo de aplicação	Caracterização
Comportamentalista	CAI (Computer Assisted Instruction) CBT (Comp. Based Training)	Conteúdo apresentado em pequenas unidades à base de perguntas e respostas cuja correcção permite avançar nos módulos
Cognitivista	CAL (Comp. Assisted Learning): CAS (Comp. Algebraic System) ITS (Intelligent Tutoring System) Simulações Micromundos EPSS (Electronic performance Support Systems) CSCL (Comp. Supported Collaborative Learning) CSCW (Comp Supported Cooperative Work)	Enfatizam o processo de construção individual do conhecimento, incorporando os princípios das Teorias Construtivistas do Conhecimento

Será agora interessante referir algumas relações entre os sistemas hipermedia e as perspectivas educacionais dos mesmos.

Se a navegação através da rede é livre temos a necessidade de um envolvimento do aprendiz na tarefa de construir o conhecimento porque este é que decide da pertinência das ligações e da necessidade de as efectuar.

Temos satisfeita uma das premissas da perspectiva construtivista, já exposta, que é a do aprendiz participar activamente na construção do seu conhecimento.

Por outro lado as opções efectuadas durante a navegação vão-se tornando únicas para cada aprendiz possibilitando assim uma individualização do estudo que é difícil de conseguir nas aulas tradicionais para além de aquele conseguir a perspectiva multidimensional do domínio.

Também se consegue transpor para o computador ambientes multimedia que reproduzem situações da vida real colocando os aprendizes perante situações concretas que lhes permitem testar os seus conhecimentos, abrindo assim campo à flexibilização dos conhecimentos face às diferentes situações.

Neste dois últimos parágrafos satisfazemos a necessidade das perspectivas variadas do mesmo conhecimento e a negociação social do conhecimento da TFC e do construtivismo.

Dito assim só se vê vantagens. Mas também há dificuldades, de entre os quais passa-se a citar os de maior relevância para o presente trabalho:

- perda no hiperespaço ou desorientação;
- sobrecarga cognitiva;
- neutralidade perante o aprendiz.

Estes três aspectos das dificuldades da utilização do hipermedia na Educação serão abordados, seguidamente, com mais pormenor.

### **3.4.1 - Perda no hiperespaço ou desorientação**

Perda no hiperespaço ou desorientação pode-se considerar como sendo o facto do aprendiz não estar seguro do local onde se encontra relativamente à rede ou não conseguir encontrar informação que sabe estar algures no sistema (Mayes et al., 1984).

Pode também ser entendida como sendo a perda da ligação entre o projecto de navegação do aprendiz e as páginas ou zonas de informação que está prestes a ler (Réhaume, 1993). Pode-se traduzir nas eternas questões: De onde venho? Para onde Vou? Onde estou?

Na generalidade todos os autores associam esta situação com o facto do documento ter uma estrutura não linear que não é familiar ao tipo de leitura habitual de um documento na nossa cultura.

Mas esta desorientação pode ter dois aspectos: geográfica e conceptual.

A primeira ocorre quando a rede é complexa e o aprendiz necessita de um mapa para se poder localizar.

A segunda ocorre porque o aprendiz não tem informação sobre o conteúdo dos nós, não conseguindo estabelecer uma hierarquização dos conteúdos, o que não facilita a transferência para a nossa forma de organização conceptual. (Mayes et al., 1984)

A maior parte dos textos disponíveis nestes sistemas resultam, na maioria dos casos, de adaptações de textos com uma estrutura linear para assim serem lidos. Esta estrutura acaba por influenciar o discurso obrigando, implicitamente, a seguir-se a sua

linearidade para se tornarem compreensíveis. É uma situação semelhante à que ocorreu no início do cinema que normalmente era uma sequência de fotografias e não tinha assim um discurso próprio.

### 3.4.2 - Sobrecarga cognitiva

Quando o aprendiz efectua a sua navegação tem uma só janela com a informação mas tem que se preocupar com a associação mental que tem de efectuar de modo a obter aprendizagens significativas. Quando passa de uma janela para outra tem tendência a esquecer o que viu na anterior e assim sucessivamente (Réhaume, 1993).

Para Mayes *et al.* (1984) esta sobrecarga é devida ao facto do aprendiz ter de estar atento a um determinado caminho através das ligações e simultaneamente meditar sobre o material que lhe é apresentado não podendo assim dedicar-se totalmente a esta tarefa.

Por outro lado pode ainda ocorrer uma sobrecarga de informação que se traduz normalmente por uma abertura de múltiplas janelas e pouco tempo dedicado a estudar o seu conteúdo.

Perante tais situações o aprendiz toma uma posição defensiva. Resiste às novas parcelas de informação que lhe são apresentadas, às informações que não são evidentemente significativas, parecendo-lhe que tudo o que vê não é pertinente e não integrando os conhecimentos na sua estrutura cognitiva.

Por outro lado fica com a sensação de possuir vastos conhecimentos só que, tragicamente, são apenas superficiais.

Dias (1998, pág. 95) refere estes problemas como “art museum problem”

*É o que acontece quando passamos um dia num museu a contemplar muitas obras de arte ao mesmo tempo, sem dedicar a atenção a nenhuma obra ou estilo, em particular. No final do dia, provavelmente teremos alguma dificuldade em nos lembrarmos detalhadamente de uma determinada obra ou de descrevermos, por exemplo, como os vários estilos de pintura se influenciaram mutuamente.*

Estes problemas agravam-se quando o aprendiz é pouco experiente no manuseamento destes sistemas. Não deixa de ser curioso o facto de Réhaume (1994) apontar para a necessidade de:

*... forjar o nome de Hiperaprendiz que será, numa primeira aproximação aquele que é capaz de ler nas entrelinhas, digamos entre os nós. Mas o Hiperprofessor, sempre bem-vindo, deve-se esforçar por aproximar as margens dos nós de forma a que todas as pontes sejam atravessadas pelo Hiperaprendiz com ganho e não com perdas cognitivas.*

Esta metáfora aproxima-se pois do título deste trabalho. Só que nesta paisagem além dos caminhos cruzados temos as ilhas de conhecimento e as pontes da aprendizagem.

Acontece que se colocarmos um grupo de turistas perante esta paisagem teremos diversas formas de a percorrer, de a explorar e cada um interessar-se-á por aspectos particulares que têm a ver com o seu conteúdo cultural. Se forem acompanhados por um guia pedirão informações que diferem de pessoa para pessoa. Mas a proposta de exploração, por parte do guia, será a mesma. Este representa a aplicação hipermedia inalterada perante os turistas. Temos assim a neutralidade do hiperdocumento perante o aprendiz

### **3.4.3 - Neutralidade perante o aprendiz**

A neutralidade perante o aprendiz significa que temos sempre o mesmo documento hipermedia, as mesmas páginas com o mesmo conteúdo e ligações, independentemente dos interesses, conhecimentos e objectivos da exploração do aprendiz. Embora haja uma adaptabilidade intrínseca que é a possibilidade de o aprendiz seguir diferentes caminhos através das ligações que escolheu.

Mas o aspecto dos nós é o mesmo e não se recebe qualquer informação de relacionamento destes com os consequentes.

As páginas têm o mesmo aspecto, a informação nelas contidas não se reorganiza nem se altera tendo em conta os interesses do aprendiz

### 3.5 - SISTEMA HIPERMÉDIA ADAPTATIVO

Este trabalho pretende ser uma tentativa de remediar estas três desvantagens dos documentos hipermedia que foram resumidamente caracterizadas.

Pelas pesquisas efectuadas encontrou-se uma área de investigação sobre possibilidade de adaptação, dos sistemas hipermedia, ao aprendiz que, na literatura anglo-saxónica, vem designada por Adaptive Hypermedia System e que foi traduzida para português como Sistema Hipermedia Adaptativo (SHA).

O SHA é um sistema que permite alterar o conteúdo ou aparência do documento hipermedia baseando-se numa compreensão dinâmica de cada aprendiz (Eklund *et al.* 1997). Eklund *et al.* (1996) apresenta os SHA como sendo uma combinação de duas abordagens distintas ao Ensino Assistido por Computador (EAC) que são o Sistema Hipermedia (SH) e o Sistema Tutorial Inteligente (STI).

Os SH estão centrados no aprendiz e baseiam-se na exploração livre do hiperdocumento, com ajudas à navegação.

Os STI estão centrados no conhecimento e têm a possibilidade de individualizar sequências de aprendizagem, com as interacções com o aprendiz, através da modificação do conteúdo ou da base da apresentação.

Mais exactamente e conforme URL 3, que infelizmente, só há poucos dias foi encontrado na WWW: “Por sistemas hipermedia adaptativos entendem-se todos os sistemas hipertexto ou hipermedia que reflectem algumas importantes características do utilizador na **caracterização do utilizador** e aplicam esta para adaptar aspectos visíveis ou funcionais do sistema ao utilizador.”

Além da caracterização do utilizador, o SHA, também necessita de uma **caracterização dos conteúdos** que é conseguida agrupando aqueles conteúdos, pelas propriedades que lhe são comuns, em classes.

O SHA contribui para a diminuição da sobrecarga cognitiva, já referida em pormenor, pela eliminação das ligações e informações que são irrelevantes para os objectivos da navegação e para os conhecimentos, já demonstrados, do aprendiz. Evita-se assim um sobrecarga de informação e memorização para o aprendiz.

A esta capacidade do SHA de eliminação de informação e ligações, da página visualizada pelo aprendiz, é denominada **adaptação da apresentação**.

O SHA protege o aprendiz contra a perda no hiperespaço. Esta protecção é conseguida limitando-se o espaço de navegação, disponibilizando-se anotações, em diferentes formas (textos, imagens, etc.), ou sugerindo-se quais as ligações mais relevantes, num dado ponto, para os objectivos e interesses do aprendiz. Brusilovsky (1996) considera que este conjunto de capacidades, num SHA, constitui a **adaptação da navegação**.

Suporte de Navegação Adaptativa (SNA) é a denominação utilizada por Eklund (1997) para referir o conjunto de técnicas utilizadas para produzir a referida adaptação da navegação. Eklund (1996) define quatro grandes grupos de SNA: percurso guiado, ordenação das ligações, omissão de ligações e anotação das ligações, que serão explicadas

Passa-se a uma explicação mais detalhada dos conceitos ligados aos SHA.

Começa-se pelas duas principais componentes de SHA:

- caracterização do conteúdo
- caracterização do utilizador

### **3.5.1 - Caracterização do conteúdo**

Para Brusilovsky (1996) a base SHA é um conjunto de tópicos ou conceitos. Estes representam as peças elementares do conhecimento para um dado conteúdo e este condiciona a quantidade dos conceitos. Usualmente os conceitos estão interligados, formando um determinado tipo de rede semântica. Esta rede é a caracterização do conteúdo no sistema hipermedia.

Relativamente aos conceitos, Brusilovsky refere ainda que há diversos tipos de relações entre conceitos e páginas do hipermedia. Pode ser do tipo a cada página um conceito ou cada conceito ter diversas abordagens (páginas de exemplos, etc.) a que corresponderão diversas páginas.

É necessário organizar os conceitos em classes. As propriedades utilizadas, entre outras, para aquela organização, podem ter a ver com o domínio do conhecimento, com os pré-requisitos exigidos e com a complexidade dos conceitos.

### 3.5.2 - Caracterização do aprendiz

Representa o conhecimento do aprendiz e armazena informação que é específica de cada utilizador. É uma representação que o sistema guarda sobre preferências do aprendiz, conhecimentos, créditos ou informações sobre o objectivo da sua pesquisa.

São cinco as características do utilizador que devem estar representadas, isoladamente ou em conjunto, na caracterização do utilizador (Eklund *et al.*, 1996):

- tarefa actual ou objectivo do utilizado;
- conhecimento do aprendiz acerca do conteúdo apresentado no hipermédia;
- envolvimento profissional, trabalhos em áreas afim, opiniões;
- experiência do aprendiz com o presente hiperespaço
- preferências do aprendiz.

Brusilovsky também refere as técnicas que Kobs (1994) considera para adquirir informação acerca do utilizador:

- estereótipos que são definidos e incorporados no sistema aquando da sua concepção. O sistema, quando em funcionamento, deve determinar a que tipo de estereotipo corresponde o utilizador actual;
- fornecimento das preferências do aprendiz (requeridas pelo sistema quando em funcionamento);
- análise das acções do aprendiz para inferir sobre ele (operação realizada pela aplicação quando lançada) como por exemplo movimentação entre páginas, modo de seleccionar as páginas (navegação/query) ou, por vezes, selecções específicas de tarefas que podem ser utilizadas, pelo sistema, para interferir nas intenções do aprendiz.

Apresentadas algumas das formas de caracterizar o utilizador passa-se agora aos tipos de adaptação que podem ser considerados num Sistema Hipermedia.

### 3.6 - TIPOS DE ADAPTAÇÃO

Eklund, Brusilovsky e outros autores consideram dois tipos de adaptação:

- adaptação da navegação
- adaptação da apresentação

### 3.6.1 - Adaptação da navegação

Normalmente, num sistema não adaptativo, o utilizador só obtinha os seguintes tipos de ajudas à navegação:

- ajudas pontuais - as mais básicas e habituais, podem ser os botões “próximo” (next), “ajuda” (help), “anterior” (previous), etc.

- ajudas baseadas na estrutura - dão informações sobre o hiperespaço a nível de conteúdo e organização;

- ajudas baseadas no histórico - são referências temporais que indicam o que já foi visitado e o que se encontra a visitar;

O Sistema não adaptativo também não tinha em consideração os interesses e conhecimentos do aprendiz.

Assim, nos SHA, a adaptação à navegação pode tomar diferentes formas:

- percurso guiado - com base na caracterização do utilizador o sistema decide qual será o próximo nó a visitar;

- ordenação das ligações - esta ordenação baseia-se na caracterização do utilizador dispondo as ligações mais relevantes, para este, no topo da página;

- omissão de ligações - é uma restrição ao espaço de navegação que também tem em consideração a caracterização do utilizador fazendo desaparecer as ligações irrelevantes para este ou que este ainda não estará preparado para ler;

- anotação das ligações - acrescenta comentários às ligações fornecendo informação, ao utilizador, da situação dos nós relacionados. Pode tomar a forma textual ou indicação visual (cores, diferentes fontes). A forma mais simples é a de alterar a cor ou sublinhar as âncoras que já foram utilizadas.

### 3.6.2 - Adaptação da apresentação

A informação contida nos nós (ou páginas) pode ser apresentada variando os detalhes, a explanação ou media utilizados (texto, gráficos, som) incorporando mais ou menos âncoras.



A adaptação da apresentação pode limitar o hiperespaço ao apresentar só uma classe de conceitos, pode, atendendo ao tipo de utilizador, apresentar informação com maior ou menor número de detalhes. Assim contribui para a diminuição da sobrecarga cognitiva e da perda no hiperespaço.

Eklund e Zeiliger (1996) referem ainda a adaptação do interface que, para estes autores, resulta da combinação dos tipos de adaptação já citados.

### 3.7 - UTILIZAÇÃO DO SHA, RAZÕES E ÁREAS DE APLICAÇÃO

As duas principais razões, segundo Brusilovsky (1996), para a implementação dos SHA são:

- a adaptação pode resolver os problemas dos sistemas hipermedia que são utilizados por diferentes categorias de aprendizes;

- a adaptação pode proteger o utilizador de se perder no hiperespaço.

A estas duas razões pode-se acrescentar uma terceira que é a possibilidade da adaptação evitar ou diminuir a sobrecarga cognitiva.

Três áreas de aplicação de um SHA em que este pode ser útil:

- **sistemas de documentação** “on line”, possibilitando diferente informação para os diferentes utilizadores e individualizando a navegação no hiperespaço.

- **sistemas com ajudas avançadas e explicações detalhadas**, que possibilitam a adaptação do tipo de explicação adequada ao aprendiz.

- **sistemas na área da educação**, que possibilitam a adaptação da apresentação e do suporte à navegação conforme o nível de conhecimentos do aprendiz.

#### 3.7.1 – Algumas aplicações desenvolvidas na área da Educação

Todos os autores, da área dos SHA, referem como precursor deste sistema o programa StrathTutor que possibilitava uma navegação com consultas, encorajando os aprendizes a construir uma estrutura conceptual do domínio de conhecimento que a

aplicação abordava. O aprendiz gerava ligações dinâmicas baseadas em atributos comuns a determinados nós. O aprendiz decidia o caminho a seguir tendo como suporte um guia de ligações que satisfaziam o atributo pretendido pelo aprendiz.

A grande crítica, a este tipo de abordagem, centrava-se na elevada possibilidade do aprendiz não tomar conhecimento de informação importante que, por questões de associação do aprendiz, nunca chegaram a estar presentes no ecrã.

A aplicação seguinte (Brusilovsky, Schwarz, & Weber, 1996) é o programa ELM-ART, um tutorial para ensino de LISP e que utilizava uma das técnicas de ligações anotadas.

O entusiasmo daquela equipa por aquele programa levou-os a desenvolver o InterBook (Brusilovsky, Eklund e Schwartz, 1997).

As duas últimas aplicações referidas estão pensadas para uma utilização na World Wide Web (WWW).

O InterBook utiliza-se a metáfora do livro. Aliás é apresentado como um livro a construir na WWW. É constituído por um ecrã, que se reproduz na figura .

A janela é composta por quatro zonas (ver figura 11). Na parte superior esquerda encontram-se as indicações sobre os nós vizinhos àquele em que se encontra. . Na parte superior direita o glossário, a interface de consulta e uma ajuda (“help”). Na parte inferior esquerda, a zona de maior área, encontra-se o texto, hipertexto, gráficos, etc. Na parte inferior direita encontra-se a indicação dos pré-requisitos (com a indicação dos que já foram lidos e que falta ler, através de cores diferentes atribuídas a cada situação) e os conceitos consequentes do que está a ler.

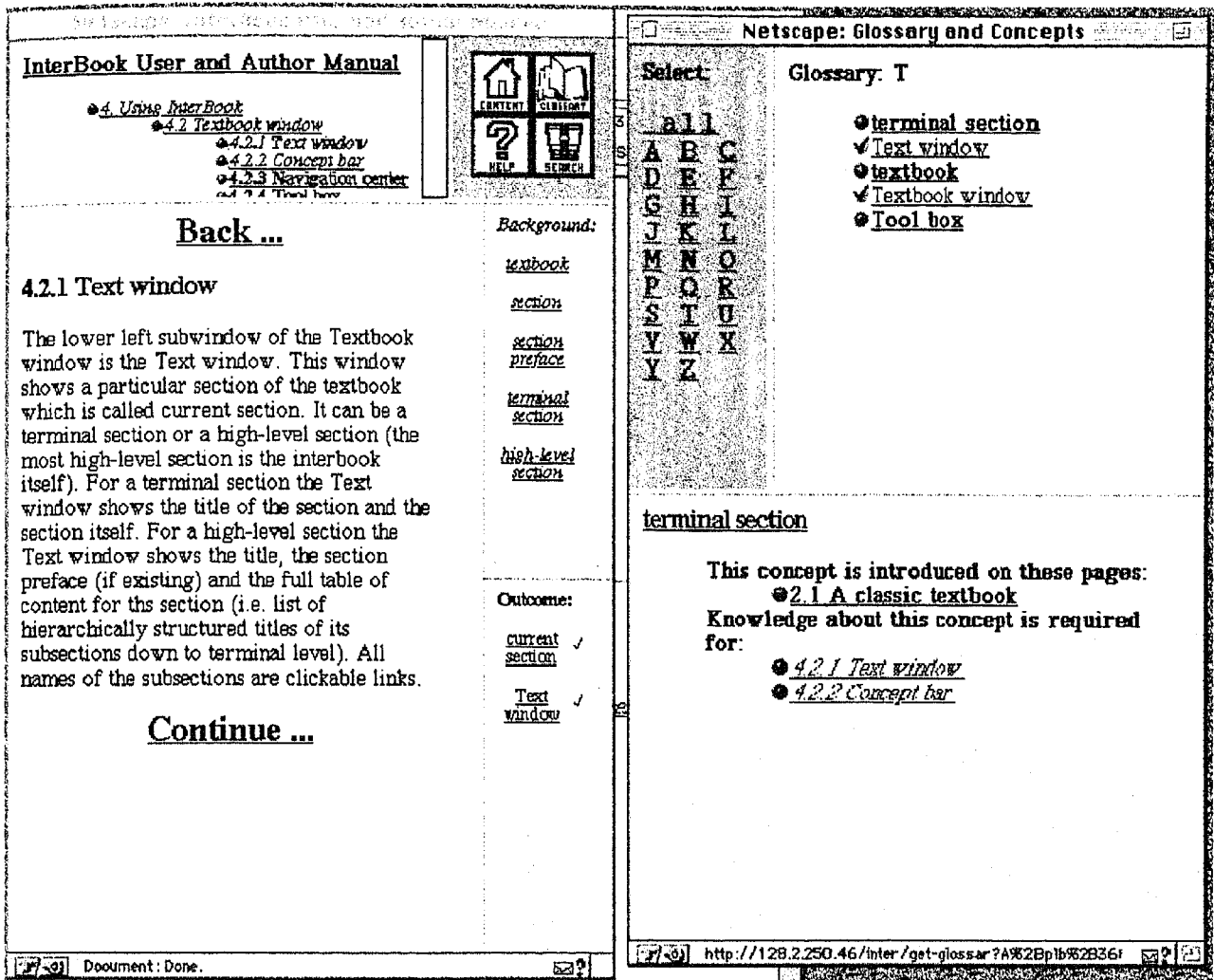


Figura 11 – Interface do InterBook

## Capítulo 4 - CONCEPÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO

---

### 4.1 - INTRODUÇÃO

A aplicação insere-se no tipo de SHA com anotações nas ligações e apoiada num Mapa de Conceitos.

Inicia-se este capítulo com os objectivos que se pretendem atingir com esta aplicação e quais as opções tomadas.

Face aos objectivos pretendidos é necessário definir quais as funcionalidades a disponibilizar, pela aplicação, de modo a conseguir aqueles objectivos. Seguidamente referem-se as funcionalidades da aplicação e a distribuição destas funcionalidades pelos diferentes formulários projectados. Terminada esta parte definem-se os requisitos de cada formulário de modo a satisfazerem as funcionalidades previstas para cada um deles e de modo a satisfazerem determinadas regras para a elaboração do interface.

Relativamente aos conteúdos torna-se necessário classificá-los e relacioná-los de modo a construirmos o módulo designado por caracterização dos conteúdos. Por fim será necessário estabelecer os pressupostos para a identificação dos ficheiros relativos aos diferentes conteúdos e respectivo armazenamento.

### **Porquê esta aplicação e a quem se destina?**

Esta aplicação surge como uma tentativa de conciliar a melhoria da aprendizagem numa determinada área do conhecimento com um sistema hipermédia.

Está pensada para alunos e professores que passaram pela aprendizagem de uma área de domínio do conhecimento que foi apresentada de uma forma fragmentada e dispersa ao longo de vários anos, níveis de curso e por diferentes disciplinas.

Tendo em conta as Teorias Construtivistas da aprendizagem, as estratégias dos mapas conceptuais e um sistema hipermédia tenta-se criar um ambiente de aprendizagem interactivo.

Este ambiente pretende ultrapassar vários problemas que foram descritos ao longo desta exposição.

Passa-se à descrição das diversas razões justificativas do desenvolvimento desta aplicação.

## **Porquê um Mapa de Conceitos?**

Porque é um apoio à navegação:

- apresentando a estrutura da rede de conceitos;
- permitindo ao aprendiz situar-se na rede.

Porque facilita a aprendizagem

- permitindo a entrada pelo conceito mais significativo para o aprendiz;
- permitindo estabelecer a generalidade vs. particularidade dos conceitos;
- possibilitando assim a inclusão, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

## **Porquê adaptativa?**

- porque o hiperespaço tem uma dimensão elevada;
- porque, conforme já foi referido, as necessidades dos diferentes aprendizes não são as mesmas e assim disponibiliza-se o material significativo para cada um deles incluindo o media preferido;
- porque se pretende ajudar o aprendiz com as anotações, nas âncoras, de modo a permitir que este decida da pertinência de seguir a ligação ou optar pelas que lhe são apresentadas.

## **Porquê tanta liberdade de escolha?**

Para ser coerente com as Teorias da Aprendizagem apresentadas a exploração não deve ser guiada mas sim efectuada de acordo com as opções do aprendiz e pelos mais variados percursos, utilizando os mais diversos media e múltiplas situações problemáticas. Assim o sistema aconselha, leva até ao media preferido mas deixa sempre a última decisão ao aprendiz.

## **Porquê controlar o número de janelas acessíveis?**

No sentido de diminuir a sobrecarga cognitiva há uma janela, a do mapa de conceitos, que se mantém sempre presente. Só é permitido ao aprendiz sair de uma janela fechando-a o que significa que além do mapa só existirá uma outra janela aberta.

## **Porquê esta estrutura de hiperdocumento?**

Para além de tudo o que foi até agora exposto, não se pode deixar de referir um dos aspectos considerado importante na concepção da aplicação que é o de construir um documento hipermédia que rompe com estruturas lineares e hábitos de leitura. Como? Apresentando todo o conteúdo com base num mapa de conceitos obrigando o aprendiz a entrar por estes e subordinado a estes a obtenção da informação desejada

Fica, no entanto, em aberto a possibilidade de ligar a aplicação desenvolvida a um hiperdocumento através de âncoras que seriam os conceitos expressos neste. Funcionaria como uma concha acessível através das âncoras do hiperdocumento.

## 4.2 - FUNCIONALIDADES DA APLICAÇÃO

Tendo em conta o que já foi referido, a aplicação permitirá que o aprendiz tenha sempre presente o mapa de conceitos e neste possa escolher o conceito que pretende visitar recebendo indicações sobre a relação entre este conceito e os que deveria ter visitado, decidindo-se por aceitar as indicações fornecidas ou por avançar sem todos os pré-requisitos, passando directamente ao media e formato da sua preferência. Dentro do conceito escolhido tem a possibilidade de visitar outros media e formato (exemplo, exercício, etc.), e efectuar anotações. Tem sempre a possibilidade de imprimir o mapa, as anotações efectuadas e as tabelas da BD referentes ao percurso realizado, às visitas efectuadas em diferentes datas, aos tempos consumidos nos diferentes conceitos, níveis, etc. Tem ainda a possibilidade de obter estes dados ordenados por um dado critério.

O Editor/Professor tem, para além de todas as funcionalidades disponíveis para o aprendiz, a possibilidade de consultar todas as tabelas da BD, alterar todas as relações de antecedentes/consequente e os níveis dos conceitos, assim como criar todas as formas e media disponíveis para os diferentes conceitos.

Na tabela 3 pode ser visto o resumo das funcionalidades da aplicação para o aprendiz e para o editor/professor. Este último tem acessíveis todas as funcionalidades do aprendiz sendo só indicadas aquelas em que o acesso é feito de outro modo.

**Tabela 3 – Funcionalidades da aplicação para o aprendiz e professor/editor**

<b>FUNCIONALIDADES</b>	<b>APRENDIZ</b>	<b>EDITOR / PROFESSOR</b>
1. Ter sempre presente o mapa de conceitos	Sim	
2. Aceder aos conceitos através dos botões respectivos	Sim	
3. Ter sempre a informação do nível hierárquico em que está situado	Sim	
4. Adaptar o mapa aos seu tipo : 5. visualizando um só nível hierárquico de conceitos 6. avançando directamente para: 6.1 o formato de conceitos que prefere (teórico, exercícios, etc.) 6.2 o media preferido	Sim	
7. Obter ajuda sobre conceitos visitados e a visitar, relativamente ao conceito escolhido	Sim	
8. Decidir sobre avançar sem considerar indicações ou segui-las	Sim	
9. Obter concessão para avançar para níveis hierárquicos diferentes daquele em que se encontra	Sim	
10. Aceder ao histórico do percurso	Sim	
11. Obter relatórios escritos com o histórico das visitas efectuadas por: 11.1 Data 11.2 Visita actual	Sim	

FUNCIONALIDADES	APRENDIZ	EDITOR/ PROFESSOR
11.3 Tempo consumido 11.4 Conceito		
12. Aceder ao ficheiro de anotações	Sim	
13. Dentro do conceito obter informação em diferentes media: 13.1 Texto 13.2 Áudio 13.3 Vídeo 13.4 Gráficos: 13.4.1 Estáticos 13.4.2 Dinâmicos	Sim	
14. Ter acesso, dentro do conceito, a textos complementares	Sim	
15. Alertar, para consumo, de tempo, superiores ao máximo ou mínimo previsto no respectivo quadro	Sim	
16. Efectuar anotações relativas a cada um dos conceitos	Sim	
17. Gravar, em ficheiro, as anotações, com referência ao conceito	Sim	
18. Obter a impressão, em cada conceito, de: 18.1 texto 18.2 gráfico estático	Sim Sim	
19. Obter relatórios escritos com o histórico das visitas efectuadas por: 19.1 Data 19.2 Visita actual 19.3 Tempo consumido 19.4 Conceito	Sim	
20. Imprimir as anotações efectuadas	Sim	
21. Definir o mapa de conceitos		Sim
22. Estabelecer e alterar o nível hierárquico		Sim
23. Estabelecer e alterar as relações entre conceitos		Sim
24. Estabelecer ou alterar os tempos máximos por conceito		Sim
25. Estabelecer ou alterar os tempos mínimos por conceito		Sim
26. Criar os ficheiros (texto, vídeo, gráficos e áudio) relativos a cada um dos conteúdos		Sim
27. Criar uma Base de Dados com todas as tabelas relativas a 27.1 aprendiz 27.2 conteúdos	Sem intervenção	Sem intervenção
28. Determinar o perfil do aprendiz a partir da análise de: 28.1 nível hierárquico dos conceitos predominantemente visitados 28.2 tipo de media e formato predominantemente dos conceitos visitados	Sem intervenção	Pode alterar parâmetros



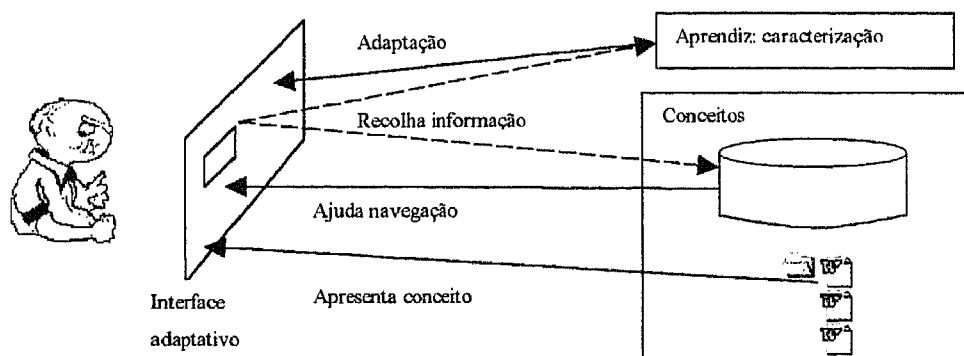
### 4.3 - ARQUITECTURA DA APLICAÇÃO

O modelo do SHA pressupõe a existência de duas componentes: a caracterização do aprendiz e a caracterização dos conteúdos.

A caracterização do aprendiz obriga a uma recolha sistemática, com o respectivo registo, das tarefas e opções desenvolvidas ao longo da navegação para ser possível adaptar a apresentação às características do aprendiz. Também é necessário organizar os conceitos de modo a permitir a sua caracterização. Esta organização é registada numa tabela da Base de Dados (BD). Esta operação não é executada pelo programa, mas sim pelo editor/professor.

A consulta das tabelas da BD, que contêm a classificação dos conceitos e as relações entre eles, vai permitir que o aprendiz receba informação, em tempo real, sobre as ligações que pretende seguir, através da anotação dessas ligações, e determinará também o nível, o media e o formato do conceito que o aprendiz pretende consultar, permitindo-se assim a adaptação da apresentação e a anotação das ligação.

A situação descrita, no parágrafo anterior, está esquematizada na figura 12.



**Figura 12** - Arquitectura da aplicação

Considerou-se a aplicação dividida em três grandes secções: caracterização do aprendiz, apoio à navegação e apresentação dos conteúdos.

Segue-se uma explicação mais detalhada de cada uma das secções.

### **4.3.1 - Secções da aplicação**

#### **4.3.1.1 - Caracterização do aprendiz**

Esta caracterização vai-se basear em:

- Nível hierárquico dos conceitos visitados;
- Tempo consumido no conceito;
- Media e formato do conceito visitado;
- Data da visita.

O nível hierárquico do conceito visitado, os tempos de visita consumidos no conceito, o formato e o media são os critérios utilizados para a caracterização do aprendiz

Esta caracterização necessita de operações de registo, em tempo real, na BD:

- Percurso efectuado – registar os conteúdos visitados;
- Datas das visitas efectuadas;
- Conceitos visitados - com especificação dos tipos quer quanto ao formato quer quanto ao media utilizado;
- Nível dos conceitos visitados;
- Tempos consumidos a visitar cada um dos formatos e media dos conceitos.

A caracterização do aprendiz necessita que o editor/professor defina o tempo mínimo e máximo para consultar cada formato e media do conceito e o nível hierárquico de cada conceito.

#### **4.3.1.2 - Apresentação do conteúdo**

A apresentação do conteúdo é a secção da aplicação que consome mais recursos gráficos. Nela estão englobados os formulários que efectuarão as apresentações do Mapa de Conceitos e dos conceitos. Na apresentação dos conceitos foram previstas várias opções de formato e media.

Para esta apresentação será necessário:

- Um Mapa de Conceitos com os diversos níveis e os Mapas só com um determinado nível;
- Um formulário para a apresentação de cada conceito;
- Definir, para cada conceito específico, os diferentes media e formatos (teórico, prático ou exercício);
- Definir o nível hierárquico de cada conceito;
- Recolher informação da caracterização do aprendiz para aceder ao formato e media do conceito que aquele aprendiz parece preferir.

### 4.3.1.3 - Adaptações da navegação e da apresentação

O apoio à navegação compreende:

- a adaptação da apresentação;
- as anotações das ligações características de um SHA;
- ajudas pontuais, através da indicação da localização do hiperespaço, de um “help”;
- consulta do histórico do percurso por ordem dos conceitos visitados, por datas das visitas, pelo tempo consumido em cada conceito;
- a impressão, em papel, de todos aqueles dados.

A anotação das ligações comunica ao aprendiz os conceitos que serão pré-requisitos para a compreensão do conceito que pretende visitar. Indica ainda qual a sua situação relativamente ao número de vezes que já utilizou a ligação que pretende seguir.

A adaptação consistirá na apresentação, ao aprendiz, o tipo de conceitos em que parece estar mais interessado quanto ao:

- nível hierárquico;
- media utilizados;
- formato de abordagem (teórico, prático, etc.).

Para satisfazer as necessidades desta secção também se torna necessário, ao editor/professor, definir as ligações antecedentes de cada conceito, classificar os conceitos por nível hierárquico, por formato e por media.

### 4.3.2 - Especificação das interfaces

Definidas as secções da aplicação e as suas funcionalidades, passa-se agora à definição dos formulários que serão necessários para disponibilizar, ao aprendiz ou ao editor/professor, aquelas funcionalidades.

Um formulário que estará sempre presente é o Mapa de Conceitos com todos os níveis ou só com um. Foi denominado *frmMapaConceitos*.

Outro formulário será aquele que apresentará as anotações às ligações. Foi denominado *frmAntecede*.

Outro formulário que apresentará os conteúdos nos seus diferentes formatos e media. Foi denominado *frmConceito*.

Para efectuar as consultas, no ecrã, das diferentes tabelas (referentes a percurso, classificação de conceitos, etc) foi definido o *frmConsulta*.

A distribuição de funcionalidades pelos diferentes formulários está indicada na tabela com as correspondências de identificações conforme se segue:

Formulário	Identificação na tabela
<i>frmMapaConceitos</i>	Mapa
<i>frmAntecede</i>	Antecede
<i>frmConceito</i>	Conceito
<i>frmConsulta</i>	Consulta

Relativamente à manipulação da base de dados, através de um Sistema Gestor de Base de Dados (DBMS), foram considerados os dois seguintes tipos de operações:

- de registo (indicadas, na tabela, com *r*) - que engloba as operações realizadas automaticamente pelo programa;

- de edição (indicadas, na tabela, com *e*) - que engloba as restantes operações, tendo em vista a edição ou alteração dos seus campos.

A tabela 4 indica essa distribuição pelos formulários criados.

**Tabela 4** – Distribuição das funcionalidades pelos formulários da aplicação

FUNCIONALIDADES	Mapa	Antecede	Conceito	Consulta	DBMS
1. Ter sempre presente o mapa de conceitos	✓				

FUNCIONALIDADES	Mapa	Antecede	Conceito	Consulta	DBMS
2. Aceder aos conceitos através dos botões respectivos	✓				
3. Ter sempre a informação do nível hierárquico em que está situado	✓				
4. Adaptar o mapa aos seu tipo : - visualizando um só nível hierárquico de conceitos - avançando directamente para: - o tipo de conceitos que prefere (teórico, exercícios, etc.) - o media preferido	Sim		Sim Sim		
5. Obter ajuda sobre conceitos visitados e a visitar relativamente ao conceito escolhido		✓			
6. Obter informação sobre o número de visitas efectuadas a um conceito que pretende visitar		✓			
7. Decidir sobre avançar sem considerar indicações ou segui-las		✓			
8. Obter concessão para avançar para níveis hierárquicos diferentes daquele em que se encontra	✓				
9. Aceder ao histórico do percurso	✓		✓	✓	
10. Obter relatórios escritos com o histórico das visitas efectuadas por: 10.1 Data 10.2 Visita actual 10.3 Tempo consumido 10.4 Conceito	✓		✓	✓	
11. Aceder ao ficheiro de anotações	✓		✓	✓	
12. Dentro do conceito obter informação em diferentes formatos: 12.1 Texto 12.2 Áudio 12.3 Video 12.4 Gráficos: 12.4.1 Estáticos 12.4.2 Dinâmicos			✓		
13. Ter acesso, dentro do conceito, a textos complementares			✓		
14. Alertar, para consumo, de tempo, superiores ao máximo ou mínimo previsto no respectivo quadro		✓	✓		
15. Efectuar anotações relativas a cada um dos conceitos			✓		
16. Gravar, em ficheiro, as anotações, com referência ao conceito			✓		
17. Obter a impressão, em cada conceito, de: 17.1 texto 17.2 gráfico estático			✓		
18. Obter relatórios escritos com o histórico das visitas efectuadas por: 18.1 Data 18.2 Visita actual 18.3 Tempo consumido 18.4 Conceito	✓		✓	✓	
19. Obter gráficos com tempos de visita por: 19.1 conceitos 19.2 níveis hierárquicos 19.3 tipo de quadros	✓		✓	✓	
20. Imprimir as anotações efectuadas	✓		✓	✓	
21. Definir o mapa de conceitos					e
22. Estabelecer e alterar o nível hierárquico					e
23. Estabelecer e alterar as relações entre conceitos					e
24. Estabelecer ou alterar os tempos máximos por conceito					e
25. Estabelecer ou alterar os tempos mínimos por conceito					e

FUNCIONALIDADES	Mapa	Antecede	Conceito	Consulta	DBMS
26. Criar uma Base de Dados com todas as tabelas relativas a 26.1 aprendiz 26.2 conteúdos ( não consideradas anteriormente)					possibilita edição

Como se pode verificar pela análise da tabela existem funcionalidades comuns a todos os formulários e algumas daquelas poderiam estar disponíveis sob a forma de Menus descendentes, que estariam colocados na barra superior do formulário.

Tenta-se também seguir a disposição comum às aplicações do MSWindows.

Para o menu *Ficheiro*, teríamos as opções: *Sair* da aplicação ou *Imprimir... Mapa, Texto*, etc, conforme figura 13.

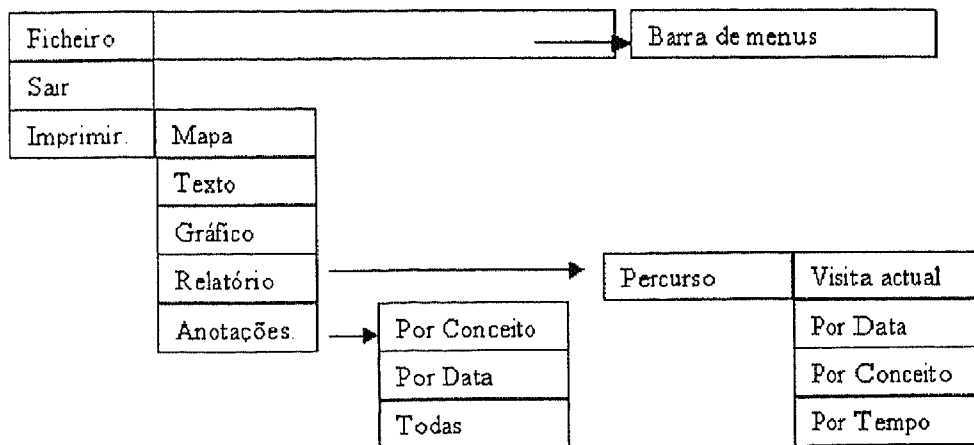


Figura 13 – Projecto par o menu descendente “Ficheiro...”

Para visualizar, no ecrã, o histórico do percurso ou as diversas anotações realizadas durante a visita a um conceito, pode-se cria o menu *Ver Relatório...* com as diferentes opções indicadas na figura 14.

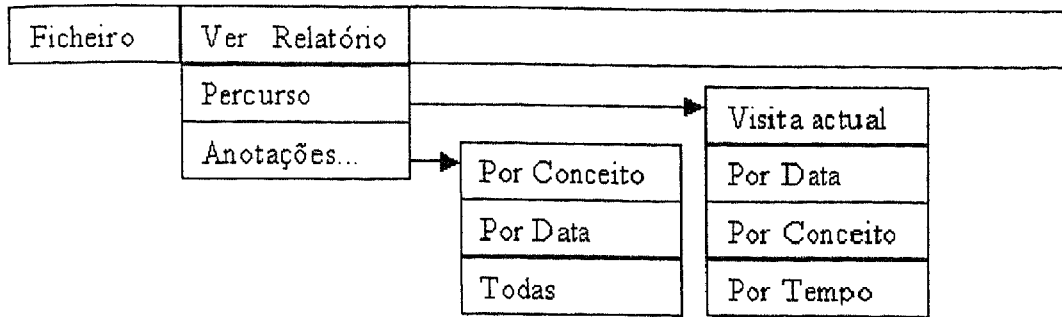


Figura 14 - Projecto do menu descendente “ver Relatório...”

Como se pretende que os relatórios tanto possam ser impressos como visualizados no ecrã juntaram-se as opções das entradas pelos menus Ver Relatório e Imprimir.. numa caixa como a que se representa na figura n.º 15.

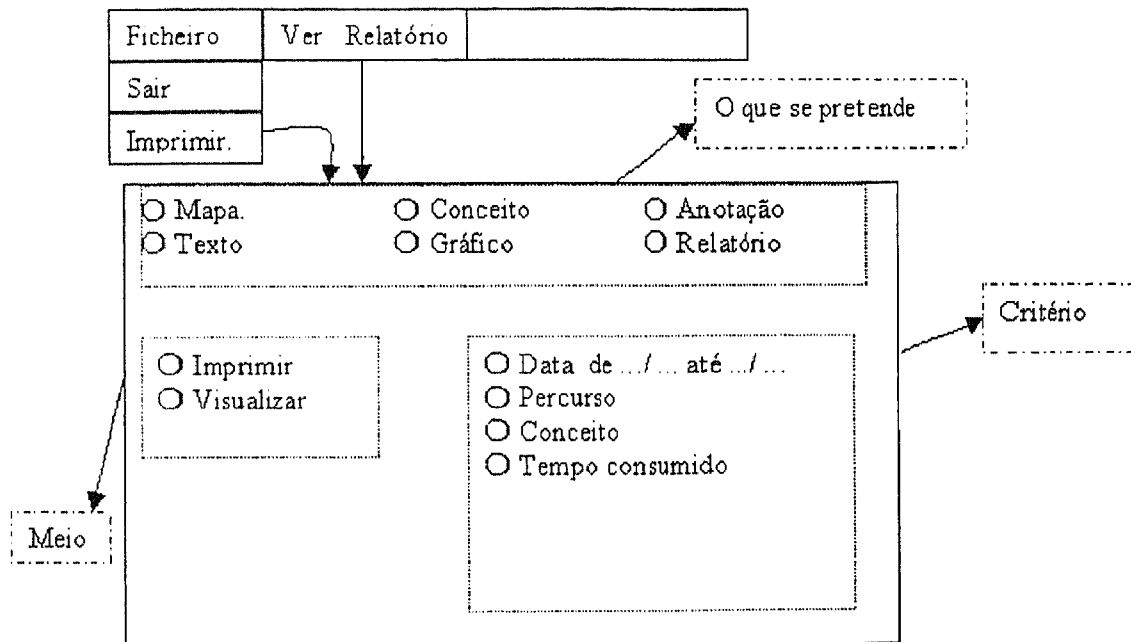


Figura 15 – Projecto de “Ver Relatório...” com combinação de caixa de diálogo

Relativamente ao *frmMapaConceitos* foi necessário organizar o espaço disponível em duas zonas. Uma, superior, para a barra de menus, cuja concepção já foi apresentada e onde foi acrescentado o menu *Mudar de Nível*, que permite, ao aprendiz, alterar o nível dos conceitos apresentados.

Haverá, no formulário visualizado, uma zona de informação do nível dos conceitos que se encontram presentes.

Sobre a imagem de fundo serão colocados os botões de comando que conduzirão o aprendiz à janela que permite visualizar os conceitos correspondentes ao nome que aparece no botão.

Na figura 16 apresenta-se um projecto de janela deste formulário.

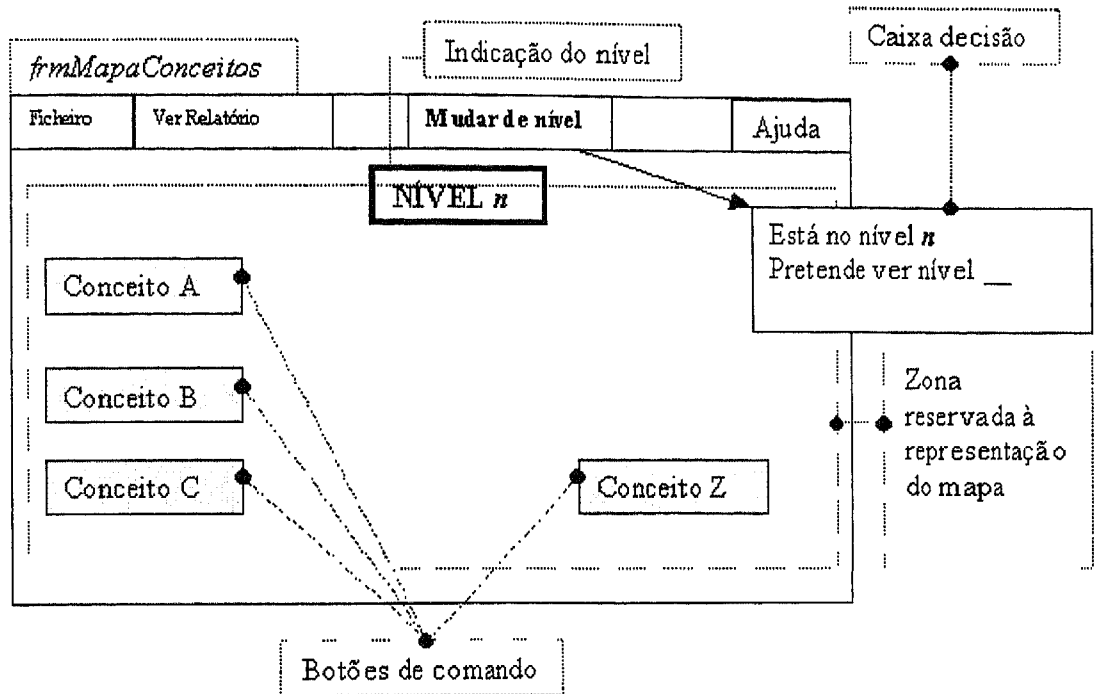


Figura 16 – Projecto do *frmMapaConceitos*

Quando o aprendiz pretender seguir uma determinada ligação aparecerá a anotação dessa ligação, que pertencerá ao *frmAntecede*. Neste formulário prevê-se uma zona para informar o aprendiz sobre os antecedentes do conceito que pretende visitar e, desses, quais os que já foram visitados. Deve ter uma zona que indique o número de vezes que já utilizou a ligação anotação. Deve ter uma zona em que o aprendiz toma a decisão de seguir a proposta do sistema ou avançar para a ligação. Deve ainda informar o aprendiz sobre qual o conceito que envolve estas decisões.

A disposição destas opções, no *frmAntecede*, encontra-se representada na figura 17.



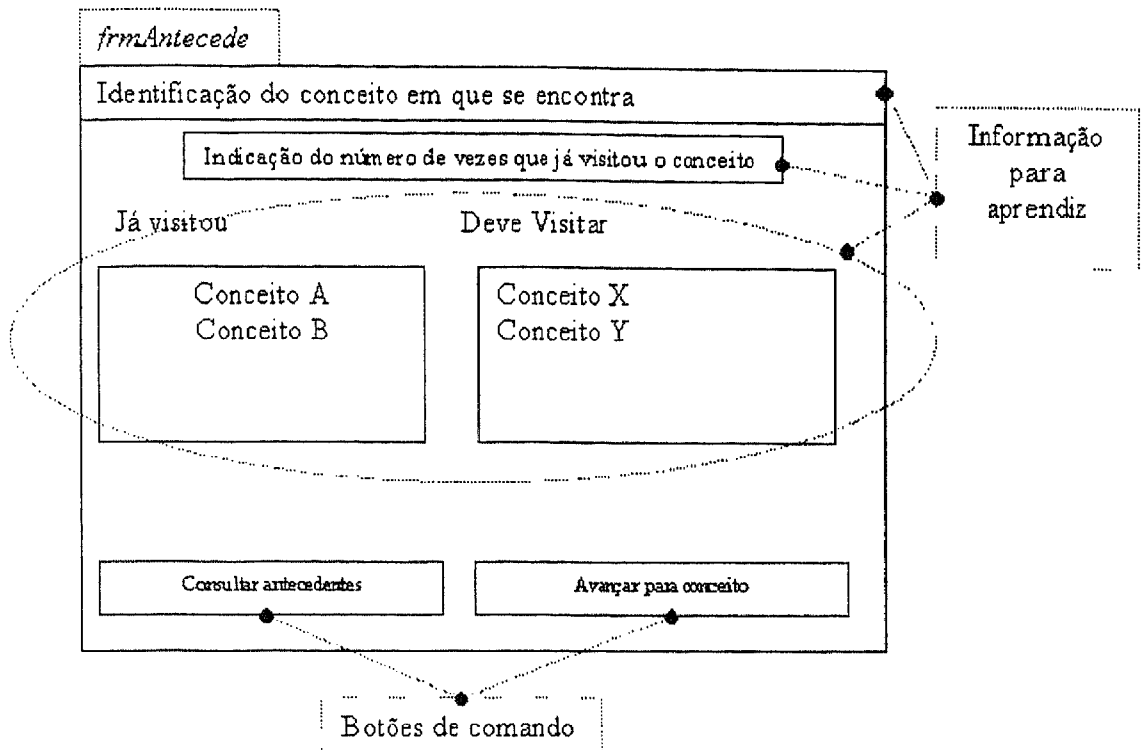


Figura 17 – Projecto do *frmAntecede*

O *frmConceito* deve permitir uma visualização do conteúdo nos diferentes media e formatos, deve permitir que o aprendiz opte por qualquer um deles, para além dos menus, que se encontram na barra superior, comuns aos outros formulários.

Previu-se uma arrumação, na parte superior, dos media baseados na imagem e, na parte inferior, do texto. O arranjo espacial está representado na figura 18.

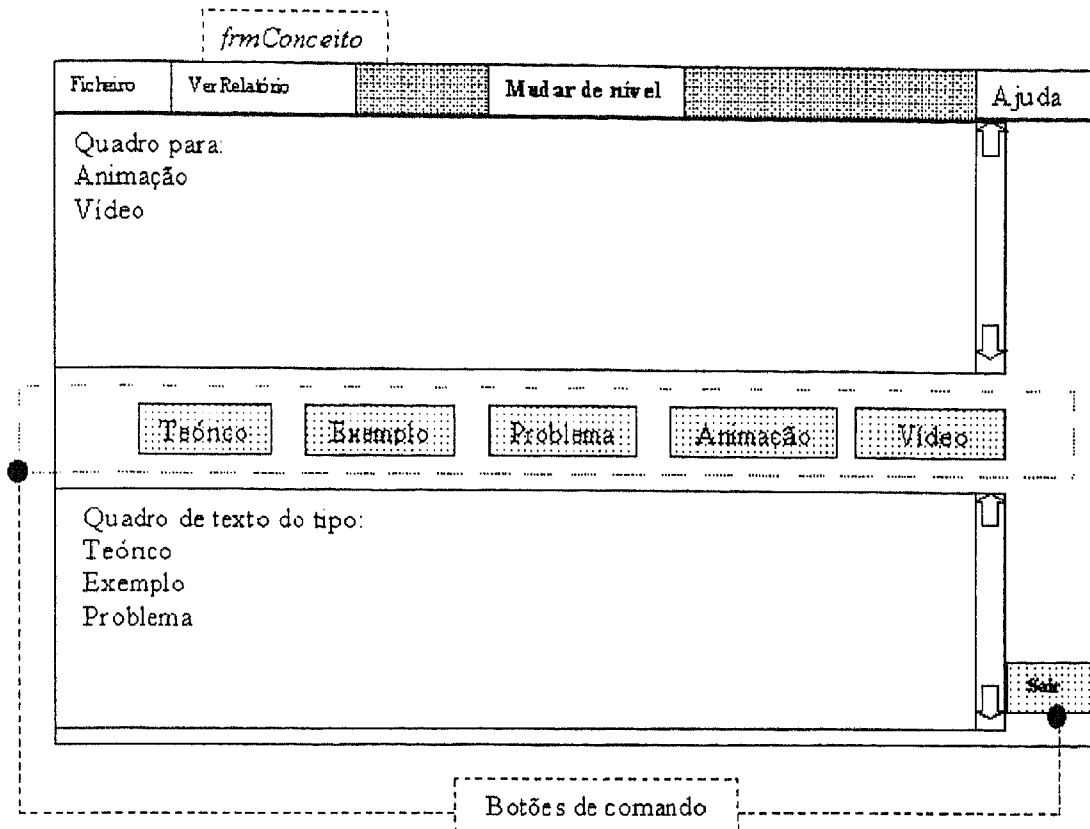


Figura 18 – Projecto do frmConceito

Falta referir o *frmConsulta*. A opção para este formulário foi a de basear a escolha da tabela a consultar e a visualização dos registos em janelas abertas sobre o fundo do formulário. Na barra superior terá também todos os menus comuns aos outros formulários. O possível arranjo dos vários elementos está representado na figura 19.

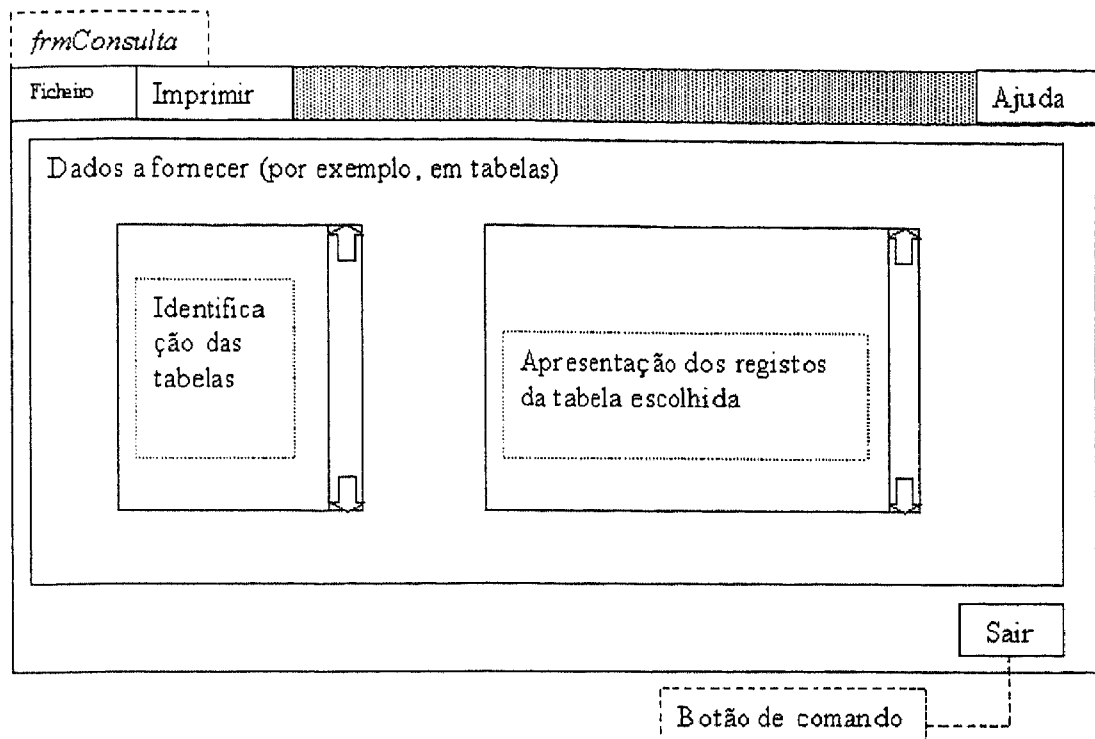


Figura 19 – Projecto do *frmConsulta*

#### 4.3.2.1 - Princípios adoptados para a construção das interfaces

Definidas as funcionalidades e as funções/comandos disponíveis seguem-se os princípios gerais que condicionaram as opções na construção dos interfaces. Neste caso concreto, os formulários que irão ser utilizados.

Como referências para esta fase do trabalho foram utilizados dois documentos de dois autores Najjar (1992) e Hix e Hartson (1993) que pareceram especialmente sintéticos e esclarecedores sobre várias opções a tomar.

##### 4.3.2.1.1 - Manter a interface simples

*Não mostrar o que se consegue fazer com a tecnologia multimedia. Em vez disso, fornecer ao aprendiz somente o que ele necessita para a sua tarefa.*

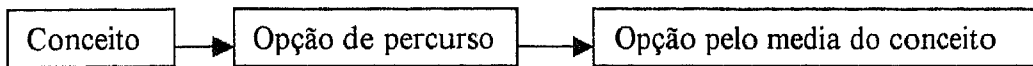
Na interface só serão disponibilizados os media que poderão oferecer uma perspectiva enriquecedora do conteúdo.

Facilitar a execução das tarefas utilizando palavras curtas ou ícones.

Os conceitos são identificados, sempre que possível, por uma única palavra, o mesmo acontecendo com as acções.

Quebrar longas sequências em passos separados.

O aprendiz passa por três clique no rato até chegar à apresentação do conceito, são eles:



#### 4.3.2.1.2 – Consistência

*Utilizar objectos similares para executar acções similares ao longo de toda a aplicação.*

Os botões que desencadeiam acção têm todos a mesma forma e a mesma cor ao longo de todas as janelas.

Utiliza-se o mesmo princípio do Windows de menus descendentes numa barra horizontal no topo da janela para:

- sair da aplicação;
- obter relatórios na impressora ou no ecrã;
- obter ajuda.

Para sair de janelas em que se encontra, existe um botão no fundo ao lado direito, nos formulários de Consulta e visualização do conteúdo

#### 4.3.2.1.3 – Permitir que o aprendiz controle a interacção

*Possibilitar que o aprendiz controle, mais do que o computador, a sequência dos acontecimentos e ainda decida para onde ir, o que ver e quando abandonar.*

Para além da própria adaptabilidade da aplicação, permite-se que o aprendiz escolha o media que pretende visualizar e o formato (teórica, prática, exercício). Tem ainda a possibilidade de mudar em qualquer instante de media ou formato ou sair da janela em que se encontra.

#### ***4.3.2.1.4 – Possibilitar uma indicação imediata e óbvia de que se desencadeou a acção***

*Permitir que o aprendiz tome conhecimento de que o computador está a trabalhar, de que recebeu a ordem e de que se está a preparar para responder ao aprendiz.*

Ouvir-se o som do clique do rato e dar-se uma pequena alteração no aspecto do botão quando este for activado.

No início, enquanto se carregam os formulários para a memória e se abre base de dados, aparecerá uma janela com a identificação do programa, autor, versão etc.

Previu-se o aparecimento de uma barra indicadora do estado da tarefa, quando a operação a realizar for demorada.

#### ***4.3.2.1.5 – Utilizar metáforas familiares***

*Tirar vantagem de conhecimentos anteriores do aprendiz, recorrendo a objectos e imagens familiares.*

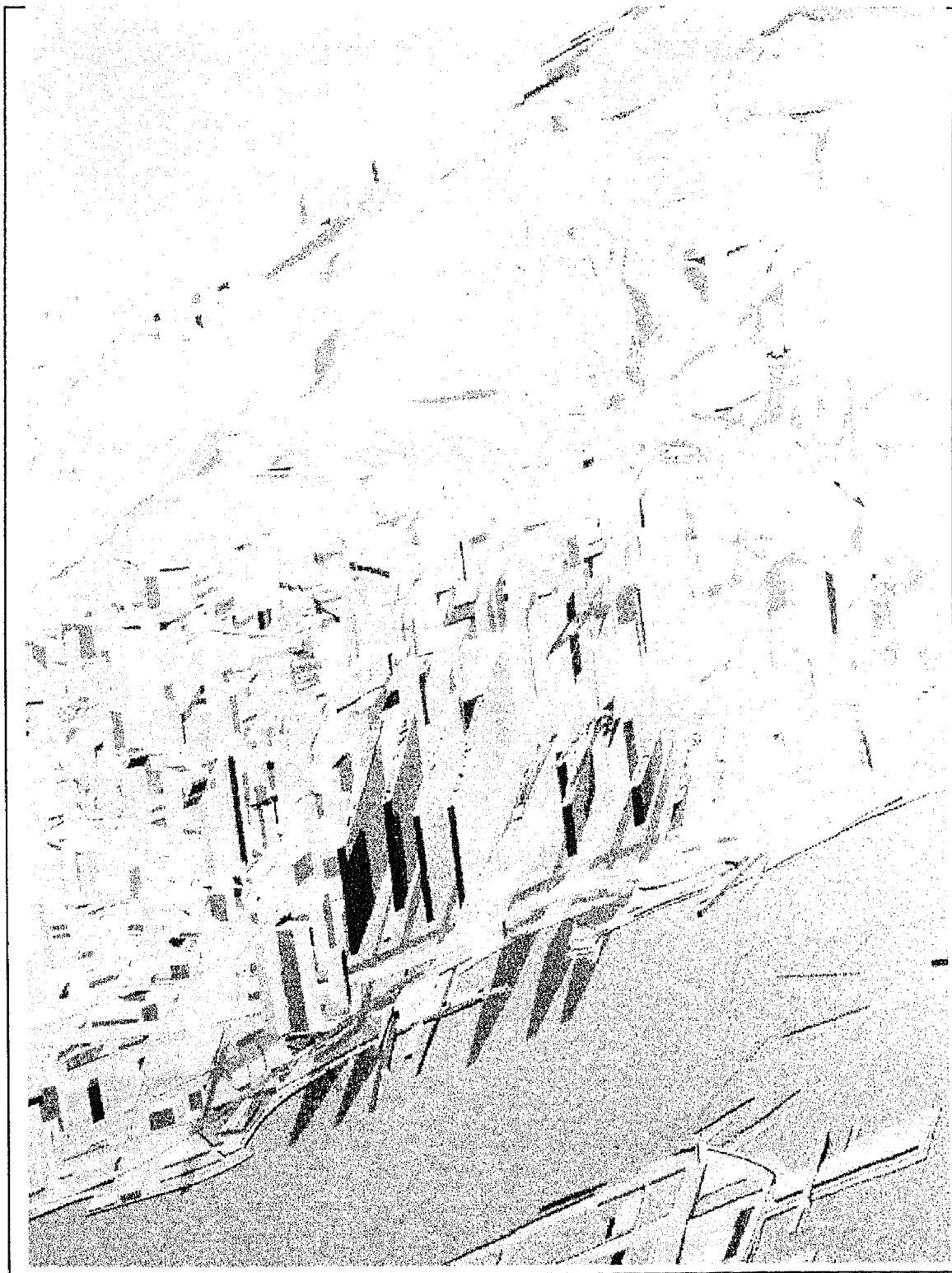
Para além de ambientes similares ao de outras aplicações em ambiente Windows a metáfora dos fundos das janelas são as paisagens de caminhos cruzados. Considera-se dois tipos de paisagens que poderão ser familiares à maioria das pessoas, as rurais e as urbanas. E, de preferência, onde se pudessem ver os caminhos cruzados.

Para ambientes rurais temos a imagem representada na figura 20:



**Figura 20** - Esboço de Zaha Adid (1983)

Para ambientes urbanos temos a imagem que se pode visualizar na figura 21.



**Figura 21 - Esboço da Zaha Adid (1983)**

Para as consultas teremos uma paisagem mais abstracta pois o aprendiz não vai caminhar mas sim parar para analisar um percurso, temos a imagem da figura 22.



**Figura 22** - Esboço da Zaha Adid (1983)

#### ***4.3.2.1.6 – Possibilitar que o aprendiz utilize, com segurança, a aplicação***

*Permitir que o aprendiz navegue na aplicação sem se preocupar com a possibilidade de apagar ou destruir parte dela.*

Na aplicação o aprendiz não tem disponível nenhuma dessas funções não podendo editar ou apagar registos da BD nem retirar botões de conceitos.

#### ***4.3.2.1.7 – Utilizar cores pastel***

*Excepto para videos e texto a preto e branco, em que se deve utilizar alto contraste entre fundo e texto, as cores devem ser deslavadas, pouco saturadas e impuras. Assim os pequenos objectos são mais facilmente identificados e não parecem flutuar sobre o fundo.*

Na aplicação para o mapa será utilizado aquele tipo de cores depois de ter acinzentado o fundo, numa aplicação de tratamento de imagem, tendo sido retirado parte da imagem que poderia dispersar atenção e não deixar sobressair os botões que também ficaram com cor cinzenta escura. O resultado obtido pode ser visto na figura 23.





**Figura 23** – Adaptação da imagem para fundo do **frmMapaConceitos**

Na janela de texto vai ser utilizado como fundo a imagem da figura 20 adaptado de imagem já referida anteriormente.



**Figura 24** - Adaptação da imagem para fundo do **frmConceito**

#### **4.3.2.1.8 – Utilizar fontes serifadas**

É o tipo de fonte deste texto e o que foi utilizado em todos os textos da aplicação.

Definidos que estão os parâmetros a que deve obedecer o interface, passa-se ao domínio de conhecimento da mesma.

### **4.4 – OS CONTEÚDOS**

Uma das mais importantes componentes da aplicação são os conteúdos. O domínio do conhecimento é a Matemática e, no início deste capítulo, já foram indicados os objectivos que se pretendem atingir com a apresentação deste domínio de conhecimento através de um SHA.

A parte mais significativa do texto, que é a base para estes conteúdos, é da autoria do Professor Carlos Madureira e encontra-se no Anexo C.

#### **4.4.1 – Mapa Conceptual**

Após um estudo do texto chegou-se a um Mapa Conceptual que representa o mesmo. Note-se que um Mapa Conceptual traduz sempre uma visão pessoal do conteúdo, assunto que já foi tratado no capítulo 2.

É um vasto domínio de conhecimento que daria um enorme Mapa Conceptual. Mas, como também já foi referido no capítulo 2, podemos considerar vários níveis. Poderá ser uma das soluções: a cada nível corresponderia uma área do conhecimento. Como exemplo destes níveis teríamos: Lógica Matemática, Teoria dos Conjuntos, Álgebra, Teoria dos Números, Geometria, Topologia, Cálculo Infinitesimal, etc

Os textos disponíveis referem-se à Lógica Matemática e à Teoria dos Conjuntos.

Fica-se logo restringido a dois níveis. Mas cedo se verificou que a compilação de material, a criação da BD, a estruturação dos ficheiros e a execução do Mapa, só para estes dois níveis, consumiria recursos, não disponíveis, e tempo que ultrapassava o prazo de execução deste trabalho.

Assim restringiu-se a um só nível: Lógica Matemática.

Como a base de navegação é o Mapa Conceptual, este foi construído e apresenta-se o resultado final na figura 25 .

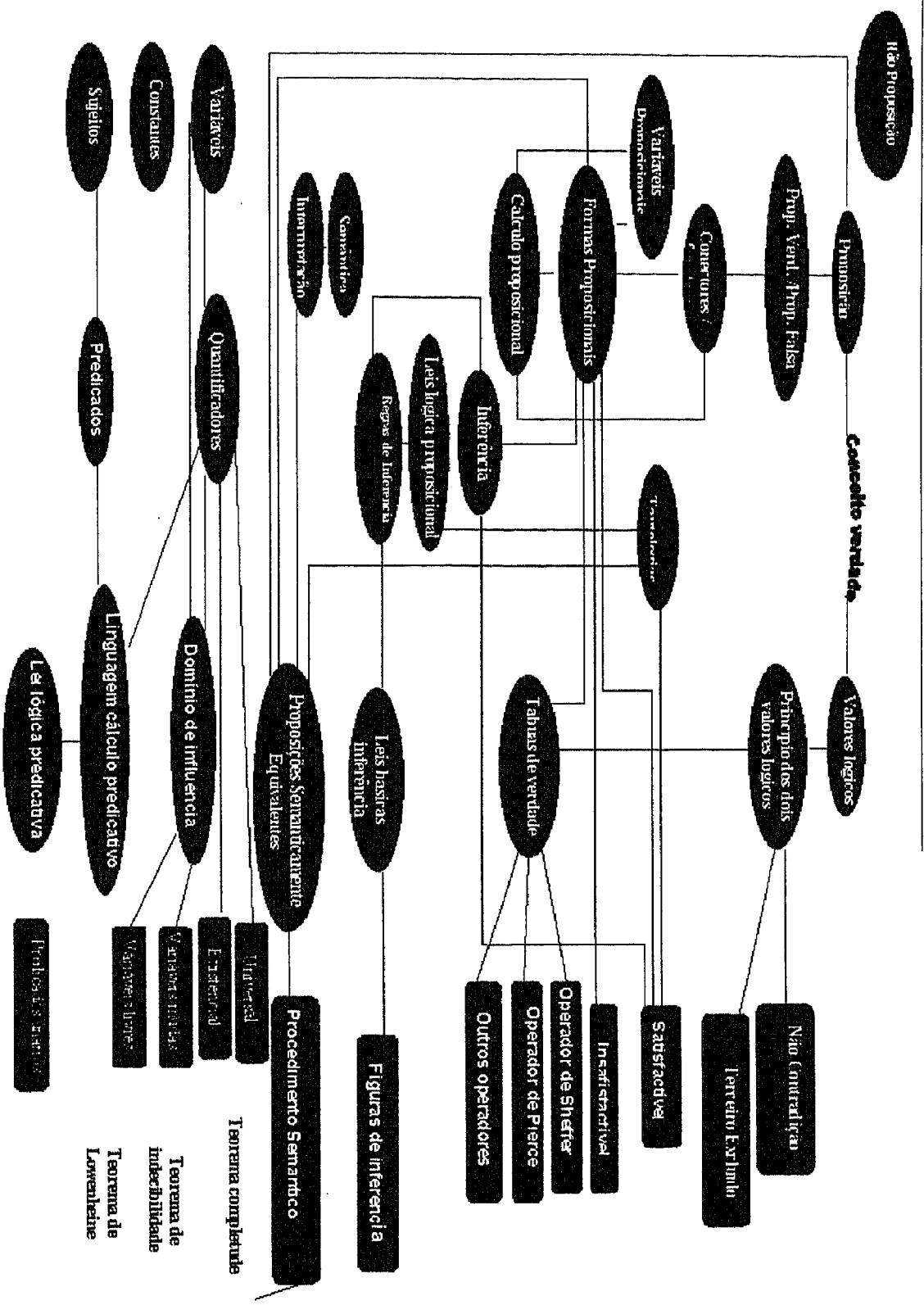


Figura 25- Mapa de Conceitos da Lógica Matemática

## 4.4.2 - Armazenamento e organização da informação

Para se conseguir efectuar a caracterização é necessário, como já foi dito atrás, recolher e armazenar todos os dados relativos ao aprendiz, e que são: conceitos visitados, tempo gasto nessa consulta, tipo de formato escolhido e tipo de media utilizado. Todos estes elementos serão registados numa BD relacional, isto é, os dados estão guardados em diferentes tabelas, que estão relacionadas entre si pelos campos-chave, mas que contêm não só essa informação mas também as relações entre essas tabelas.

Para se conseguir a caracterização dos conteúdos é necessário criar uma tabela na BD em que se identificam os conteúdos, o nível hierárquico de cada um, os tempos mínimo e máximo necessários para a consulta de cada formato e media de cada conteúdo. Para anotação das ligações é necessário definir numa tabela, para cada conteúdo, as relações de precedência.

Quando a aplicação não está a ser utilizada pela primeira vez é necessário guardar, numa tabela, as informações relativas ao aprendiz. Esta tabela conterà indicações sobre o media e formato mais utilizado, pelo aprendiz, até à altura para visitar os conteúdos. Deverá também ter registada informação sobre o nível de conteúdos mais visitados, para além da data da primeira e da última visitas.

Os ficheiros com os materiais de apoio, texto, vídeos, gráficos, som, etc, deverão estar armazenados num subdirectório do disco e agrupados em quatro grandes classes: teoria, problemas, exemplos e leituras complementares. Cada uma destas classes subdividir-se-á em cinco subclasses, correspondentes aos media utilizados: texto, audio, vídeo, gráficos estáticos e gráficos animados.

A identificação dos ficheiros será sempre feita através do nome do conceito a que se referem.

## 4.4.3 - Fluxo de informação da aplicação

Atendendo aos requisitos definidos ter-se-á um fluxo de informação como o indicado na figura 26.

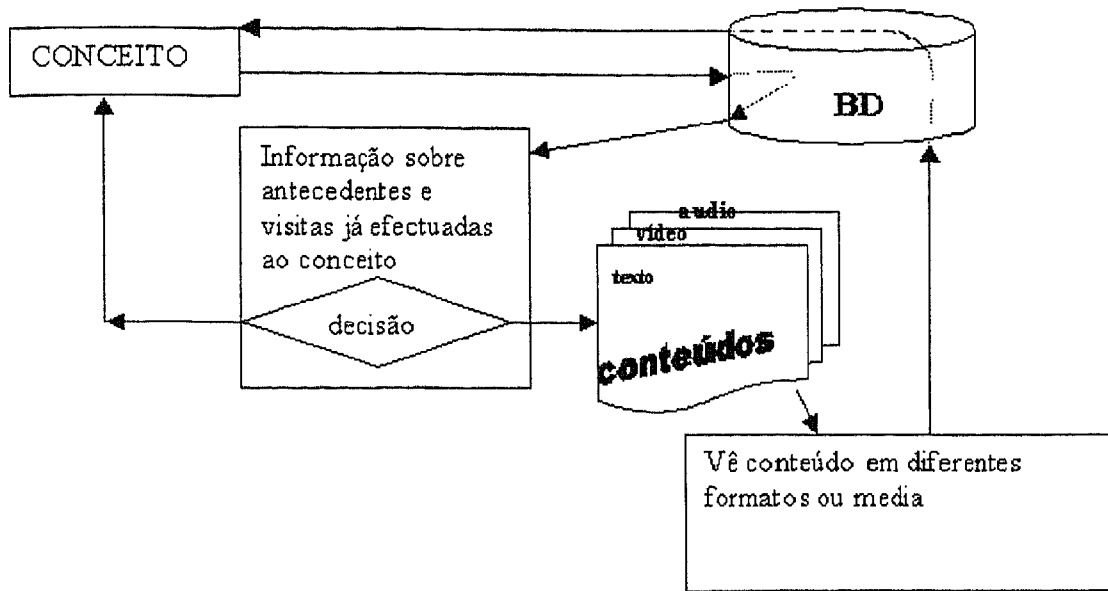


Figura 26 – Fluxo de informação

---

## Capítulo 5 - IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO

---

### 5.1 - INTRODUÇÃO

É o capítulo dedicado à construção da aplicação. No capítulo anterior projectaram-se as componentes, definiram as funcionalidades, estabeleceram-se os princípios organizacionais. Neste capítulo concretizar-se-ão os projectos e explicar-se-ão as opções tomadas.

Quando se carrega a aplicação aparece o formulário de apresentação, representado na figura 27, que identifica o autor da aplicação, a ferramenta de desenvolvimento, etc.

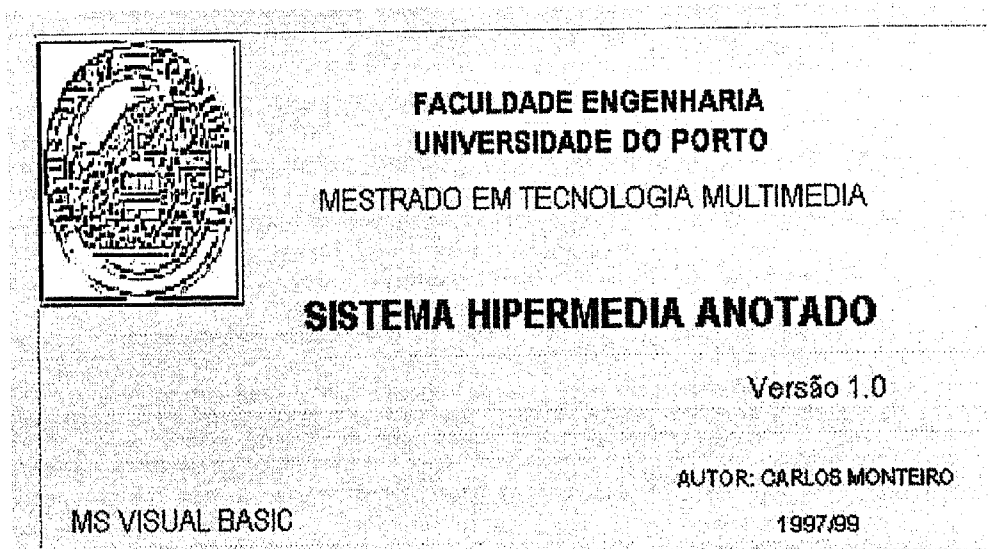


Figura 27 – Formulário de apresentação

## 5.2 - A FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO

Para esta implementação tornou-se necessário efectuar a opção por uma determinada ferramenta de programação existente ou disponível à data do arranque desta aplicação. Primeiro era necessário decidir entre uma linguagem de programação ou uma ferramenta de autor.

As ferramentas de autor analisadas foram o Toolbook4 e o Director5 tendo como base Dalgarno(1996, b) e focando a atenção na utilização de elementos multimedia incluindo a facilidade de importação de ficheiros, o posicionamento e redimensionamento das janelas. O Toolbook mostrou-se melhor nestas tarefas e o Director melhor na duplicação ao longo das páginas e na utilização de imagens tipo bitmap e fotografias. No entanto esta ferramenta já demonstrava pouca capacidade de posicionamento das janelas e seu redimensionamento sendo aqui melhor o Toolbook.

Parecem, no entanto, ferramentas mais preparadas para trabalhar com imagens e som o que não era o objectivo da aplicação a desenvolver. Essencialmente ia-se trabalhar com texto e consultas a base de dados. Sendo assim, o Visual Basic emergiu como sendo muito mais versátil, trabalhando-se facilmente com janelas de texto desde que este estivesse no formato HTML (Hypertext Markup Language). A inserção de vídeo, formato AVI, de imagens no formato bitmap não apresentava, neste caso, elevadas exigências de programação.

Por outro lado, o Visual Basic facilitava a perspectiva de implementar simulações numéricas que requerem que os valores não sejam obrigatoriamente os mesmos em todas as visitas. Já que se consegue com facilidade gerar números aleatórios. Se a situação prevista apontasse para a constância de perguntas e correcção de respostas então seria preferível optar por uma das ferramentas de autor referidas anteriormente.

Ainda há que ter em consideração nas exigências de utilização do Toolbook quanto à reprodução da aplicação que requer uma licença com preço e tempo de concessão elevados.

O apoio humano e em termos de bibliografia, que se perspectivava, usando aquelas ferramentas de autor, era escasso. O que não acontecia com o Visual Basic.

Este apresentava outra vantagem que é a aparência e layout das janelas serem semelhantes aos do MSWindows o que implica não haver necessidade de uma de



adaptação, do aprendiz, ao novo ambiente para além de se integrarem facilmente aplicações do MSWindows.

A opção foi o Microsoft Visual Basic 5 (o 6 estava a aparecer havendo pouca documentação de apoio) que adiante vai ser designado por MSVB.

Na implementação foi necessário ultrapassar uma concepção inicial de registar todos as informações relativas a precedências (conceitoX, conceitoN; com X e N de 1 até n.º total de conceitos), número de visitas efectuadas (conceitoX, nºvisitas), etc. em matrizes bidimensionais, numa perspectiva de verdadeiro/falso ou manipulação quantitativa.

A implementação passou a ter uma perspectiva de manipulação semântica com recurso intensivo a BD e passando pela linguagem SQL (Structured Query Language) para consulta a BD.

Foram utilizadas as facilidades concedidas pelas ferramentas que o MSVB oferece para aceder a BD, ou seja, o controlo Data, que permite aceder a BDs sem necessidade de escrever código, bastando definir algumas das suas propriedades, e o Data Access Object (DAO) que é uma estrutura de objectos para aceder a BDs através de código, permitindo um completo controlo sobre a BD. Utilizou-se O Microsoft DAO 3.5 Compatibility Library.

## **5.3 – OS CONTEÚDOS**

### **5.3.1 - Caracterização dos conteúdos**

No capítulo 4 definimos os conteúdos e construímos um Mapa de Conceitos que seria a base da navegação desta aplicação. Como também foi referido seria necessário classificar os conteúdos e relacioná-los entre si.

Para a classificação dos conceitos consideraram-se duas hipóteses:

- Definir qualitativamente, atribuindo uma categoria a cada nível. Por exemplo: iniciação, desenvolvimento, aperfeiçoamento, proficiência, etc, dando assim a

possibilidade de um tratamento semântico mais habitual na Inteligência Artificial de onde normalmente vêm soluções deste tipo (Brusilovsky, Eklund);

- Definir quantitativamente, atribuindo um cardinal para cada nível. Optando por esta classificação obtêm-se, com facilidade, vários níveis.

Optou-se por esta última hipótese pela grande quantidade de níveis que se podem definir. Esta classificação vai-se basear no **nível hierárquico**.

O nível hierárquico caracteriza o grau de generalidade vs. particularidade do conceito. Este nível é quantitativo, utilizará uma escala numérica, naturais positivos, em que ao valor mais baixo, correspondem os conceitos mais específicos do domínio, aumentado o valor atribuído ao nível com o grau de generalidade dos conceitos. Assim ao valor mais elevado corresponde o conjunto de conceitos mais gerais do domínio. O valor máximo, num dado domínio, corresponde ao conceito mais geral desse domínio.

A classificação efectuada, para esta aplicação, está representada na tabela 5.

Esta classificação, como já foi referido no Capítulo 4, é utilizada para a caracterização do aprendiz.

**Tabela 5 – Classificação dos conteúdos, por nível hierárquico**

Concelto, Nível 1	Conceitos, Nível	Conceitos, Nível	Conceitos,
Conceito de	Valores lógicos	Proposições	Teor.
Não proposição	Princípio dos	Não	Teor.
Proposição	Tábuas de	Terceiro	Teor.
Prop. Verd. /	Leis básicas	Satisfactível	
Conectores /		Insatisfactível	
Variáveis		Operador de	
Tautologias		Operador de	
Formas		Outros	
Cálculo			
Inferência			
Leis lógica			
Regras de			
Semântica			
Interpretação			

Definido o nível hierárquico, torna-se agora necessário estabelecer as relações entre os conteúdos.

Para a compreensão dum determinado conceito, como já foi referido no Capítulo 2, é necessário que outros conceito que com ele se relaciona já tenham sido

incorporados, assimilados, na estrutura cognitiva do aprendiz de uma forma substantiva. Já teve lugar uma diferenciação progressiva ou uma reconciliação integradora.

A relação estabelecida, entre os conceitos, é utilizada para a anotação das ligações, conforme, mais à frente, se mostrará com mais detalhe.

A relação entre os conceitos está representada na tabela 6.

**Tabela 6 – Relações entre os conceitos**

<b>Conceito</b>	<b>Antecedente</b>	<b>Conceito</b>	<b>Antecedente</b>
Cálculo	Não proposição	Princípio dos dois	Prop.
Cálculo	Proposição	Procedimento	Proposições
Cálculo	Prop. Verd./Prop.	Prop. Verd. /	Conceito de
Cálculo	Conectores /	Prop. Verd. /	Proposição
Cálculo	Variáveis	Proposição	Conceito de
Cálculo	Formas	Proposições	Proposição
Conectores /	Conceito de	Proposições	Tautologias
Conectores /	Proposição	Proposições	Formas
Conectores /	Prop. Verd. /	Proposições	Interpretação
Figuras de	Leis básicas	Regras de	Leis lógica
Formas	Conceito de	Satisfactível	Tautologias
Formas	Proposição	Satisfactível	Formas
Formas	Prop. Verd./Prop.	Satisfactível	Cálculo
Formas	Conectores /	Tábuas de verdade	Formas
Inferência	Formas	Terceiro Excluído	Princípio dos
Insatisfactível	Formas	Valores lógicos	Conceito de
Interpretação	Semântica	Valores lógicos	Proposição
Operador de	Tábuas de	Não Contradição	Princípio dos
Operador de	Tábuas de	Leis básicas	Regras de
Outros	Tábuas de	Leis lógica	Tautologias

Já foram atribuídas aos conceitos as propriedades necessárias para a constituição de um Mapa de Conceitos: o nível de generalidade e as relações entre eles.

Torna-se, agora, necessário organizar fisicamente o armazenamento dos ficheiros relativos aos conceitos.

### 5.3.2 - Armazenamento dos ficheiros relativos aos conteúdos

Como já foi referido, no Capítulo 4, os ficheiros relativos aos conceitos vão ser identificados pela nome do conceito. A extensão do ficheiro identifica o tipo de

media utilizado: htm, para os ficheiros de texto, wav, para áudio, bmp, para os gráficos estáticos, gif, para os gráficos animados, avi, para os ficheiros de vídeo.

Assim vão ser agrupados pelo formato: teoria, problemas, exemplos, leituras complementares. A cada um dos formatos corresponderá um subdirectório. A estrutura está representada na figura 28.

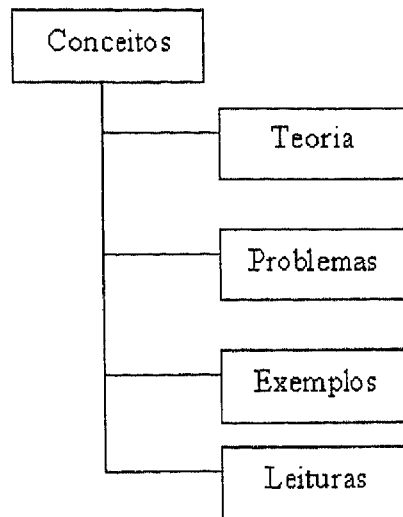


Figura 28 – Esquema armazenamento dos ficheiros de conteúdos

### 5.3.3 - Apresentação dos conteúdos

#### 5.3.3.1 - Mapa de Conceitos

Os conceitos estão estruturados. Torna-se agora necessário apresentá-los ao aprendiz e permitir a sua navegação no Mapa de Conceitos.

Para a apresentação do Mapa de Conceitos construiu-se o *frmMapaConceitos* respeitando as especificações definidas no Capítulo 4. Neste formulário do Mapa de Conceitos não foram respeitadas todas convenções dos mapas conceptuais. Atendendo a que o ecrã apresenta maior dimensão segundo o comprimento distribuíram-se os níveis na horizontal tendo-se colocado à esquerda os mais particulares e à direita os mais gerais. Também, por uma questão de simplificação e porque, embora existam relações entre conceitos, que estão definidas na tabela de precedências da BD, estas não foram

graficamente representados por linhas que os unem pretendendo-se assim que o aprendiz efectue as ligações que lhe pareçam adequadas.

É por estas razões que a representação se denomina Mapa de Conceitos uma vez que não se respeitaram todos os requisitos da construção de um Mapa Conceptual

Como já foi indicado no item “classificação e relacionamento”, do capítulo 4, os conceitos foram agrupados em quatro níveis. O formulário *frmMapaConceitos*, ficará com o aspecto apresentado na figura 29, quando estiverem os quatro níveis representados.

Neste formulário estão incluídas as entradas para os menus descendentes, referidos no capítulo anterior, tendo ainda uma caixa, situada na parte central superior, onde estão indicados os níveis hierárquicos dos conceitos representados no Mapa de Conceitos.

Para aceder aos diferentes media e formatos dos conceitos o aprendiz deve apontar a seta do rato ao conceito e clicar no botão do lado esquerdo.

Capítulo 5 – Implementação da Aplicação

- 5 - X

Ajuda ...

SHA - Mapa Conceitos

Mudar de Nível ...

Ficheiro... Ver

**NÍVEL 1, 2, 3, 4**

Proposição

Prop. verd / Prop. falsa

Conectores / Functores

Variáveis proposicionais

Formas Proposicionais

Cálculo Proposicional

Semântica

Interpretação

Variáveis

Constantes

Valores lógicos

Princípio dois valores lógicos

Satisfactível

Insatisfactível

Operador de Sheffer

Operador de Pierce

Outros operadores

Tautologias

Tábuas de verdade

Inferência lógica

Leis lógica proposicional

Regras inferência

Figuras de inferência

Leis básicas inferência

Procedimento semântico

Procedimento sintático

Variáveis mudas

Variáveis livres

Predicados unários

Gödel

Church

Lowenheim

Proposições semanticamente equivalentes

Ling cálculo predicativo

Lei lógica predicativa

Quantificadores

Predicados

### 5.3.3.2 - Visualização dos conceitos em diferentes media e formatos

Para aceder aos diferentes media e formatos dos conceitos, tendo em conta as especificações definidas no Capítulo anterior, utiliza-se o frmConceito que se reproduz na figura .

Como se pode verificar, pela observação da figura 30, o aprendiz tem a indicação do conceito em que se encontra através do título do texto ou do título da janela (colocado na barra superior). Também se pode verificar que o abandono da janela do Conceito só é permitido através do botão “Sair”, situada do lado esquerdo da parte central.

Todas as opções de media e formatos do conceito encontram-se nos botões colocados na zona central da janela. O botão da opção escolhida encontra-se com um aspecto diferente (Texto, no exemplo).

A metade inferior da janela destina-se à visualização de texto e a metade superior destina-se à apresentação de vídeo e gráficos.

As janelas de diferentes formatos e media são mutuamente exclusivas, isto é, só é possível ter um janela aberta. O objectivo é diminuir a sobrecarga cognitiva.

Para o aprendiz efectuar as suas anotações sobre um determinado conceito tem acesso, através de clique sobre o botão direito do rato, a uma janela de texto. Estas anotações são guardadas em ficheiro de anotações com a indicação do conceito onde foram escritas. Esta situação está ilustrada na figura 31.

A saída desta janela só é possível através do botão “Sair” que se encontra no lado esquerdo da parte central e esta saída só se realiza mediante confirmação, por parte do aprendiz.

O abandono da janela do conteúdo assim como dos media e formatos conduz, sempre, a actualizações da BD. Este facto aliado à necessidade de evitar inadvertidas acções de fecho de janelas conduziram a que só exista, para cada uma delas, uma forma de sair.

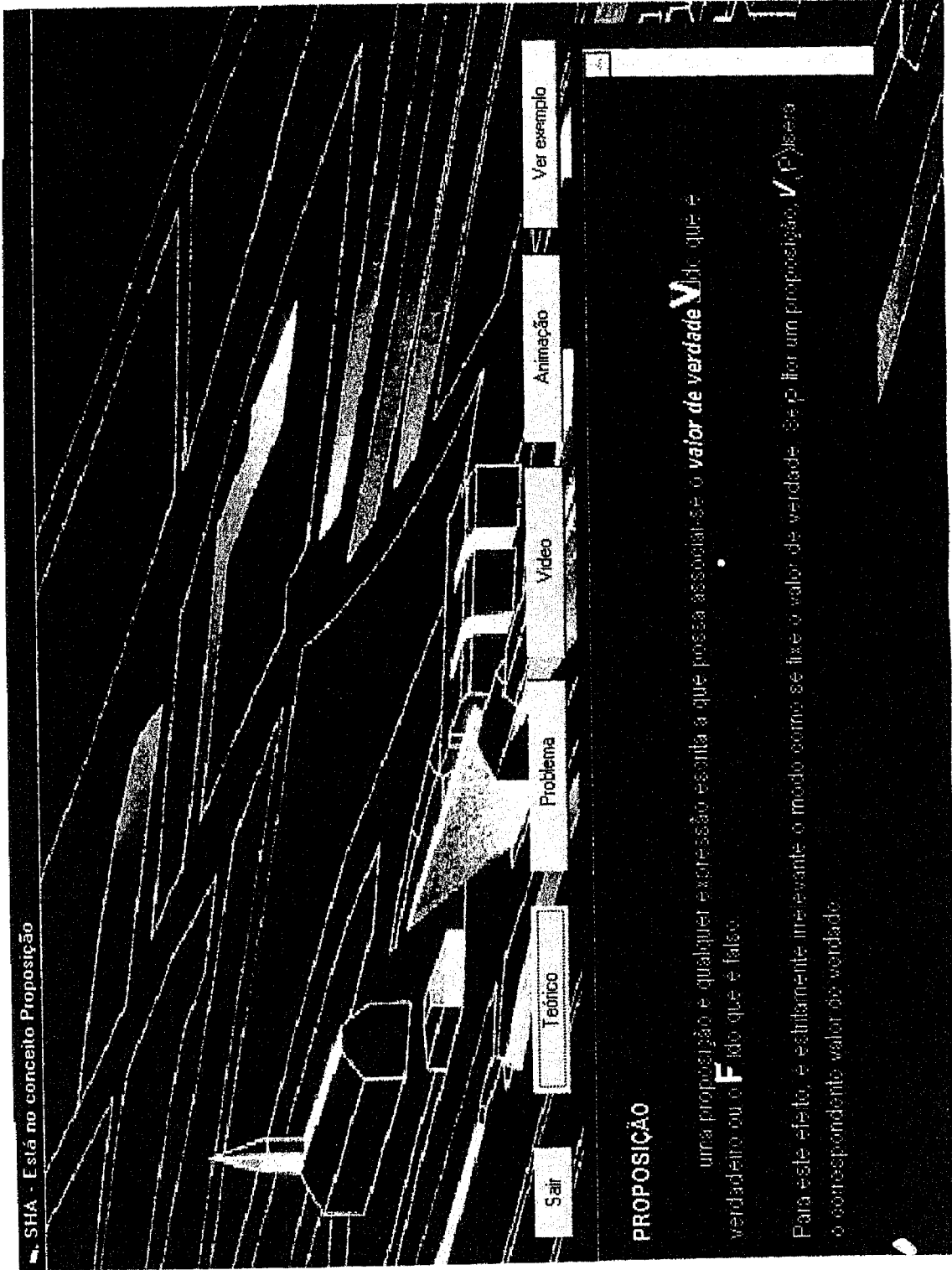


Figura 30 - Formulário de apresentação do Conceito (*frmConceito*) tal como é apresentado ao aprendiz



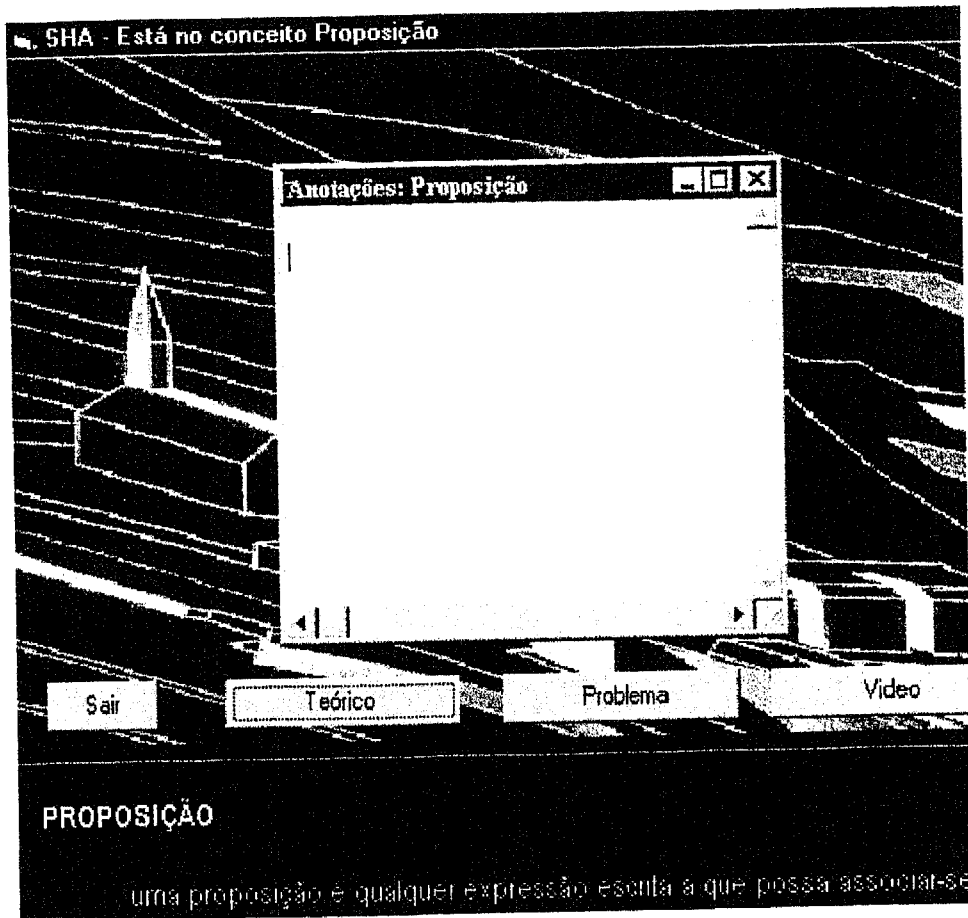


Figura 31 – Vista de conceito com opção de Anotação aberta

#### 5.3.4 - Os conceitos e as tabelas da BD

Os conceitos vão ter duas tabelas da BD. Uma, *tblConceitos*, refere-se à sua classificação quanto ao nível de generalidade. A outra, *tblAntecedentes*, refere-se às relações entre os conceitos. Estas questões já foram abordadas em pormenor na secção “Caracterização dos conteúdos”.

As tabelas da BD aqui referidas encontram-se reproduzidas no Anexo A

## 5.4 – AS ADAPTAÇÕES DO SISTEMA

Como já foi referido, no Capítulo 4, o Sistema irá fazer uma adaptação da apresentação e permitir uma anotação das ligações.

## 5.4.1 - Adaptação da apresentação

### 5.4.1.1 - Adaptação a nível do Mapa de Conceitos

A adaptação vai consistir na apresentação do Mapa de Conceitos só com os níveis de conceitos em que o aprendiz parece estar mais interessado.

Assim, na primeira visita aparecerá todo o Mapa de Conceitos e, após um determinado número de visitas, é efectuada uma caracterização do aprendiz que determina o cardinal correspondente ao nível do aprendiz. Então o Mapa de Conceitos só irá apresentar os conceitos respeitantes àquele nível. Se já não é a primeira visita a aplicação retira da BD o nível com que encerrou a última visita e passa, de imediato, para o Mapa de Conceitos correspondente à caracterização do utilizador.

Em todos os Mapas aparecerá a indicação do nível dos conceitos apresentados.

Se o aprendiz for caracterizado com o nível 1 teremos um Mapa de Conceitos como o representado na figura que é obtido a partir do formulário da figura 32 depois

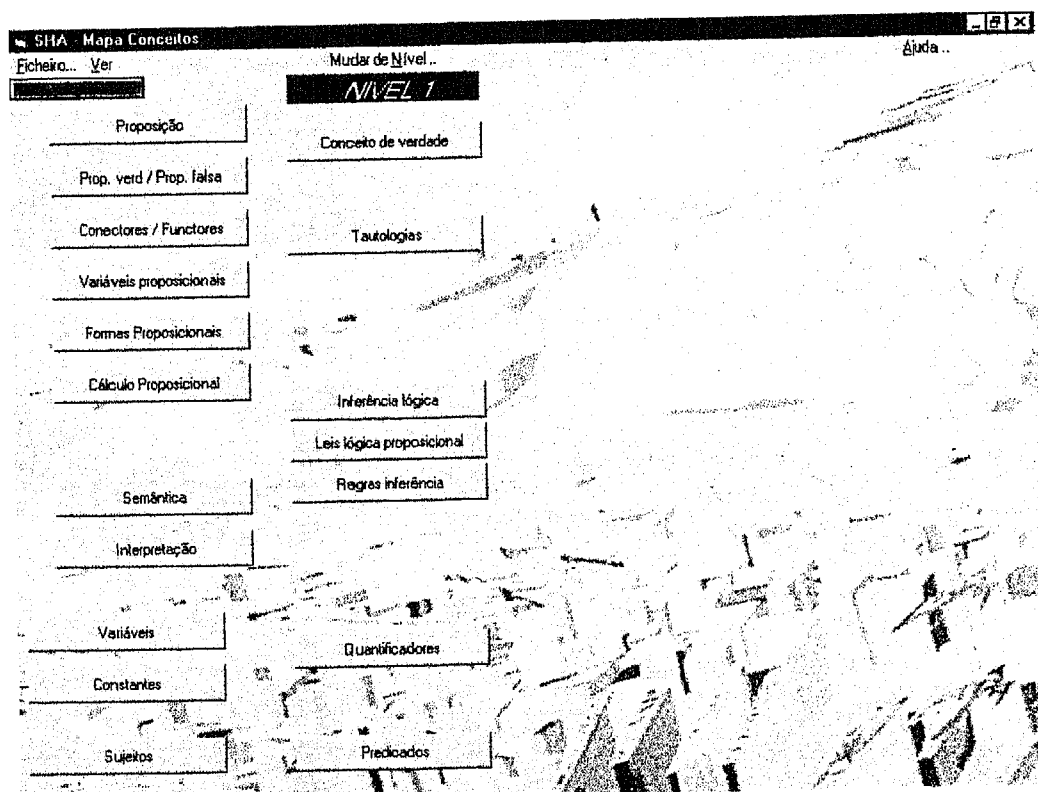


Figura 32 - Janela de Mapa de Conceitos só com nível 1

de retirados todos os conceitos classificados com os níveis 2, 3 e 4.

No caso da caracterização do aprendiz definir que o nível em que está interessado é o dois, ter-se-á um Mapa de Conceitos como se apresenta na figura 33 obtido a partir do Mapa representado na figura 29 pela exclusão de todos os conceitos classificados com um nível diferente de dois.

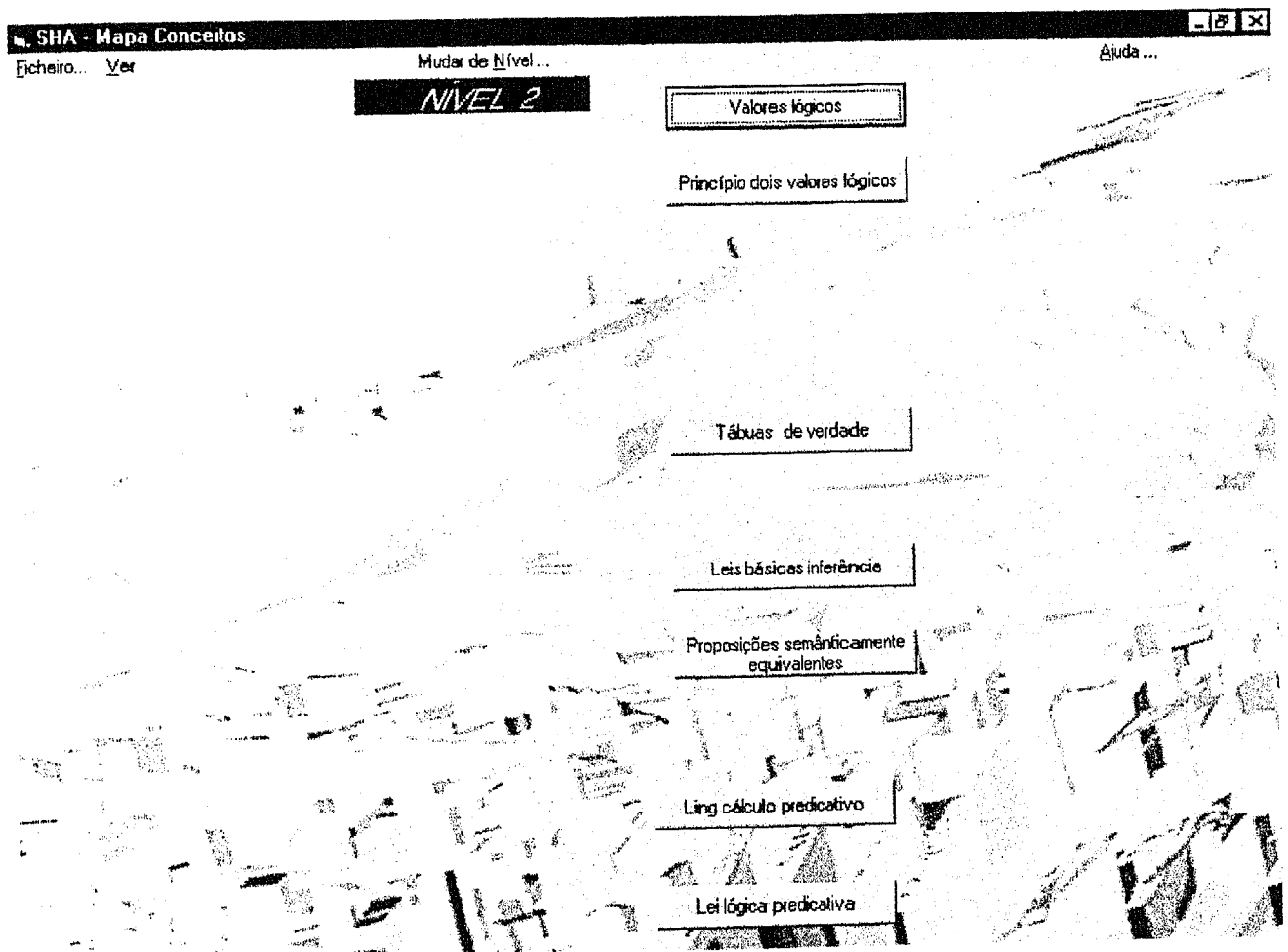


Figura 33 - Mapa de Conceitos só com nível 2

As adaptações aos níveis 3 e 4 estão representadas nas figuras 34 e 35 a partir da exclusão, do Mapa representado na figura , de todos os conceitos classificados com os níveis diferentes de três e quatro respectivamente..

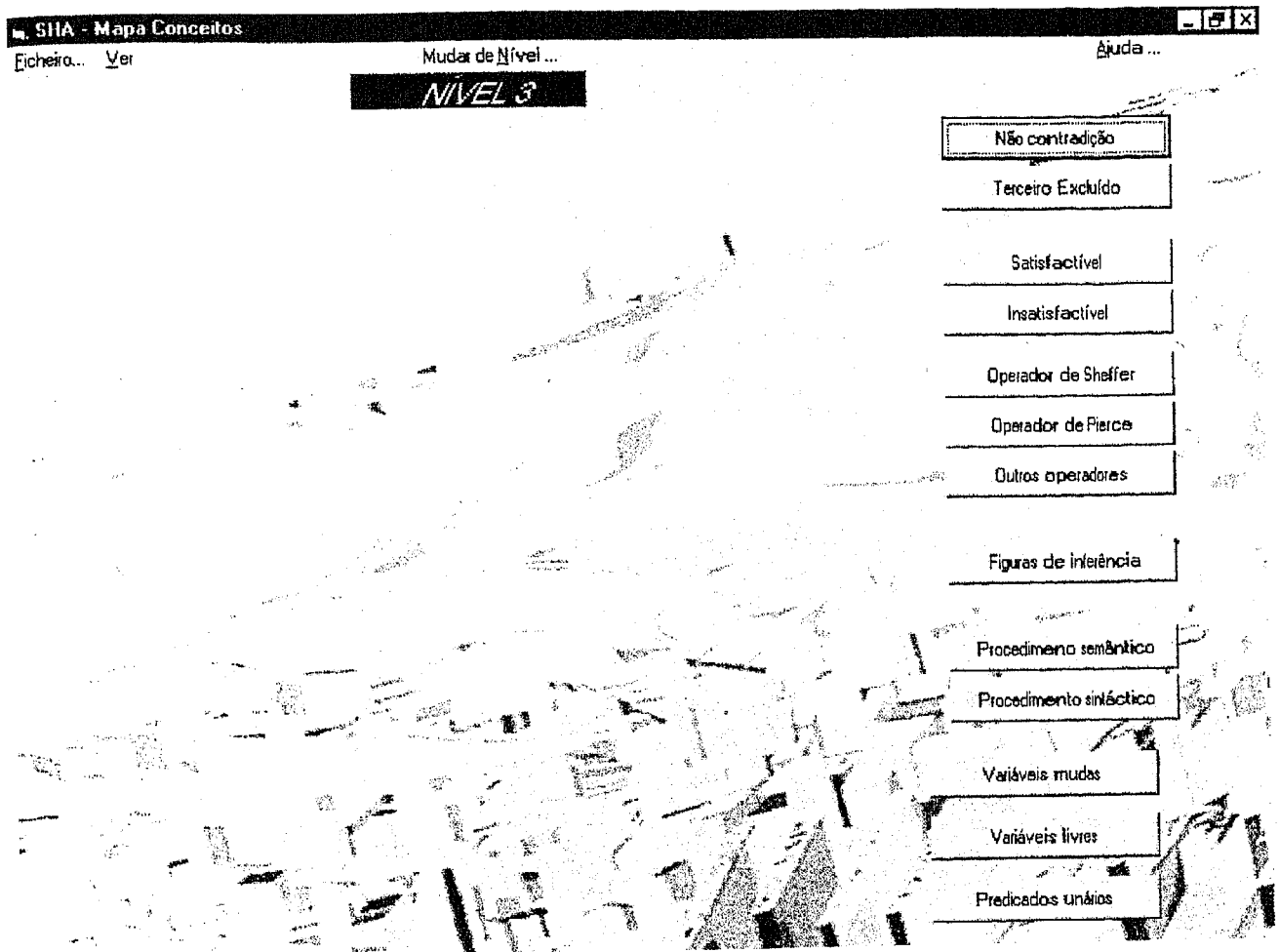


Figura 34 – Apresentação do Mapa de Conceitos só com nível 3



Figura 35 – Apresentação do Mapa de Conceitos só com o nível 4

A apresentação do Mapa de Conceitos só com um nível foi conseguida à custa da construção de quatro formulários, cada um com o respectivo nível.

#### 5.4.1.2 – Adaptação do media e formato do Conceito

Como também já foi referido, no Capítulo 4, a aplicação vai apresentar o media e formato do Conceito mais utilizado pelo aprendiz.

Assim, na primeira visita ao conceito aparecerá o formulário de Visita ao Conceito que abrirá sem qualquer media ou formato do Conceito visível (figura 36). O aprendiz terá de optar pelo formato e media que pretende utilizar para visitar o Conceito.

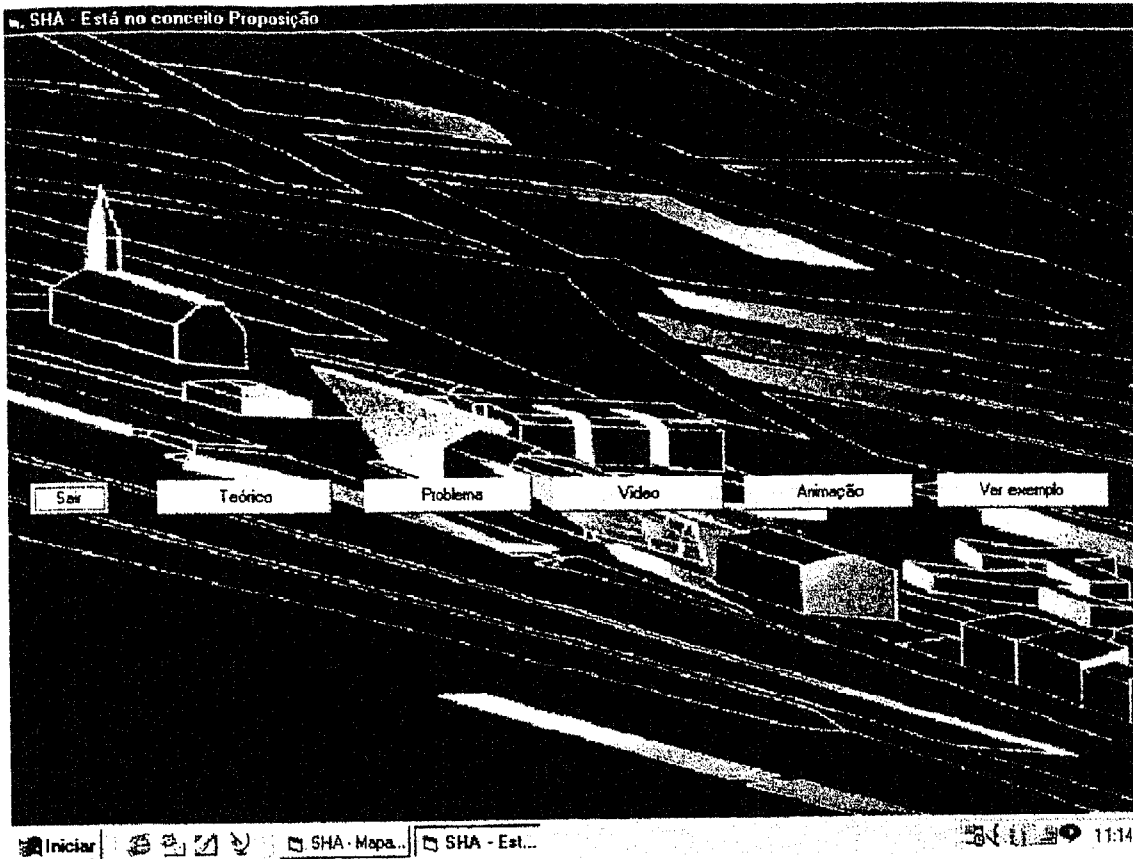


Figura 36 – Janela de visita ao conteúdo sem opção de medi e formato do conceito

Após um determinado número de visitas, é efectuada uma caracterização do aprendiz que determina quer o formato quer o media do conceito mais utilizado pelo aprendiz e, então, a janela do Conceito já se abre com apresentação do Conceito no media e formato caracterizado para o aprendiz. Se já não é a primeira visita a aplicação retira da BD os media e formato com que encerrou a última visita e passa, de imediato, para aqueles tipos de apresentação.

#### 5.4.2 - Anotação das ligações

A anotação das ligações é apresentada ao aprendiz no formulário *frmAntecede* que está representado na figura n.º 37.

Para apoio à navegação do aprendiz é fornecida informação acerca do número de vezes que já consultou o conceito a que conduz esta ligação (no centro da parte superior), dos conceitos que deve consultar antes de avançar para o conceito que se

encontra identificado na barra superior e dos conceitos relacionados aqueles que já visitou.

Face à informação fornecida, o aprendiz, abandona esta janela de duas formas:

- decide aceitar as recomendações do que “Deveria consultar” e ao clique no “Consultar Antecedentes” a janela é fechada e fica no Mapa de Conceitos;
- concretiza a ligação (clique em “Avançar sem antecedentes”) e esta janela é fechada e abre-se a janela de consulta ao conceito no media e formato fornecidos pela caracterização do utilizador.

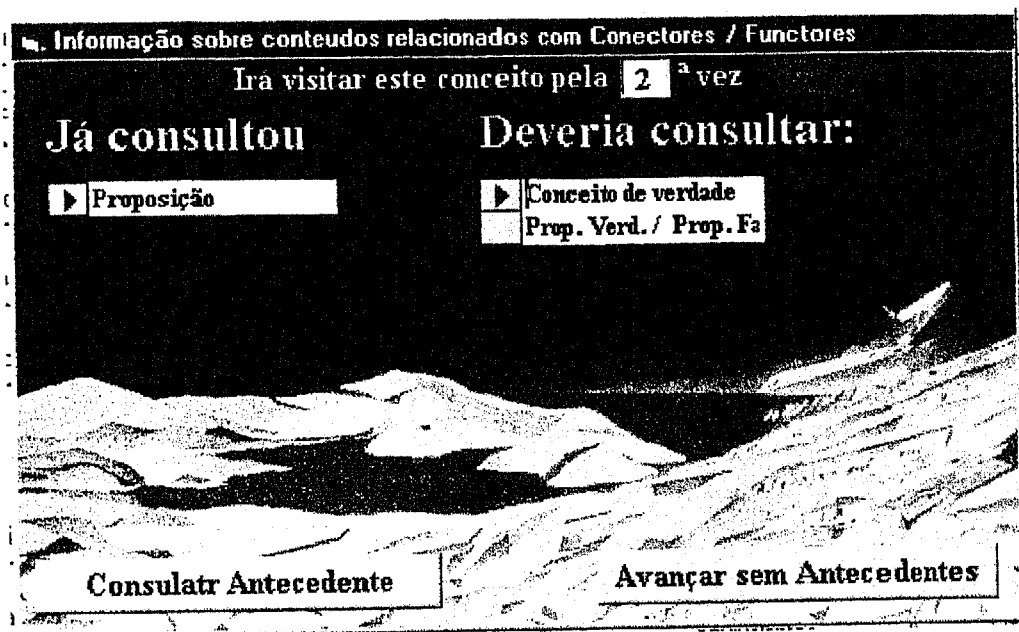


Figura 37 – Formulário de informação sobre conteúdos relacionados

Esta anotação é conseguida através de uma consulta (SQL) às tabelas da BD em que estão registados o percurso do aprendiz (tblPercurso) e os conceitos que precedem o que pretende visitar (tblAntecedentes). Do lado esquerdo aparece o resultado da consulta (identificação de conceitos) que verificam as condições de antecederem o actual e já foram visitados (são os conceitos que aparecem simultaneamente nas duas tabelas). Do lado direito aparece o resultado da consulta (identificação de conceitos) que verifica a condição de ser antecedente do conceito actual (são os conceitos que só aparecem nos registos da tabela dos antecedentes).

## 5.5 - A CARACTERIZAÇÃO DO APRENDIZ

Esta secção da aplicação não tem qualquer formulário para comunicação com o aprendiz. No entanto é a secção que permite controlar a adaptabilidade da apresentação.

Para que se possa efectuar a caracterização do utilizador, conforme referido no capítulo 4, é necessário classificar os conteúdos (como é descrito em “Os Conteúdos”, neste capítulo), é necessário efectuar os registos, na BD, dos conceitos consultados (com indicação do nível hierárquico e dos media e formato utilizados nessa consulta) e da data da consulta. Criou-se a tabela *tblPercurso* para concretizar aqueles registos.

A data da consulta vai servir para, após a primeira vista, o Mapa de Conceitos aparecer com o nível já determinado em consultas anteriores e para a consulta a um conceito ser feita no formato e nível já determinados na última sessão. Criou-se a *tblMediaForma* para guardar estes registos.

Apresentam-se agora os campos criados em cada um daquelas tabelas.

A tabela identificada por *tblMediaForma*, que serve para registar a situação no final da última utilização, é constituída por quatro campos cujo conteúdo a seguir se descreve (a identificação dos campos está entre parêntesis):

- **Data da última visita** (Data\_U\_V) – onde será registada a data da última utilização da aplicação;
- **Media** mais utilizado até à última visita (Media) – onde será registado o media mais utilizado, na consulta aos conceitos, até à última utilização da aplicação;
- **Formato** (Formato) – efectua a mesma operação, relativa aos formatos dos conceitos, indicada na alínea anterior;
- **Nível** (Nível) - onde se encontrava quando terminou a última utilização.

A tabela identificada por *tblPercurso*, que serve para registar todas as visitas a Conceitos por parte do aprendiz, é constituída por cinco campos cujo conteúdo a seguir se descreve (a identificação dos campos está entre parêntesis):

- **Conceito visitado** (Conceito) – regista a identificação do conceito visitado;
- **Tempo consumido na visita** (Tempo\_Visita) – regista o tempo consumido para o media/formato indicado no campo Media ou no Campo Formato;
- **Media utilizado** (Media) – regista os media utilizados para visita ao conceito (texto, áudio, vídeo, gráfico estático ou animado);



- **Formato utilizado** (Formato) – regista os formatos utilizados para visita ao conceito (teórico, exercícios, etc.);

- **Data da visita** (Data) – regista a data da visita para, posteriormente, se tornar possível a ordenação por data.

Ao fim de um determinado número de consultas efectua-se uma consulta às tabelas (JOIN) que registam o Percurso e o Nível para se determinar a que nível corresponde o COUNT mais elevado. Caso haja empate permite-se outra visita até desempatar. O valor do nível encontrado determina qual o nível hierárquico dos conceitos que vão estar acessíveis ao aprendiz.

É de realçar que o aprendiz pode, em qualquer instante mudar de nível através do menu “Mudar de nível” que aparece na parte superior do formulário do Mapa de Conceitos.

Para a caracterização quanto ao nível e formato dos conceitos consulta-se a tabela que tem o Percurso e, para cada media (formato), calcula-se o somatório dos tempos consumidos. Escolhe-se o media e formato para os quais aqueles valores são máximos. Caso haja empate calculam-se a média (AVG) dos tempos consumidos e escolhe-se o media e formato para os quais aquele valor é máximo. Caso haja empate efectua-se nova consulta e volta-se a efectuar o mesmo procedimento até a que haja desempate.

É pouco provável que o empate se prolongue por demasiadas visitas mas, a acontecer também não é grave, quando muito pode-se estar na presença de um aprendiz que visita vários media e formatos do conceito flexibilizando assim a sua abordagem.

## **5.6 - A BASE DE DADOS**

### **5.6.1 - Opção da DBMS**

A Base de Dados é uma das bases da aplicação que se desenvolve a partir de exaustivas consultas, através da linguagem SQL, às tabelas da BD para adaptação da apresentação e da anotação das ligações.

No caso concreto optou-se pelo MicrosoftAccess por ser uma DBMS que é do conhecimento de grande parte do público a quem se destina a aplicação desenvolvida e também por estar disponibilizada em grande parte dos MicrosoftOffice que são distribuídos junto com os computadores que têm Microsoft Windows instalado.

Trata-se de uma BD Relacional, isto é os dados estão guardados em várias tabelas que estão relacionadas entre si pelos campos-chave, e que contém não só essa informação mas também as relações entre essas tabelas.

### 5.6.2 - Organização da BD

Já foram indicadas quais as tabelas que é necessário criar. Tendo em conta o aprendiz e os conceitos foram agrupadas da forma indicada na tabela .

**Tabela 7** – Tabelas da BD e indicação da informação relativas ao aprendiz e conteúdos

<b>Tabelas</b>	<b>Respeitantes a:</b>
<i>TblPercurso</i> <i>TblConteudoAprendiz</i> <i>TblMediaForma</i>	Aprendiz
<i>TblConceitos</i> <i>TblPrecedencias</i>	Conteúdos

Apresentam-se agora os diferentes campos das diferentes tabelas com indicação dos campos-chave (a cinza claro) que permitem relacioná-las (figura 38).

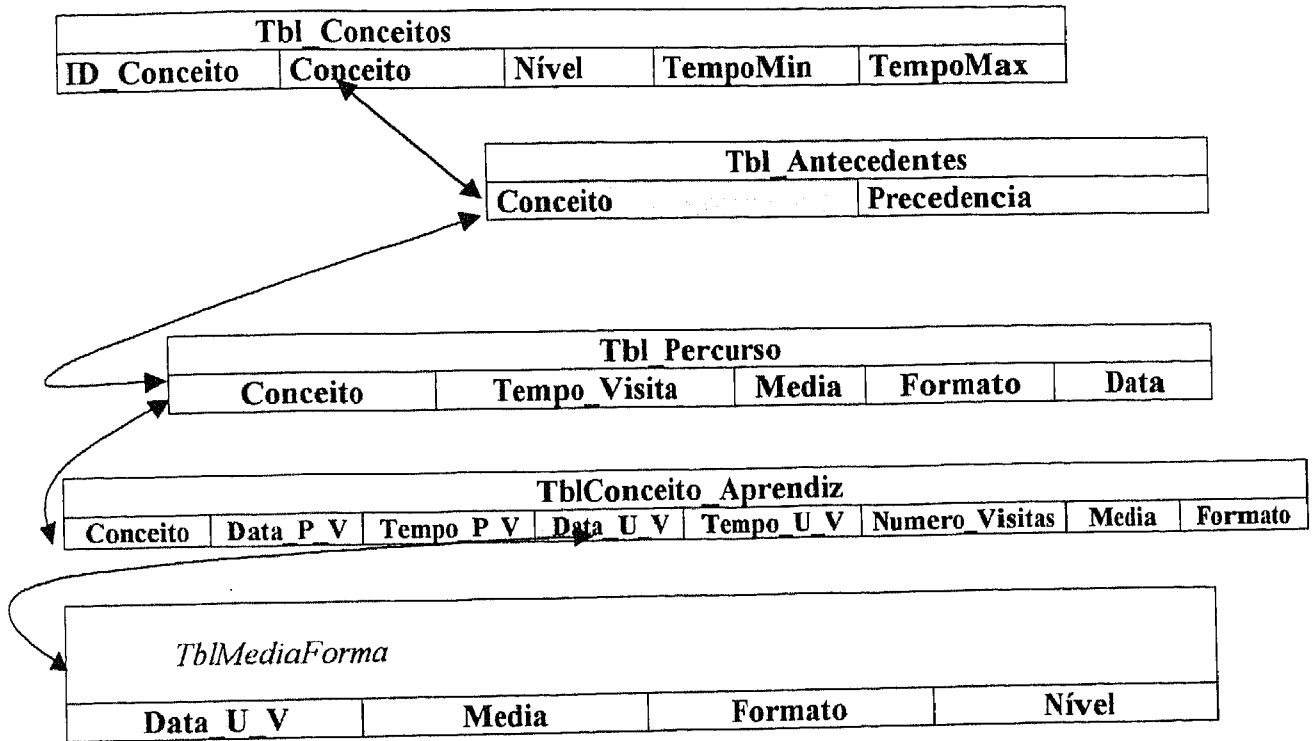


Figura 38 – Esquema das tabelas da BD e relações entre os seus campos

A estrutura da BD pode ser resumida na tabela 8.

Tabela 8 – Estrutura da BD

Tabelas		Campos									
Descrição	Cadastro das visitas efectuadas, pelo aprendiz	Identificação do Conceito	Data Primeira visita	Tempo consumido na primeira visita	Data da última visita	Tempo consumido na última visita	Número de visitas já efectuadas	Media mais utilizada até última visita	Formato mais utilizado até última visita		
Identificação	TblConceito_Aprendiz	Conceito	Data_P_V	Tempo_P_V	Data_U_V	Tempo_U_V	Numero_Visitas	Media	Nível	Formato	
Descrição	Informações até última visita, por visita	Data da última visita		Media mais utilizado até última visita		Formato mais utilizado até última visita			Nível hierárquico em que terminou a última visita		
Identificação	TblMediaForma	Data_U_V		Media		Formato			Nível		
Descrição	Cadastro de todo o percurso efectuado pelo aprendiz	Identificação do conceito		Tempo consumido na visita ao conceito		Media utilizado		Formato utilizado		Data da visita	
Identificação	Tbl Percurso	Conceito		Tempo Visita		Media		Formato		Data	
<b>Relativas aos Conceitos</b>											
Descrição	Identificação dos Conceitos	Identificação numérica do conceito	Identificação do Conceito	Nível hierárquico	Tempo mínimo necessário para visitar conceito	Tempo máximo necessário para visitar conceito					
Identificação	Tbl Conceitos	ID Conceito	Conceito	Nível	TempoMin	TempoMax					
Descrição	Relação entre os Conceitos	Identificação do Conceito				Antecedente(s) do Conceito que com aquele está relacionado					
Identificação	Tbl Antecedentes	Conceito				Precedencia					

### 5.6.3 - Consulta da BD

Como o DBMS é o MSAccess, a consulta pode ser feita utilizando as facilidades do MSAccess em termos de relatórios e organização de consultas (query). Mas também se pode efectuar uma consulta à BD através da aplicação.

Esta consulta desencadeia-se a partir do menu “Ver Relatório...”. Existem várias opções que são apresentadas na figura 39 e que possibilitam várias combinações.

Figura 39 – Caixa de opções que surge após opção “Ver Relatório ...”



Se a opção incluir “ver” será utilizado o formulário de consulta da BD cujas opções e concretização se descrevem a seguir.

Para a concretização desta consulta utilizaram-se os controlos Data disponibilizados pelo Visual Basic. Os dois controlos Data utilizados foram ligados à BD e utilizando os “Microsoft Data Bound Grid Controls” e os “Microsoft Data Bound List Controls” obtiveram-se a caixa de listagens, do lado esquerdo, e a visualização dos registos, do lado direito, da Tabela seleccionada no lado esquerdo. Foram acrescentados botões, na parte inferior, que permitem definir os critérios de ordenação. O formulário, com a respectiva imagem de fundo pode ser observado na figura 40. Esta figura reproduz uma consulta à tabela Percurso. Repare-se que existem barras de deslocamento horizontal e vertical na janela de visualização dos registos, permitindo assim a

visualização de todos os registos. A barra que se encontra na parte inferior direita permite a deslocação ao longo das linhas da tabela. A um clique numa das tabelas da janela do lado esquerdo, passam-se a visualizar os respectivos registos, na janela da direita.

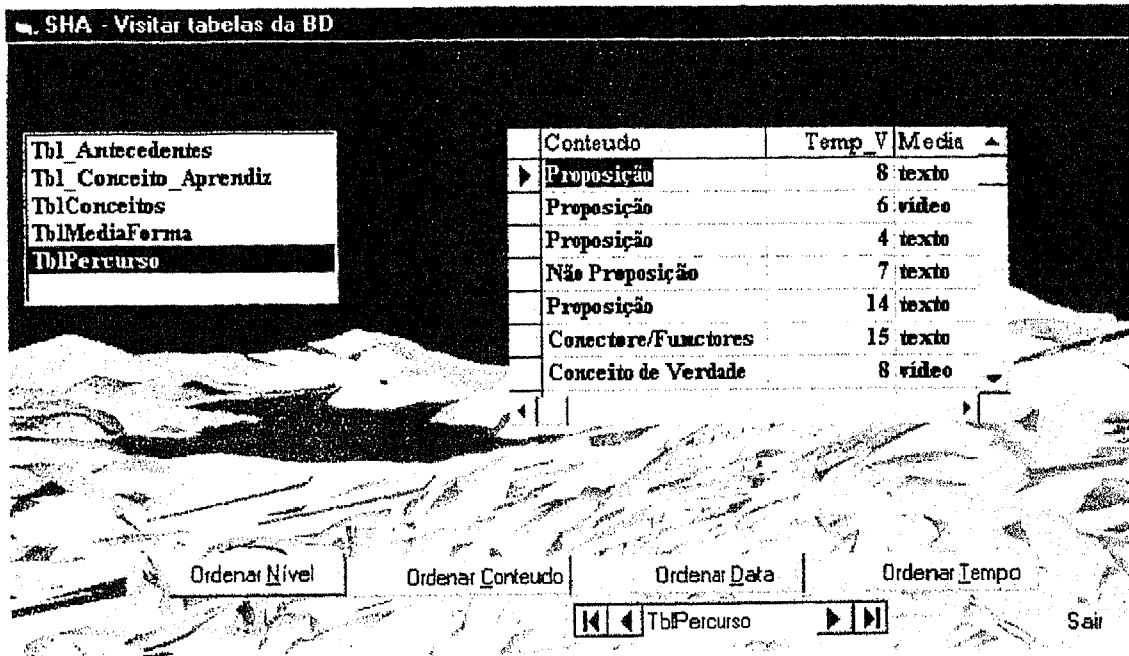


Figura 40 – Visita à tabela Percurso da BD

Para abandonar a janela só existe uma possibilidade que é o botão sair. Assim quando o aprendiz a abandonar seguramente que é fechada.

## 5.7 – EVENTOS DESENCADEADOS PELO APRENDIZ

Por último refere-se a forma como o aprendiz interage com o programa (tabela 9). Optou-se por agrupar, numa tabela, a descrição das acções e os respectivos eventos. Descrevem-se quais os módulos que tratam esses eventos e a forma como se efectuam as consultas, podendo algum código ser visto no Anexo B.

**Tabela 9** – Tabela dos eventos desencadeados pelo utilizador e seu tratamento pela aplicação

Acção do aprendiz	Acção do programa	Rotinas e formulários	Formulários
Clica no Conceito	- procurar na TblAntecedentes BD, quais são os antecedentes daquele conteúdo; - verificar na TblPercurso quais os que já foram visitados informar quais os conceitos relacionados com o que pretende visitar e quais os que já visitou indicar o valor do campo Numero Visitas + 1 da TblConceito_Aprendiz; - torna invisível o frmAntecede	mdlVerifica_Antecede	frmMapaCoi frmAntecede
Clica em “ver Antecedentes”	- inicia a contagem do tempo abrir formulário com as quadros: formato predominante (visível) restantes formatos (invisível) media predominante (visível) restantes media (invisível) todos os botões visíveis		frmConceito
Clica em “Ver Conceito”			
Clica em “Ver exemplo” “Ver vídeo” “Ver animação”	finalizar a contagem do tempo e calcular o tempo consumido no conceito; inscrir na TblPercurso - no campo Conceito o Conceito X - no campo Media o media utilizado - no campo Formato o formato utilizado - no campo Tempo_V_C o tempo total consumido na visita ao Conceito X - no campo Data_V_C a data da visita que será a data do sistema	mdlConta_Tempo mdlInscri_na_BD	
Clique em “Sair”	Além de todas as operações anteriores torna invisível o formulário frmConceito - Actualizar TblMediaForma Campo Data_U_V = Data actual Campo Media = máximo número de ocorrências de um dado media da TblPercurso do campo Media Campo Formato = máximo número de ocorrências de um dado formato da TblPercurso do campo Formato Actualizar a TblConceito_Aprendiz Se Data_PV é nulo, Então Data_P_V é igual à data actual Tempo_P_V é o somatório dos tempos do campo Tempo_Visita Numero_Visitas = 1 Para cada Conceito diferente que aparece no campo Conceito da TblPercurso é determinado o valor do campo:		frmConceito frmMapaCoi mdlFechar_ε

Acção do aprendiz	Acção do programa	Rotinas e formulários	Formulários
	<p>Acção do programa</p> <p>Media = Conta o número de ocorrências para cada media e escolhe o valor máximo</p> <p>Formato = Conta o número de ocorrências para cada media e escolhe o valor máximo</p> <p>senão</p> <p>Tempo_U_V = somatório dos tempos do campo da TblPercurso em que Data = Data actual</p> <p>Data_U_V = Data actual</p> <p>Numero_visitas = valor do campo + 1</p> <p>Media = para cada Conceito do campo Conceito da TblPercurso conta o número de ocorrências do campo Media e escolhe aquele que tem um valor máximo</p> <p>Formato = para cada Conceito do campo Conceito da TblPercurso conta o número de ocorrências do campo Formato e escolhe aquele que tem um valor máximo</p> <p>Actualizar TblMediaForma</p> <p>Fecha a BD</p> <p>Termina a execução do programa.</p>		



Como resumo, pode-se afirmar que o aprendiz navega no Mapa de Conceitos através da escolha do conceito que quer visitar. Quando comunica a decisão à aplicação (através de clique no botão esquerdo do rato) esta fornece-lhe indicações sobre o conceito que pretende visitar, através da indicação dos pré-requisitos do conceito, consulta à BD da tabela Antecedentes, e destes quais os que visitou, consulta às tabelas percurso e Antecedentes com critério que a seguir se apresenta:

Para os que já consultou

```
"SELECT DISTINCTROW TblPrecedencias.Precedencia
FROM [ConteudoUtilizador], TblPrecedencias
WHERE (TblPrecedencias.Conteudo = ' ' & strAntecedentesde & ' ' )
AND [ConteudoUtilizador].Conteudo=TblPrecedencias.Precedencia"
```

Para os que deveria consultar:

```
"SELECT DISTINCTROW [TblPrecedencias].[Precedencia]
FROM TblPrecedencias LEFT JOIN [ConteudoUtilizador]
ON [TblPrecedencias].[Precedencia] =
[ConteudoUtilizador].[Conteudo] WHERE (([ConteudoUtilizador].[Conteudo]
Is Null)
AND [TblPrecedencias].[Conteudo] = ' ' & strAntecedentesde & ' ');"
```

O aprendiz decide se pretende abandonar a ligação através de “Consultar antecedentes” ou se antes pretende passar ao conceito sem todos os pré-requisitos (“Avançar sem Antecedentes”).

Aqui é feita uma consulta à tabela percurso e, para o conceito que o aprendiz pretende consultar, conta-se (COUNT) o número de ocorrências para um dado media escolhendo-se esse media para a apresentação e efectua-se uma operação semelhante para o formato. Também se efectua uma consulta para determinar o nível de conceitos mais visitado através de uma consulta às tabelas Conceitos, ao campo nível, efectuando-se uma contagem para os diferentes níveis e escolhendo o valor mais elevado . Obtém-se assim a adaptação do Mapa de Conceitos ao nível do aprendiz.

Cada abandono, por parte do aprendiz, de um formato ou media do conceito origina uma actualização da tabela Percurso, registando-se o Conceito, o media com o tempo gasto, o formato e o tempo gasto e a data da visita.

Até aqui descreveram-se as operações rotineiras efectuadas pela aplicação.

Há uma operação que se realiza sempre que o aprendiz sai da aplicação. Esta operação consiste na actualização das tabelas Conceito/Aprendiz e Media/Forma .

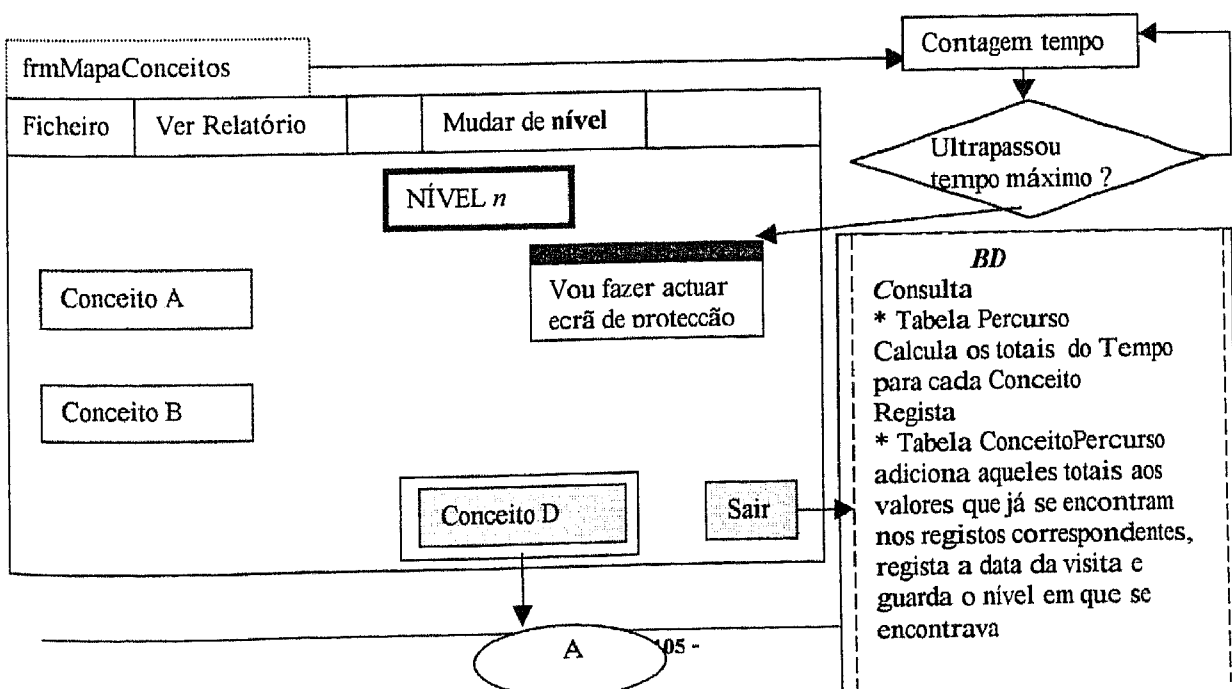
Para a actualização da tabela MediaForma efectua-se uma contagem das ocorrências de cada nível, media e formato e ao valor máximo de cada tipo é acrescentada nova linha, na tabela, com indicação do nível, media e formato que obtiveram os valores máximos, para além da data que é o primeiro registo da linha.

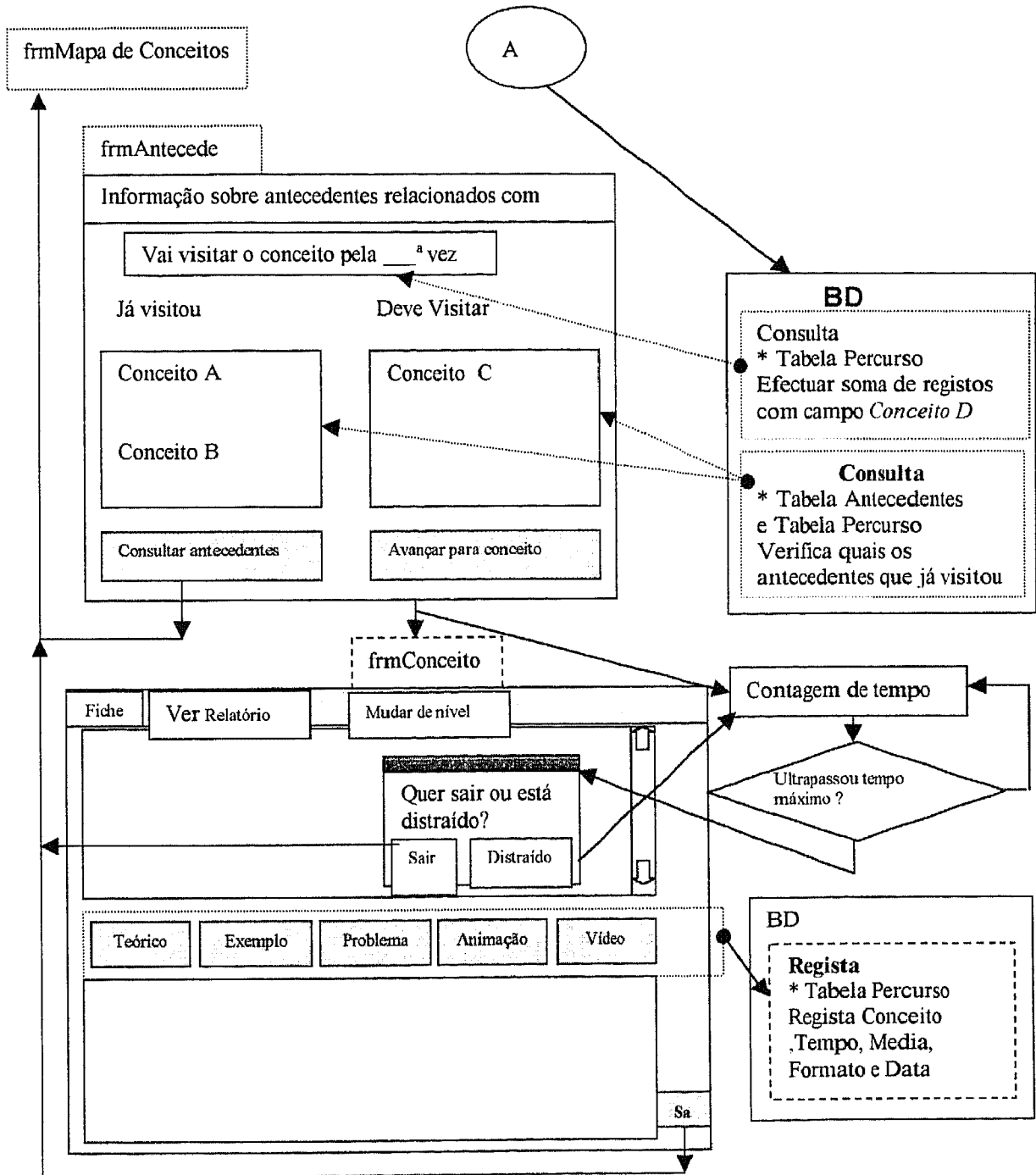
Para a actualização da tabela Conceito\_Aprendiz efectua-se o somatório dos tempos consumidos em cada conceito (independentemente do nível, formato e media) e acrescenta-se uma linha à tabela registando-se o conceito, a data, o somatório obtido e o número de visitas efectuadas que é igual ao valor do campo anterior adicionado de uma unidade.

A seguir apresenta-se o fluxograma da aplicação que traduz, esquematicamente o que foi referido neste item.

## 5.8 – FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO

De uma forma gráfica resume-se a tabela anterior no esquema que se segue. Nos quadros da esquerda estão representados os formulários onde se desencadeiam os eventos. Nos quadros da direita estão descritas as operações de consulta e registo que se efectuam nas tabelas indicadas.





## Capítulo 6 - Conclusões e recomendações finais

---

### 6.1 - CONCLUSÕES

O trabalho realizado consistiu na implementação de uma aplicação local a ser explorada individualmente por um determinado aprendiz, tendo existido a preocupação de situar a aplicação em termos de aprendizagem suportando as opções em Teorias da Psicologia Educacional.

Tentou-se desenvolver a aplicação num ambiente Hipermédia relativamente recente e pouco conhecido no nosso País. Estamos a falar num SHA.

A adaptação conseguida foi a permitida pelo tempo e recursos disponíveis e pelo trabalho individual pois não envolveu equipas multidisciplinares como inicialmente se chegou a pensar.

Pensou-se também, inicialmente, criar uma aplicação para vários utilizadores mas acabou por se implementar para um utilizador único, embora no protótipo ainda exista o módulo que permite abrir tabelas diferentes para utilizadores diferentes sendo assim fácil contemplar esta situação.

A investigação realizada para o desenvolvimento mostrou-se bastante enriquecedora e permitiu uma reflexão sobre as práticas de construção de aplicações multimédia e as práticas de ensino-aprendizagem permitiu contextualizar e explicar opções de métodos e estilos utilizados na elaboração de currícula ou planificação de aulas, por exemplo, bastante importante para quem tem as tarefas de ensinar e de promover a aprendizagem.

A investigação que suportou a elaboração do Capítulo 3 também conduziu a uma área dos sistemas hipermédia pouco conhecida em Portugal mas cuja aplicação parece bastante prometedora em termos de Educação pela possibilidade de os ambientes hipermédia conseguirem uma individualização do processo de ensino - aprendizagem

que se traduza numa flexibilização das estruturas possibilitando a adaptação da estrutura cognitiva do indivíduo às situações concretas de aplicação de conhecimentos.

Ao projectar-se a aplicação foi necessário uma selecção criteriosa dos objectivos que se pretendiam atingir mas a sua implementação obrigou a reformular parte deles atendendo às limitações de tempo e recursos já referidos.

Uma das limitações desta aplicação é a que o Mapa de Conceitos tem que se basear nos conceitos que o Editor/Professor considerou fundamentais, os nós, para a estrutura do conhecimento do domínio considerado. Já o mesmo não acontece às relações entre eles que podem ser alteradas.

O Mapa de Conceitos foi guardado em duas tabelas da BD que ficam agora acessíveis pelos aplicativos utilizados pelo MSOffice. Esta circunstância aumenta as potencialidades da aplicação pois é permitida a edição destas tabelas exteriormente à aplicação e é possível o seu tratamento estatístico em termos de estudo do percurso e caracterização de estereotipos de aprendizes que utilizam o programa. O Professor/Editor tem a possibilidade de obter informação sobre o interesse despertado por certos media ou formatos utilizados. Pode inclusive obter um perfil, quanto àquelas características, do aprendiz.

A implementação foi mais difícil do que inicialmente parecia porque acabou por se centrar em consultas intensivas à BD e conseqüentemente nos critérios utilizados. Houve necessidade de uma aprendizagem da linguagem SQL. Também foi necessário carregar muitos acessórios do MSAccess que normalmente não acompanham as versões “domésticas”. Houve uma aprendizagem prévia, o que implicou alguma demora na execução da aplicação. Com esta implementação também se procurava detectar as rotinas das operações envolvidas e agrupá-las em módulos porque assim podiam-se criar os alicerces para uma aplicação que se pudesse adaptar a qualquer domínio de conhecimento.

Os erros no código e as mensagens do computador, acerca deles, levaram a situações desesperantes que se resolviam, normalmente, com a eliminação ou introdução dumas aspas ou de uma vírgula.

Mas, apesar de tudo conseguiu-se implementar a anotação dos nós, a adaptação da apresentação, embora de uma forma um pouco artesanal (no respeitante ao Mapa de Conceitos), e uma BD que permite classificar o tipo de utilizador.

Faltou tempo para efectuar testes que permitissem determinar os tempo-padrão para cada media e formato dos conceitos.

## 6.2 – PERSPECTIVAS FUTURAS

É caso para referir que “enquanto o homem sonha, o Mundo pula e avança”?

Aqui estaria tudo o que não se conseguiu implementar.

Será fácil permitir que o aprendiz reorganize a rede dos conceitos (relações entre eles) não permitindo, no entanto, que introduza novos conceitos que considere nucleares. É uma situação que poderá ser remediada com a criação de uma matriz que identifique os botões dos conceitos não pelo seu nome mas, por exemplo, por um conjunto de coordenadas (n.º conceito, nível hierárquico) permitindo-se assim uma manipulação mais fácil na ocultação ou na visibilidade de determinados botões que foi, neste trabalho, conseguida com a criação de formulários para os diferentes níveis.

Aliás, já aparecem, na BD, os conceitos identificados por um número para permitir a passagem a esta fase de desenvolvimento.

A implementação baseou-se num conteúdo específico mas seria interessante, depois de devidamente testada, criar uma aplicação que:

- suportasse qualquer conteúdo permitindo que o Editor/Professor construísse o Mapa de Conceitos:
  - o segundo o princípio utilizado (definindo para cada conceito o respectivo nível hierárquico e precedências entre conceitos);
  - o ou utilizando um método gráfico, representando as caixas dos conceitos e respectivas ligações que seriam assim definidas e posteriormente guardadas em BD;
- suportasse a possibilidade de ser localizada num servidor e acedida através da Internet, permitindo uma acesso remoto e uma actualização também remota;
- possibilitasse, para além da caracterização efectuada, a utilização de outras técnicas com a definição de estereótipos a partir da experiência que se fosse adquirindo com a utilização do protótipo.

## BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

Alexander, Shirley (1996), *Teaching and Learning on the World Wide Web*, Institute for Interactive Multimedia, University of Technology, Sidney, Australia

Arends Richard L. (1995), *Aprender a Ensinar*, Editora McGraw Hill de Portugal Lda, Lisboa, Portugal

Bertrand, Yves (1991), *Teorias Contemporâneas da Educação*, Coleção Horizontes Pedagógicos, Publicações Instituto Piaget, Lisboa, Portugal

Brusilovsky, Peter (1996), Adaptive hypermedia: na attempt to analyse and generalize, in: *Multimedia, Hypermedia and Virtual Reality*, pp 288-304, Springer-Verlag, Berlim

Chris Pilgrim & Mike Creek (1993), *Affordable Interactive Multimedia Learning System*, comunicação apresentada no ASCILITE'96, Austrália (<http://www.ascilite.org.au/smtu/ascilite95/papers/pilgrim.pdf>)

Dalgarno, Barney (1996, b) , *Tools for Authoring Constructivist Computer Assisted Learning Resources: A Review*, ASCILITE'98, Camberra, Australia

Dalgrano, Barney (1996, a), *Constructivist Computer Assisted Learning: Theory and Techniques*, ASCILITE'96, Australia

Dias, Paulo, Gomes, M. João e Correia, Ana P. S. (1998), *Hipermedia e Educação*, Edições Casa do Professor, Braga, Portugal

Eidahl, Loren (1997), *Visual Basic 5 Special Edition*, QUE, Macmillan Publishing USA)

Eklund, John e Schwartz, Elmar (1998) *A Study of Adaptive Link Annotation in Educacional Hypermedia*, comunicação apresentada EdMedia98, Junho 1998, Friburg, Alemanha

Eklund, John e Zeiliger, Romain (1996), *Navigation de Web: Possibilities and Practicalities for Adaptive Navigational Support*, Proceedings of AusWeb96, pp 73-80, Southern Cross University Press 1996 Austrália

Eklund, John, Brusilovsky, Peter e Schwartz, Elmar (1997), *Adaptive Textbooks on the World Wide Web*, AusWeb97, Lismore, Australia

Fluckiger, François (1995), *Understanding Networked Multimedia, applications and technology*, Prentice Hall International (UK) Ld, London, Great Britain

Fosnot, Catherine T., (1999), *Construtivismo e Educação*, Coleção Horizontes Pedagógicos, Instituto Piaget, Lisboa, Portugal

Gratto, S. Karen (1997), *Toward Combining Programmed Instruction and Constructivism for Tutorial Design*, comunicação ao ASCILITE'96, Australia

Jonassen, David, Duffy T., Lowyck J., (1993), *Designing Constructivist Learning Environements*, Heidelberg, FRG: Springer-Verlag

Kennedy, David M. (1995), *Sudents' prior knowledge: a pragmatic constructivist view of instructional design of interactive multimedia*, comunicação apresentada ao ASCILITE'95, Australia

Koy, Kong Aw (1997), *Computer Aid Thinking*, 7th International Conference on Thinking, Singapura

Mayes, Terry, Kibby, Mike e Anderson, Tony (1994), *Learning about learning from hypertext*, Universidade de Stratchlyde, Glasgow, Escócia



Melton J. & Simon R., (1993), *Understanding the new SQL*, Morgan Kaufmann Publishers inc., San Francisco, USA

Moreira, Marco A. e Buchweitz B. (1993), *Novas estratégias de ensino aprendizagem*, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, Portugal

Nielsen, Jakob (1995, a), *Multimedia and Hypertext: The Internet and Beyond*, AP Professional, Boston, MA

Novak, Joseph D. e Gowin, D. Bob (1996), *Aprender a aprender*, Plátano Edições Técnicas, Lisboa

Ontoria A., Ballesteros A., Cuevas C., Giraldo L., Gómez J., Matin L., Molina A., Rodriguez A. e Velez U. (1994), *Mapas Conceptuais – Uma técnica para aprender*, Colecção Perspectivas Actuais da Educação, Edições ASA, Porto, Portugal

Réhaume, Jacques (1997), *Les Hypertextes et les Hypermedia*, artigo on-line, Universidade de Laval

Spiro, Rand J., Feltovich, Paul J. e Coulson, Richard L. (1995), *Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge*

*Acquisition in Ill-Structured Domains*, Institute for Learning Technologies, ILTWEB.

Spiro, Rand J., Feltovich, Paul J. e Coulson, Richard L. (1995), *Cognitive Flexibility Theory*, artigo on-line

Sprinthall, Norman & Richard (1994), *Psicologia Educacional – Uma abordagem desenvolvimentalista*, tradução portuguesa, Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda, Lisboa, Portugal

URL 1 : [http://www.uib.no/People/sinia/CSCL/web\\_struktur-4.htm](http://www.uib.no/People/sinia/CSCL/web_struktur-4.htm)

URL 2: <http://osiris.sund.ac.uk/~cs0mas>

URL 3: <http://wwwis.win.tue.nl/ah/publications.html>

## Anexo A - Código

```

Option Explicit
Private Sub Form_Load()
Dim dbname As String
Dim db As Database
Dim qdef As QueryDef
Dim td As TableDef

' Abrir BD.
'dbname = App.Path
'If Right$(dbname, 1) <> "\" Then dbname = dbname & "\"
dbname = "D:\MapaConceptualVB\BD_MapadeConceitos.mdb"
Set db = OpenDatabase(dbname)

' Listagem do nome das tabelas.
For Each td In db.TableDefs
    If Left$(td.Name, 4) <> "MSys" Then _
        List1.AddItem td.Name
Next td

db.Close

Datal.DatabaseName = dbname
End Sub

' Abrir as tabelas seleccionadas.
Private Sub List1_Click()
Dim table_name As String
Dim sql As String

    table_name = List1.List(List1.ListIndex)
    sql = "SELECT * FROM " & table_name

    Datal.Caption = table_name
    Datal.RecordSource = sql
    Datal.Refresh

    Datal.Visible = True
    DBGGrid1.Visible = True
End Sub

Option Explicit
Dim wsBD As Workspace, dbBD As Database
Dim dbName As Database
Dim rstBDPercurso As Recordset
Dim rstBDContUtil As Recordset
Dim intCalculoTempo As Integer
Dim db As String

Public Sub Inserir_Visita_na_BD(strBotão As String, intTempo As
Integer)

'INSERIR DADOS

```

```
Set wsBD = DBEngine.Workspaces(0)
db = "D:\MapaConceptualVB\BDMapa_de_Conceitos.mdb"
Set dbBD = wsBD.OpenDatabase(db)

Set rstBDPercurso = dbBD.OpenRecordset("Percurso", dbOpenTable)
Set rstBDContUtil = dbBD.OpenRecordset("ConteudoUtilizador",
dbOpenTable)
wsBD.BeginTrans

rstBDPercurso.AddNew
rstBDPercurso("Conteudo") = strBotão      'Aqui conteudo a
visitar
rstBDPercurso("TempoVisita") = intTempo    'Sendo o tempo
final de visita ao conteúdo
rstBDPercurso.Update
wsBD.CommitTrans
rstBDPercurso.Close

wsBD.BeginTrans

rstBDContUtil.AddNew
rstBDContUtil("Conteudo") = strBotão
rstBDContUtil("TempoPV") = intTempo
rstBDContUtil("DataPV") = Date
rstBDContUtil.Update

wsBD.CommitTrans

rstBDContUtil.Close
dbBD.Close

End Sub

Public Sub mdlAdaptaMapa(intNível As Integer)

Me.Unload
Select Case intNível
Case 1
Me.Unload
Load frmMapaConceito1
Case 2
Me.Unload
Load frmMapaConceito2
Case 3
Me.Unload
Load frmMapaConceito3
Case 4
Me.Unload
Load frmMapaConceito4

End Sub

Option Explicit
Public tmrTempoInicial

Public Sub mdlVerconteudo(strConteudo As String)

tmrTempoInicial = Second(Time)

fomVerConteudo.Visible = True
```

```

        fomVerConteudo.Caption = "SHA - Está no conceito " &
strConteudo
        fomVerConteudo.frmConteudo.Visible = True
        fomVerConteudo.frmExemplo.Visible = False
        fomVerConteudo.wbrConteudo.Navigate
"D:\MapaConceptualVB\Textos\" & strConteudo & ".htm"
    End Sub

    Option Explicit

    Public Sub mdlVerExemplo(strExemplo As String)

        fomVerConteudo.frmConteudo.Visible = False
        fomVerConteudo.frmExemplo.Visible = True
        fomVerConteudo.wbrExemplo.Navigate
"D:\MapaConceptualVB\Textos\" & strExemplo & ".htm"

    End Sub

    Option Explicit
    Dim bdNome As String
    Dim qdef1 As String
    Dim qdef2 As String
    Public strConteudoAnalisar As String

    Public Sub Verificar_PrecendenciaBD(strAntecedentesde As String,
BD As String)

        strConteudoAnalisar = strAntecedentesde

        bdNome = BD
        frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.DatabaseName = bdNome
        frmAntecedentesBDv3.dataConsultar.DatabaseName = bdNome

        qdef1 = "SELECT DISTINCTROW TblPrecedencias.Precendencia From
[ConteudoUtilizador], TblPrecedencias WHERE (TblPrecedencias.Conteudo
= '" & strAntecedentesde & "' ) And
[ConteudoUtilizador].Conteudo=TblPrecedencias.Precendencia"
        frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.RecordSource = qdef1
        frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.Refresh

        qdef2 = "SELECT DISTINCTROW [TblPrecedencias].[Precendencia]
FROM TblPrecedencias LEFT JOIN [ConteudoUtilizador] ON
[TblPrecedencias].[Precendencia] = [ConteudoUtilizador].[Conteudo]
WHERE ([ConteudoUtilizador].[Conteudo] Is Null) AND
[TblPrecedencias].[Conteudo] = '" & strAntecedentesde & "';"
        frmAntecedentesBDv3.dataConsultar.RecordSource = qdef2
        frmAntecedentesBDv3.dataConsultar.Refresh

        frmAntecedentesBDv3.Caption = "Informação sobre conteudos
relacionados com " & strAntecedentesde
        frmAntecedentesBDv3.Show

    End Sub

    Option Explicit
    Dim bdNome As String
    Dim qdef1 As String
    Dim qdef2 As String
    Public strConteudoAnalisar As String

```

---

```
Public Sub Verificar_PrecendenciaBD(strAntecedentesde As String,
BD As String)
```

```
    strConteudoAnalisar = strAntecedentesde
```

```
    bdNome = BD
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.DatabaseName = bdNome
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datAConsultar.DatabaseName = bdNome
```

```
    qdef1 = "SELECT DISTINCTROW TblPrecedencias.Precendencia From
[ConteudoUtilizador], TblPrecedencias WHERE (TblPrecedencias.Conteudo
= '" & strAntecedentesde & "' ) And
```

```
[ConteudoUtilizador].Conteudo=TblPrecedencias.Precendencia"
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.RecordSource = qdef1
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datJaConsultou.Refresh
```

```
    qdef2 = "SELECT DISTINCTROW [TblPrecedencias].[Precendencia]
FROM TblPrecedencias LEFT JOIN [ConteudoUtilizador] ON
[TblPrecedencias].[Precendencia] = [ConteudoUtilizador].[Conteudo]
WHERE ([ConteudoUtilizador].[Conteudo] Is Null) AND
```

```
[TblPrecedencias].[Conteudo] = '" & strAntecedentesde & "';"
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datAConsultar.RecordSource = qdef2
```

```
    frmAntecedentesBDv3.datAConsultar.Refresh
```

```
    frmAntecedentesBDv3.Caption = "Informação sobre conteudos
relacionados com " & strAntecedentesde
```

```
    frmAntecedentesBDv3.Show
```

```
End Sub
```

```
Option Explicit
```

```
Dim dbName As String
```

```
Dim Botão As String
```

```
Private Sub cmdAvançar_Click()
```

```
    frmAntecedentesBDv3.Hide
```

```
    Call mdlVerconteudo(strConteudoAnalisar)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdConsantecedente_Click()
```

```
    frmAntecedentesBDv3.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    frmAntecedentesBDv3.Show
```

```
End Sub
```

```
Option Explicit
```

```
Dim tmrTempoFinal
```

```
Private intCalculoTempo As Integer
```

```
Private Sub cmdSair_Click()
```

```
    tmrTempoFinal = Second(Time)
```

```
    intCalculoTempo = tmrTempoFinal - tmrTempoInicial
```

```
    Me.Visible = False
```

```
        Call Inserir_Visita_na_BD(strConteudoAnalisar,
intCalculoTempo)

    End Sub

    Private Sub cmdVerExemplo_Click()

        Call mdlVerExemplo(strConteudoAnalisar)

    End Sub

    Private Sub Form_Load()

        Me.frmConteudo.Visible = False
        Me.frmExemplo.Visible = False
    End Sub
```

## Anexo B – Tabelas da BD relativas a conceitos

Tabela de Precedências		Tabela de classificação dos conceitos				
Conteudo	Precedencia	IDCon	Conteudo	Nível	TempoMin	TempoMax
Cálculo Proposicional	Não proposição	1	Conceito de	I		
Cálculo Proposicional	Proposição	2	Não	I		
Cálculo Proposicional	Prop. Verd./Prop. falsa	3	Proposição	I		
Cálculo Proposicional	Conectores / funtores	4	Prop. Verd. /	I		
Cálculo Proposicional	Variáveis Proposicionais	5	Conectores /	I		
Cálculo Proposicional	Formas Proposicionais	6	Variáveis	I		
Conectores / funtores	Conceito de verdade	7	Tautologias	I		
Conectores / funtores	Proposição	8	Formas	I		
Conectores / funtores	Prop. Verd. / Prop. Falsa	9	Cálculo	I		
Figuras de Inferência	Leis básicas inferência	10	Inferência	I		
Formas Proposicionais	Conceito de Verdade	11	Leis lógica	I		
Formas Proposicionais	Proposição	12	Regras de	I		
Formas Proposicionais	Prop. Verd./Prop. falsa	13	Semântica	I		
Formas Proposicionais	Conectores / funtores	14	Interpretação	I		
Inferência lógica	Formas Proposicionais	15	Valores	II		
Insatisfactível	Formas Proposicionais	16	Princípio dos	II		
Interpretação	Semântica	17	Tábuas de	II		
Leis básicas inferência	Regras de Inferência	18	Leis básicas	II		
Leis lógica proposicional	Tautologias	19	Proposições	III		
Não Contradição	Princípio dos dois valore	20	Não	III		
Operador de Pierce	Tábuas de verdade	21	Terceiro	III		
Operador de Shrrffer	Tábuas de verdade	22	Satisfactível	III		
Outros operadores	Tábuas de verdade	23	Insafistactível	III		
Princípio dos dois valore	Prop. Verd./Prop. falsa	24	Operador de	III		
Procedimento semântico	Proposições	25	Operador de	III		
Prop. Verd. / Prop. Falsa	Conceito de Verdade	26	Outros	III		
Prop. Verd. / Prop. Falsa	Proposição	27	Figuras de	III		
Proposição	Conceito de Verdade	28	Procedimento	III		
Proposições	Proposição					
Proposições	Tautologias					
Proposições	Formas Proposicionais					
Proposições	Interpretação					
Regras de Inferência	Leis lógica proposicional					
Satisfactível	Tautologias					
Satisfactível	Formas Proposicionais					
Satisfactível	Cálculo Proposicional					
Tábuas de verdade	Formas Proposicionais					
Terceiro Excluído	Princípio dos dois valore					
Valores lógicos	Conceito de Verdade					
Valores lónicos	Proposição					



## Anexo C - Extractos do Texto de Referência

Para os conteúdos. Extractos mais relevantes.

### CAPÍTULO 0

### INTRODUÇÃO

...

#### 2. ÁREAS DA MATEMÁTICA

A investigação dos fundamentos da Matemática mostrou que os conceitos de *conjunto* e de *aplicação* são hoje básicos para a construção e o desenvolvimento da maior parte das disciplinas matemáticas.

A *Lógica Matemática* formaliza a linguagem em que se formulam *proposições* matemáticas, estabelece regras para inferir de proposições novas proposições, analisa as *formas proposicionais* e desenvolve procedimentos de *demonstração*. Em geral, toda esta actividade se apoia sobre a *lógica dos valores de verdade*.

A *Teoria dos Conjuntos* precisa o conceito de *conjunto*, que é a ferramenta mais básica e mais importante para as construções da matemática pura, e trata das *operações* sobre conjuntos. O simbolismo e os resultados da álgebra de conjuntos servem para a exposição unificada das restantes disciplinas matemáticas.

As *relações* podem estabelecer-se entre elementos de um mesmo conjunto (v.g., classificação mediante relações de equivalência) ou entre elementos de conjuntos diferentes. As *aplicações* definem-se como relações especiais e as *funções* como casos particulares de aplicações. As *estruturas* dos diferentes tipos de conjuntos (*estruturas algébricas*, *topológicas* e de *ordem*) podem definir-se através do conceito de relação.

Todas as disciplinas matemáticas utilizam diferentes domínios numéricos com as suas correspondentes estruturas. Assim, a *Construção do Sistema Numérico* trata da clarificação e ampliação passo a passo do conceito de *número*, nas suas várias formas. Neste sentido, adquire especial importância o problema do completamento de um domínio com respeito a certas propriedades estruturais.

Ocupando-se a Matemática de entidades tão diferentes como números, figuras e estruturas, torna-se necessário organizá-la em áreas. A divisão correspondente é condicionada tanto pelos conteúdos em si como por razões históricas, tomando especialmente em conta as solicitações vindas de outras ciências e técnicas e as influências que elas exerceram e continuam a exercer sobre o desenvolvimento da Matemática.

Na *Álgebra* investigam-se os conjuntos dotados de estruturas algébricas (*grupos, anéis, corpos, módulos e espaços vectoriais*). Este estudo fornece métodos de resolução de *equações e sistemas de equações*. No quadro mais restrito da *Álgebra Linear* definem-se *matrizes e determinantes*, que se utilizam para resolver *sistemas de equações lineares*. Na *Teoria de Galois* tratam-se algebricamente problemas geométricos.

A *Teoria dos Números* ocupa-se das questões de *divisibilidade* no *anel dos inteiros* e em corpos numéricos algébricos. As suas ferramentas provêm tanto da álgebra como da análise.

A *Geometria* consagra-se ao estudo da *forma e dimensões* das *figuras* e vai buscar as suas noções ao espaço físico intuitivo. Porém, mediante axiomatização, gera espaços não-intuitivos e mesmo contra-intuitivos. A *Geometria Analítica* serve-se do conceito de *vector* para a investigação dos espaços e das figuras. Por meio deste conceito e da introdução de *coordenadas*, a geometria algebriza-se.

A *Topologia* investiga as estruturas topológicas de que podem dotar-se diversos tipos de conjuntos. Os conceitos básicos utilizados (*vizinhança, conjunto aberto*) provêm da análise e a formulação axiomática permite topologizar espaços muito gerais. Têm particular importância os *espaços métricos*. A *Topologia Algébrica*, antes chamada *Analysis Situs*, serve-se apenas de ferramentas algébricas (grupos, módulos) para resolver problemas topológicos e encontra-se especialmente desenvolvida na *Teoria da Homotopia* e na *Teoria da Homologia*. A *Teoria dos Grafos* é um ramo um tanto *sui generis* da Topologia que trata de problemas teóricos e práticos que podem formular-se em termos de *vértices e arcos de união*.

O *Cálculo Infinitesimal*, que inclui o *Cálculo Diferencial* e o *Cálculo Integral*, foi classicamente construído sobre o conceito de *limite* e permite o estudo de propriedades especiais das funções de variável real (*diferenciabilidade* = problema da tangente e *integrabilidade* = problema da área). Recentemente, porém, com a construção dos *números hiperreais* como complemento do conjunto dos reais, encontra-se em vias de algebrização. Uma generalização importante da teoria da integração é a *Teoria da Medida*, que trata o problema da possibilidade de associar a um conjunto de pontos um número que meça o seu conteúdo, abrindo assim o caminho para novas definições do integral, de carácter cada vez mais geral. No limite, este empreendimento conduz a uma redefinição mais geral da noção de função, dando origem à *Teoria das Distribuições ou Funções Generalizadas*, das quais as *distribuições temperadas* e as *distribuições medidas* desempenham importante papel em Física e em Engenharia, onde, aliás, nasceram. Muitos problemas práticos do Cálculo conduzem a *equações diferenciais*, tanto *ordinárias*, como *em derivadas parciais*; a *Teoria das Equações Diferenciais* fornece métodos para resolver estes tipos de equações na forma mais geral possível. O advento do conceito de *caos determinístico* transformou esta teoria em *Teoria dos Sistemas Dinâmicos*, em que os métodos topológicos desempenham papel de destaque.

A aplicação de métodos topológicos a conjuntos de funções clássicas ou generalizadas (*espaços funcionais*) permite generalizações extraordinariamente poderosas do cálculo infinitesimal, dando origem a *Análise Funcional*.

A *Geometria Diferencial* ocupa-se das figuras geométricas acessíveis aos métodos do cálculo diferencial. As teorias das curvas e das superfícies são temas importantes desta área.

A transposição dos métodos do cálculo infinitesimal ao campo das *funções de variável complexa* conduz a uma teoria especialmente coerente, a *Teoria das Funções de Variável Complexa*. Através do método do *prolongamento analítico*, chega-se à importante noção de *superfície riemanniana*.

Na *Análise Combinatória* discutem-se certos problemas de cardinalidade de conjuntos finitos que aparecem na geometria, na teoria dos números, na teoria dos grafos e no *Cálculo de Probabilidades*. Este último elabora proposições sobre o aparecimento de *acontecimentos aleatórios* e constitui o fundamento da *Estatística*.

## CAPÍTULO 1

### LÓGICA MATEMÁTICA

Uma das principais tarefas da lógica matemática é a investigação das regras do *pensamento formal* e da *inferência* por meio de métodos matemáticos inspirados na álgebra e na teoria dos algoritmos. Porém, esta tarefa, que tem as suas origens na filosofia, não é a única; hoje a lógica matemática compreende uma multidão de problemas e aplicações aos mais diversos domínios como as ciências naturais, a teoria dos circuitos digitais, a teoria dos sistemas de processamento da informação, a linguística, etc.

Um impulso decisivo para o desenvolvimento da lógica matemática veio da situação em que se encontrava a matemática nos fins do séc. XIX: até essa época, a matemática tinha coleccionado um número enorme de resultados avulsos e tinha atingido um elevado grau de abstracção sem ter conseguido uma clarificação dos seus conceitos fundamentais, que tradicionalmente eram utilizados de modo intuitivo.

Por outro lado, como qualquer outra ciência, a matemática tem que formular os seus resultados oralmente mas, sobretudo — e essa é uma sua característica importante, porque a matemática é tema de profunda reflexão e, por isso, os seus enunciados devem ser conservados com perfeito rigor de modo a poderem ser reproduzidos textualmente tantas vezes quantas as necessárias — por escrito.

Devido à multiplicidade das linguagens naturais e às polissemias características de cada uma delas, a matemática tem, desde há muito tempo, procurado cada vez mais produzir os seus enunciados em uma linguagem artificial, formalizada, que elimina a redundância das linguagens naturais (conservando apenas as partes com relevância lógica) e procura reduzir-lhes a ambiguidade.

Assim, antes de mais, teremos que precisar o conceito de *proposição*, exigindo que possa repartir-se na classe dos *proposições verdadeiras* e na das *proposições falsas* (*princípio dos dois valores de verdade*). Assim, uma proposição é qualquer expressão escrita a que possa associar-se o *valor de verdade*  $V$  do que é verdadeiro ou o  $F$  do que é falso. Para este efeito, é estritamente irrelevante o modo como se fixe o valor de verdade. Se  $A$  for um proposição,  $v(A)$  será o correspondente valor de verdade.

#### *Exemplos de proposições:*

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| • $A_1 =$ "a roseira é uma planta"   | $v(A_1) = V$            |
| • $A_2 =$ "a rosa é uma planta"  | $v(A_2) = F$            |
| • $A_3 =$ "a baleia é um peixe"  | $v(A_3) = F$            |
| • $A_4 =$ "2 + 4 = 6"  | $v(A_4) = V$            |
| • $A_5 =$ "4 é primo"  | $v(A_5) = F$            |
| • $A_6 =$ "todo o número par maior que 2 é soma de dois primos" (conjectura de Goldbach) | $v(A_6) =$ desconhecido |

- $A_7 = \text{"5 é um número primo se e só se os ângulos externos de um triângulo em duas paralelas forem iguais"}$   $v(A_7) = V$
- $A_8 = \text{"se 5 for um primo, então a soma dos ângulos de um triângulo plano é 180°"}$   $v(A_8) = V$

Note-se que, neste último caso, a irrelevância da hipótese é completamente ignorada, valendo apenas a validade intrínseca da "conclusão"

- **Exercício:** qual o valor de verdade da proposição "se 5 for um primo, então a soma dos ângulos de um triângulo plano é 180°" ?
- $A_9 = \text{"todo o quadrilátero com dois lados opostos iguais e dois ângulos opostos iguais é um paralelogramo"}$   $v(A_9) = F$

Assim, nem toda a série de letras e/ou algarismos ou outros símbolos constitui um proposição.

#### *Exemplos de não-proposições:*

- Muitas felicidades!
- O número 5 é branco
- $x + 3 = 8$
- $P(3)$

Estes dois últimos contra-exemplos têm, no entanto, especial interesse em Matemática, porque contêm o que se chama *variáveis*. Embora estas se encontrem limitadas a um certo domínio de objectos, vemos, que

- $x + 3 = 8$  se converte em um proposição (verdadeira ou falsa) quando se substitui  $x$  por um número natural:  $11 + 3 = 8$  (F) ou  $5 + 3 = 8$  (V)
- $P(3)$  pode transformar-se em um proposição quando se substitui  $P(\cdot)$  pelo chamado *predicado*: v.g., "... é um número primo ..." ou "... é um número par ...", obtendo-se assim os proposições "3 é um número primo" (V) ou "3 é um número par" (F).

A este tipo de expressões chama-se correntemente *formas proposicionais* ou *expressões*.

O conceito de verdade que se utiliza neste contexto é o que nos vem de Aristóteles e que considera uma proposição como verdadeira se o enunciado que lhe corresponde representa um facto verificável.

O *princípio dos dois valores de verdade* contém, na realidade, dois princípios distintos:

- o *princípio do terceiro excluído*, segundo o qual toda a proposição é verdadeira ou é falsa;
- o *princípio da não-contradição*, segundo o qual não existe nenhuma proposição que seja simultaneamente verdadeira e falsa

Assim, a classe de todas as proposições divide-se em duas subclasses, a das proposições verdadeiras e a das proposições falsas, e essas subclasses são exaustivas e disjuntas, isto é, toda a proposição cai necessariamente em uma das duas e nenhuma proposição

### *1. PROPOSIÇÕES E SUAS COMBINAÇÕES*

Muitas proposições e formas proposicionais são constituídas por partes que, por sua vez são, elas próprias, proposições e/ou formas proposicionais. Certas palavras especiais aparecem a ligar estas partes entre si: "não", "e", "ou", "se ... então", "se e só se", etc. Costumam utilizar-se símbolos especiais, chamados *conectores* para representar estas palavras ou, melhor, um seu sentido preciso, o do papel lógico que desempenha na frase. Embora esse simbolismo se

não encontre ainda definitivamente fixado, parece existir uma clara tendência para o seguinte uso em relação aos conectores que se mostraram necessários para exprimir a maioria dos enunciados da matemática (para outras ciências pode ser necessário acrescentar outros, v.g., em física o conector que exprime a relação de causalidade):

*Definição:*

- $\neg A$  para “não-A” (“non A”)
- $A \wedge B$  para “A e B” (“et (A,B)”)
- $A \vee B$  para “A ou B” (“vel (A,B)”)
- $A \Rightarrow B$  para “se A, então B”, isto é, “A implica B” (“seq (AB)”)
- $A \Leftrightarrow B$  para “se e só se A, então B, e reciprocamente, se e só se B, então A” (“aec (A,B)”)

Na lógica proposicional fixam-se as propriedades destas operações conectivas de acordo com o *princípio de extensionalidade*, isto é, por forma a que o valor de verdade de uma proposição se deduza univocamente dos valores de verdade das suas partes, independentemente de existir, ou não, uma relação lógica intrínseca entre elas (cf. A7 e A8). Consequentemente, estas combinações de proposições podem ser consideradas como funções que atribuem valores de verdade aos multipletos de valores de verdade. Neste preciso sentido, os conectores podem ser considerados como *functores* ou *operadores*.

As letras  $A, B, C, \dots$  aparecem frequentemente em Lógica como *variáveis proposicionais* para representar proposições arbitrárias. Uma expressão que contenha essas variáveis também se chama *forma proposicional*, visto que pode transformar-se em proposição mediante a substituição de proposições concretas no lugar das variáveis. Uma forma proposicional diz-se *satisfactível* quando pode transformar-se em proposição verdadeira mediante substituições adequadas das suas variáveis.

Um caso especial é constituído pelas formas proposicionais *identicamente verdadeiras* ou *universalmente válidas* ou *tautologias*, que se transformam em proposições verdadeiras quaisquer que sejam as substituições realizadas (v.g.,  $A \vee \neg A$  ou  $A \Rightarrow A$  ou  $((A \Rightarrow B) \wedge (B \Rightarrow A)) \Rightarrow (A \Leftrightarrow B)$ ).

Pelo contrário, formas proposicionais que se transformam em proposições falsas quaisquer que sejam as substituições nelas realizadas, chamam-se *insatisfactíveis* ou *contradições* (v.g.,  $((A \Rightarrow B) \wedge A) \wedge \neg B$  ou  $\neg A \wedge A$ ).

Fixada uma *atribuição* de valores de verdade às *proposições parciais*, obtém-se o valor de verdade da *proposição composta* em *tábuas de verdade* como a que segue:

Valor das variáveis		Valor das funções				
$v(A)$	$v(B)$	$v(\neg A)$	$v(A \wedge B)$	$v(A \vee B)$	$v(A \Rightarrow B)$	$v(A \Leftrightarrow B)$
V	V	F	V	V	V	V
V	F	F	F	V	F	F
F	V	V	F	V	V	F
F	F	V	F	F	V	V

Estas tábuas de verdade devem entender-se como as definições formais das operações conectivas e não como exposição de propriedades de operações eventualmente mal definidas em linguagem natural, e exigem algumas considerações esclarecedoras:

- observe-se com grande cuidado o facto de os valores de verdade assim convencionados nem sempre corresponderem ao uso da linguagem corrente, frequentemente inexacto e não uniforme (“ $\vee$ ” usa-se, em Lógica, apenas como “ou inclusivo”:  $A \vee B =$  “ou A, ou B, ou ambos” = “e ou”, enquanto na linguagem corrente é inclusivo – “e/ou” – ou exclusivo – “ou ... ou ...” – e nem sempre o sentido em que se usa é claro, mesmo por análise do contexto);
- dado que, a partir de uma proposição falsa é possível chegar, mediante inferências logicamente correctas, tanto a proposições falsas como a proposições verdadeiras, é interessante definir  $v(A \Rightarrow B)$  com sendo  $V$  sempre que  $v(A) = F$ .

*Exemplos:*

(i) é sabido que, da igualdade entre dois números, se pode inferir a igualdade entre os seus quadrados, de modo que os seguintes proposições da forma  $A \Rightarrow B$  são verdadeiras:  $2 = 3 \Rightarrow 4 = 9$  e  $2 = -2 \Rightarrow 4 = 4$ . No primeiro caso, é também  $v(B) = F$ , enquanto que no segundo caso é  $v(B) = V$ .

(ii) A proposição: “se  $2 \times 2 = 5$  então existem seres inteligentes em Marte” é verdadeira porque  $v(F \Rightarrow F) = V$ .

- a tábua de verdade de “ $\Leftrightarrow$ ” merece atenta reflexão para que possa interiorizar-se o seu verdadeiro significado lógico.

É fácil verificar que há ao todo 16 operações conectivas binárias possíveis

V(A)	v(B)	° <sub>1</sub>	° <sub>2</sub>	° <sub>3</sub>	° <sub>4</sub>	° <sub>5</sub>	° <sub>6</sub>	° <sub>7</sub>	° <sub>8</sub>	° <sub>9</sub>	° <sub>10</sub>	° <sub>11</sub>	° <sub>12</sub>	° <sub>13</sub>	° <sub>14</sub>	° <sub>15</sub>	° <sub>16</sub>
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	F	F	F	F	F	F	F	F
V	F	V	V	V	V	F	F	F	F	V	V	V	V	F	F	F	F
F	V	V	V	F	F	V	V	F	F	V	V	F	F	V	V	F	F
F	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F
Simbolo corrente		$\vee$				$\Rightarrow$			$\Leftrightarrow$	$\wedge$							

mas todas podem reduzir-se às 5 da tábua anterior.

Com efeito, nesta última tábua observa-se antissimetria, no sentido de que a segunda parte resulta por simples troca de V por F e reciprocamente, de modo que  $v(A \circ_j B) = v(\neg(A \circ_{17-j} B))$ . Deste modo, bastam as primeiras oito operações e a negação ( $\neg$ ).

Além disso,

- o conector  $\circ_1$  é independente de A e B, de modo que é redundante
- o conector  $\circ_4$  é independente de B, de modo que não é binário
- o conector  $\circ_6$  é independente de A, de modo que não é binário
- o conector  $\circ_3$  reduz-se a  $\circ_5$  e vice-versa, visto que  $v(A \circ_3 B) = v(B \circ_5 A)$ , de modo

que só um deles é independente

*Exercício:* exprima os restantes operadores em termos destes cinco.

A mesma redutibilidade a 5 operações fundamentais (uma unária ( $\neg$ ) e quatro binárias ( $\wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$ )) se verifica com todas as operações que ligam mais de duas proposições.

Porém, o sistema de 5 operações pode simplificar-se ainda mais porque

- $A \Leftrightarrow B = (A \Rightarrow B) \wedge (B \Rightarrow A)$
- todos os outros 4 conectores podem exprimir-se apenas em termos de  $\circ_9 = |$  (“não-e” ou operador de Sheffer

*Definição:*  $A | A := \neg A \wedge \neg B \Leftrightarrow \neg(A \vee B)$

ou de  $\circ_{15} = \nabla$  (“não-ou” ou *operador de Peirce*)

*Definição:*  $A \nabla A := \neg A \vee \neg B \Leftrightarrow \neg(A \wedge B)$ ,

como se mostra:

$\neg A =$	$A   A$	$A \nabla A$
$A \wedge B =$	$(A   B)   (A   B)$	$(A \nabla A) \nabla (B \nabla B)$
$A \vee B =$	$(A   A)   (B   B)$	$(A \nabla B) \nabla (A \nabla B)$
$A \Rightarrow B$ =	$A   (A   B)$	$(B \nabla (A \nabla B)) \nabla (B \nabla (A \nabla B))$

De modo que basta uma única destas duas operações conectivas binárias para exprimir todas as operações lógicas. As consequências práticas deste facto são, como facilmente se compreenderá, tremendas: a construção de máquinas lógicas de qualquer espécie torna-se inteiramente modular.

A situação varia, porém, muito se renunciarmos ao princípio dos dois únicos valores de verdade e admitirmos mais que dois. As *lógicas vagas* assim geradas têm importantes aplicações em matemática intuicionista (*q.v.*), em teoria dos automatismos e em mecânica quântica.

## 2. LÓGICAS PROPOSICIONAL E PREDICATIVA

### 2.1. LEIS DA LÓGICA PROPOSICIONAL E REGRAS DE INFERÊNCIA

A tarefa da lógica proposicional é a de analisar matematicamente estes conceitos **que**, para esse efeito, se formalizam no quadro de um cálculo chamado *cálculo proposicional*. O desenvolvimento deste cálculo parte de uma colecção de *símbolos fundamentais* dos seguintes tipos:

- (i) *variáveis* para proposições:  $p_1, p_2, \dots; p, q, r, s, \dots$
- (ii) *conectores*:  $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$  que denotam, por essa ordem as funções *não, e, ou, se...então, se e só se*
- (iii) *símbolos técnicos*:  $,$

Na classe de todas as sequências de símbolos, os objectos fundamentais do cálculo proposicional, as chamadas *formas proposicionais* ou *expressões*, definem-se na forma indutiva (*q.v.*)

*Definição:*

- (i) as variáveis  $p, q, \dots$  são expressões
- (ii) se  $A$  e  $B$  forem expressões, então  $\neg A, A \wedge B, A \vee B, A \Rightarrow B, A \Leftrightarrow B$  também o serão
- (iii) uma sucessão de símbolos só é uma expressão se for formada de acordo com (i) e (ii)

Esta definição torna possível decidir, em um número finito de passos, se uma dada sucessão de símbolos é ou não uma expressão.

*Exemplo:*  $(p \Rightarrow q) \wedge (r \vee s)$  e  $(p \Leftrightarrow q) \Rightarrow (\neg q \Rightarrow \neg q)$  são expressões.

Para simplificar a escrita das expressões, utiliza-se frequentemente a seguinte *regra para poupar parêntesis*

*Definição:* Cada um dos conectores  $\wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$  liga mais fortemente que o seguinte, isto é, cada um tem, na proposição, precedência sobre os que seguem

A *inferência lógica* é o processo de construir novas proposições verdadeiras a partir de proposições cuja verdade já foi verificada.

As tautologias ou formas proposicionais universalmente válidas chamam-se *leis da lógica proposicional* e são de especial interesse para a matemática porque, em especial daquelas que têm as formas  $A \Rightarrow B$  e  $A \Leftrightarrow A$ , resultam importantes *regras de inferência* que permitem passar de proposições verdadeiras a novas proposições verdadeiras. Algumas leis especialmente importantes da lógica são:

- (1)  $A \vee \neg A$  (*lei do terceiro excluído – tertio non datur. "ou é, ou não é"*)
- (2)  $\neg(A \wedge \neg A)$  (*lei da não-contradição — "ser e não ser não pode ser"*)
- (3)  $\neg(\neg A) \Leftrightarrow A$  (*lei da dupla negação*)
- (4)  $\neg(A \wedge B) \Leftrightarrow \neg A \vee \neg B$  (*lei de Morgan do "produto"*)
- (5)  $\neg(A \vee B) \Leftrightarrow \neg A \wedge \neg B$  (*lei de Morgan da "soma"*)
- (6)  $A \Rightarrow B \Leftrightarrow \neg B \Rightarrow \neg A$  (*lei da contraposição*)
- (7)  $(A \Rightarrow B) \wedge A \Rightarrow B$  (*lei da inferência positiva, ou regra da separação – modus ponens*)
- (8)  $(A \Rightarrow B) \wedge \neg A \Rightarrow \neg B$  (*lei da inferência negativa – modus tollens, que em ciência experimental equivale a sublatam causam, tollitur effectus*)
- (9)  $(A \Rightarrow B) \wedge (B \Rightarrow C) \Rightarrow (A \Rightarrow C)$  (*lei da inferência encadeada ou silogística – modus barbara*)
- (10)  $A \wedge (B \vee C) \Leftrightarrow (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$  (*lei distributiva do "produto"*)
- (11)  $A \vee (B \wedge C) \Leftrightarrow (A \vee B) \wedge (A \vee C)$  (*lei distributiva da "soma"*)

As leis (7), (8) e (9) são as *leis básicas da inferência* e resultam directamente da definição operacional da implicação (*q.v.*):

- (1) se se sabe que  $A \Rightarrow B$  e se verifica  $A$ , pode inferir-se  $B$ ; note-se, porém, a variante  $(A \Rightarrow B) \wedge B \Rightarrow A \vee \neg A$ , que é uma tautologia;
- (2) se se sabe que  $A \Rightarrow B$  e se verifica  $\neg B$ , pode inferir-se  $\neg A$  o que corresponde a invalidar uma hipótese pela invalidade de uma sua consequência, técnica fundamental na prática do método hipotético-dedutivo da ciência experimental e base da demonstração por redução ao absurdo; notem-se também as tautologias  $(A \Rightarrow B) \wedge B \Rightarrow (A \vee \neg A)$  e  $(A \Rightarrow B) \wedge \neg A \Rightarrow (B \vee \neg B)$  que mostram claramente que a implicação lógica nada tem que ver com a noção de causalidade das ciências físicas, nas quais todo o fenómeno é efeito de alguma causa e vale o princípio de "*sublatam causam, tollitur effectus*";
- (3) se se sabe que  $A \Rightarrow B$  e que  $B \Rightarrow C$ , pode inferir-se  $A \Rightarrow C$ , o que corresponde à clássica inferência silogística.

Para uma formulação mais breve, podem usar-se as seguintes *figuras de inferência*:

$$\begin{array}{l} A \Rightarrow B \\ (1) \frac{A}{B} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} A \Rightarrow \\ (2) \frac{\neg A}{\neg B} \end{array}$$

*Exercício:* o leitor procurará saber se é possível definir a operação lógica que tem as propriedades de uma implicação causal.

A *semântica* fornece uma relação entre os valores de verdade e as funções de verdade, por um lado, e as expressões, por outro lado. Esta relação estabelece-se mediante o conceito de *interpretação*: Uma interpretação de variáveis proposicionais é uma função que associa a cada variável um dos dois valores de verdade,  $V, F$ . Uma tal interpretação  $f$  pode generalizar-se com toda a naturalidade a uma função  $v_f$  que associa um valor de verdade a todas as expressões. Para uma dada interpretação  $f$ , a função  $v_f$  define-se indutivamente por

*Definição:*



- (i) para variáveis  $p$  tem-se:  $v_f(p) = f(p)$ ;
- (ii) para a negação é:  $v_f(\neg H) = \neg(v_f(H))$
- (iii) para expressões  $A, B$ , tem-se:  $v_f(A \wedge B) = v_f(A) \wedge v_f(B)$   
 $v_f(A \vee B) = v_f(A) \vee v_f(B)$   
 $v_f(A \Rightarrow B) = v_f(A) \Rightarrow v_f(B)$   
 $v_f(A \Leftrightarrow B) = v_f(A) \Leftrightarrow v_f(B)$

Podem assim definir-se com precisão os importantes conceitos de equivalência semântica e de validade universal: diz-se que duas expressões  $A, B$  são *semanticamente equivalentes*, isto é,  $A \equiv B$ , se  $v_f(A) = v_f(B)$  para toda a interpretação  $f$ ; uma expressão  $A$  diz-se *universalmente válida* ou *tautologia* se  $v_f(A)$ , isto é, se  $A$  for verdadeira qualquer que seja a interpretação  $f$ .

É assim possível, em um número finito de passos e atribuindo valores de verdade às variáveis proposicionais de todos os modos possíveis, decidir se uma dada forma proposicional é, ou não, universalmente válida e se, por isso, representa, ou não, uma lei da lógica de proposições.

*Exercício:* O leitor procederá a esta análise semântica para cada uma das 11 regras de inferência anteriores.

Além deste *procedimento semântico*, que consiste em dar às formas proposicionais um certo conteúdo significativo através da atribuição de valores de verdade às variáveis e da interpretação dos conectores como funções de verdade, existe um outro caminho, o chamado *procedimento sintático*: para isso renuncia-se a todo o significado e consideram-se as formas proposicionais como meramente formais, isto é, como simples sucessões de símbolos a partir das quais é permitido formar outras sucessões de símbolos mediante certas regras pre-definidas. Para este efeito, é possível, como veremos, estabelecer diferentes sistemas de formas proposicionais básicas, ou *axiomas*, e de regras de inferência, em número mínimo finito e suficientes, que representam os fundamentos de um procedimento lógico.

## 2.2. LÓGICA PREDICATIVA DE PRIMEIRA ORDEM

Porém, para a formalização das teorias matemáticas, a simples lógica proposicional não é suficiente; com efeito, ao analisar os conteúdos formais dos diferentes tipos de teorias matemáticas encontram-se, além de variáveis, constantes e conectores, sujeitos, predicados e quantificadores (tais como “para todo ...” e “existe ...”).

As *variáveis* são símbolos pré-definidos que denotam objectos arbitrários de um domínio previamente delimitado. Os símbolos cujo significado é fixo chamam-se *constantes*. Os *sujeitos* são nomes de coisas pertencentes a um certo conjunto dado de indivíduos. Os *predicados* são nomes de relações sobre estes conjuntos de indivíduos. Os *predicados unários*, isto é, que incidem sobre um só sujeito, também se chamam *propriedades* (cf. atrás) desse sujeito.

Uma característica importante da linguagem matemática é a possibilidade de *ligar variáveis* por meio dos *quantificadores* da lógica predicativa.

*Exemplo:* Na expressão “*existem números primos  $p, q$  tais que  $2n = p + q$* ” os símbolos  $p, q$  estão ligados pelo functor da lógica predicativa “*existem...*”, enquanto a variável  $n$  está livre

Uma análise exaustiva dos enunciados da matemática mostrou que os *quantificadores* necessários e suficientes para construir, pelo menos, o sistema numérico são (em ambos os casos, a variável  $x$  refere-se a elementos de classes de indivíduos):

*Definições:*

- o *generalizador* ou *quantificador universal*,  $\forall$ , tal que  $\forall x$  significa “para todo o  $x$  verifica-se ...”
- o *particularizador* ou *quantificador existencial*,  $\exists$ , tal que  $\exists x$  significa “existe pelo menos um  $x$  tal que ...”

*Observação:* Para os quantificadores, não tem sentido definir regras de precedência: os quantificadores são predicadores unários ou intransitivos, e não conectores, referindo-se, portanto, apenas à expressão que os segue imediatamente.

*Exemplos:*

- 1) A proposição “*existe pelo menos um número primo entre 5 e 9*” poderia escrever-se, tomando  $P$  para representar o predicado “*é um número primo*”, na forma  $\exists(x \in N : P(x) \wedge 5 < x < 9)$  que pode simplificar-se na forma  $\exists P(x) \wedge 5 < x < 9$ . Note-se que, nesta expressão,
  - apesar de aparecer a variável  $x$ , não estamos em presença de uma forma proposicional, mas de uma proposição, em que o  $x$  desempenha apenas o papel de *marca* ou *variável muda* porque na realidade não designa um objecto arbitrário, mas sim um objecto bem definido — neste caso 7 — (mas não necessariamente único), embora não especificado; diz-se, neste caso, que a variável  $x$  está *ligada* pelo quantificador; do mesmo modo,  $\forall x$  significa todos os valores de  $x$  e não um qualquer valor de  $x$ . Para diferenciar, as variáveis que utilizámos até agora dizem-se *variáveis livres*;
  - os símbolos  $\in$  (da teoria dos conjuntos, *q.v.*) e  $<$  (da teoria das ordens, *q.v.*) devem aqui ser tomados como mera abreviaturas, ao mesmo título que  $P(\cdot)$ .

Outros exemplos referidos ao conjunto dos números reais são

- 2)  $\forall x : \forall y : (x \in \mathbf{R} \wedge y \in \mathbf{R} \Rightarrow mi(x, y) \vee mi(y, x))$  em que  $mi(x, y)$  significa o predicado binário (transitivo) “*x menor ou igual a y*”, isto é, em notação mais corrente,  $x \leq y$ ;
- 3)  $\forall x : \forall y : (x \in \mathbf{R} \wedge y \in \mathbf{R} \Rightarrow \exists(z \in \mathbf{R} \wedge S(z, x, y)))$  em que  $S(z, x, y)$  significa o predicado ternário (forma que não existe, como tal, na sintaxe das linguagens naturais) “*z é a soma de x e y*”, isto é, em notação mais corrente  $z = x + y$ .

Podemos, portanto, agora definir uma *linguagem elementar* ou *linguagem do cálculo predicativo* construída sobre os símbolos básicos  $x, y, z, \dots$  para as variáveis e  $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow, \exists, \forall$  para os predicadores e cujos elementos são as *expressões* ou *formas proposicionais* construídas a partir de *termos* que definiremos indutivamente:

*Definição:*

- (i) as variáveis e as constantes são termos
- (ii) se  $F$  for um predicador  $n$ -ário e  $t_1, t_2, \dots$  forem termos.  $F(t_1, t_2, \dots)$  será um termo
- (iii) uma sucessão de símbolos é um termo se e só se for formado de acordo com (i) e (ii)

*Exemplo:* se “*sin*”, “*+*” e “*.*” forem os símbolos habituais de funções interpretados no domínio dos números reais, as seguintes sequências de símbolos serão termos: “*sin(x)*”, “ $x^2 \cdot y + y^3 + z^3$ ”, “ $\sin(x + \sin(y^2 + x))$ ”.

As expressões da linguagem do cálculo predicativo definem-se então indutivamente:

*Definição.*

- (i) se  $R$  for o símbolo de uma relação  $n$ -ária e  $t_1, t_2, \dots$  forem termos.  $R(t_1, t_2, \dots)$  será uma expressão chamada *expressão atômica*
- (ii) se  $A$  e  $B$  forem expressões,  $\neg A$ ,  $A \wedge B$ ,  $A \vee B$ ,  $A \Rightarrow B$  e  $A \Leftrightarrow B$  serão expressões
- (iii) se  $A(x)$  for uma expressão que contém a variável  $x$ , mas não os símbolos  $\exists x$  ou  $\forall x$ , então  $\exists x: A(x)$  e  $\forall x: A(x)$  são expressões
- (iv) uma sucessão de símbolos é uma expressão se e só se for formada de acordo com (i), (ii) e (iii)

Tal como no cálculo proposicional, estamos em condições de, em um número finito de passos, decidir se uma dada sequência de símbolos é, ou não, uma expressão.

*Exemplo:* se  $P, Q, R, f, g, T$  forem símbolos legítimos de operações sobre as variáveis  $x, y, z, \dots$ , as seguintes seqüências de símbolos  $\forall x: (R(x, y) \Rightarrow Q(x, f(y)))$ ,  $\neg \exists x: (R(x, y) \vee Q(x, g(y, x)))$  serão expressões; porém,  $\exists x: (\forall x: R(x, y))$  não é uma expressão (legítima, bem construída).

Uma variável  $x$  ocorre *livre* em uma expressão  $A$  se em  $A$  não ocorrem  $\exists x$  ou  $\forall x$ ; caso contrário,  $x$  ocorre *ligada* ou *quantificada* em  $A$ . Após qualquer quantificação da forma  $\Theta x$  (em que  $\Theta$  é  $\exists$  ou  $\forall$ ) segue-se uma expressão  $A'$  parcial de  $A$  nem que a variável  $x$  ocorre livre. Esta expressão parcial define o *domínio de influência* do quantificador  $\Theta$  em questão para essa variável  $x$ ; nesse domínio a variável fica quantificada pela influência desse quantificador. Uma variável ocorre livre em certo ponto de certa expressão se nela se não encontra quantificada nem dentro do domínio de influência de um quantificador. Se existe, pelo menos, um ponto em uma expressão  $A$  (bem construída segundo a definição atrás) em que a variável  $x$  ocorre livre, então  $x$  diz-se livre em  $A$ .

*Exemplo:* na expressão

$$\overset{12}{\exists x}: \left[ \overset{3}{P}(x) \wedge \overset{4}{Q}(y) \wedge \overset{5}{g}(y) = \overset{6}{z} \right] \overset{13}{\Rightarrow} \left[ \overset{14}{\exists} x : \overset{15}{\forall} y : \overset{16}{R}(x, y) \wedge \overset{17}{f}(x, z) = \overset{18}{z} \right]$$

os lugares encontram-se indicados por números sobre os símbolos (excepto os símbolos técnicos auxiliares " , " , "(" , ")" , "[" , "]" . A variável  $y$  ocorre livre nos pontos 7 e 10 e ligada nos pontos 17 e 20: está quantificada em 17 (pelo  $\forall$  em 16) e em 20 está dentro do domínio de influência do  $\forall$  em 16.

Em geral, as expressões não são proposições.

*Exemplo:* a expressão  $x \leq y$ , em que  $\leq$  representa a ordem (parcial, *q.v.*) entre números naturais, só se torna uma proposição quando se substituem os símbolos das variáveis pelos símbolos de objectos bem definidos do domínio dessas variáveis, *v.g.*,  $0 \leq 1$  ou  $3 \leq 2$  ou  $5 \leq 7$  ou quando as variáveis estão ligadas por quantificadores, *v.g.*,  $\exists x: \exists y: x \leq y$  ou  $\exists x: \forall y: x \leq y$ .

*Exercício:* apesar da incorrecção sintáctica tente (como faria com uma frase mal construída em Português) interpretar o sentido destas duas últimas “expressões” e averigue da sua validade universal ou local no domínio dos números naturais.

As proposições podem, portanto, ser caracterizadas como expressões em que não há variáveis livres.

*Exemplos:*

- (i) a propriedade de monotonia da adição de números naturais:  $\forall x: \forall y: \forall z: (x < y \Rightarrow x + z < y + z)$  que, aliás, não vale para os números inteiros (relativos)
- (ii) o grande teorema de Fermat:  $\neg \exists x: \exists y: \exists z: \exists n: (n > 2 \wedge x^n + y^n = z^n)$ .

Para obter as leis da lógica de predicados, existem dois caminhos, tal como na lógica de proposições.

No primeiro caminho (semântico), aplica-se (*q.v.*) por meio da noção de *interpretação* o conjunto das fórmulas  $\{P\}$  no conjunto  $\{V, F\}$  dos valores de verdade. Uma interpretação em  $\omega$ , notada  $\mathfrak{I}_\omega$ , refere-se a um dado conjunto  $\omega$  de indivíduos e representa uma aplicação que atribui a cada variável de indivíduos um elemento de  $\omega$  e a cada variável de predicado  $n$ -ário, uma relação  $n$ -ária em  $\omega$ . O valor de verdade  $\mathfrak{I}_\omega^*$  de  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  induzido por  $\mathfrak{I}_\omega$  deve ser  $V$  se e só se verificar  $(\mathfrak{I}_\omega(x_1), \mathfrak{I}_\omega(x_2), \dots, \mathfrak{I}_\omega(x_n)) \in \mathfrak{I}_\omega(P)$ .

No caso das variáveis ligadas, procede-se de acordo com o significado intrínseco dos quantificadores.

*Exemplo de interpretação em  $\omega$ :*

*Fórmula:*  $P(x, y) \wedge Q(x, z, t) \Rightarrow R(u)$ ; *Conjunto de indivíduos:*  $\omega = \mathbf{N}$

*Interpretação da fórmula no conjunto considerado:*

$$\mathfrak{I}_\omega(x) = 2, \quad \mathfrak{I}_\omega(y) = 7, \quad \mathfrak{I}_\omega(z) = 1, \quad \mathfrak{I}_\omega(t) = 3, \quad \mathfrak{I}_\omega(u) = 16$$

$$\mathfrak{I}_\omega(P) = \{(1,2), (2,7), (7,10)\} \quad \mathfrak{I}_\omega(Q) = \{(2,3,4), (3,4,5)\} \quad \mathfrak{I}_\omega(R) = \{16, 32, 48, 64, 80\}$$

$$(\mathfrak{I}_\omega(x), \mathfrak{I}_\omega(y)) \in \mathfrak{I}_\omega(P), \text{ portanto, } \mathfrak{I}_\omega^*(P(x, y)) = V$$

$$(\mathfrak{I}_\omega(x), \mathfrak{I}_\omega(z), \mathfrak{I}_\omega(t)) \notin \mathfrak{I}_\omega(Q), \text{ portanto, } \mathfrak{I}_\omega^*(Q(x, z, t)) = F$$

$$\mathfrak{I}_\omega(u) \in \mathfrak{I}_\omega(R), \text{ portanto, } \mathfrak{I}_\omega^*(R(u)) = V$$

Então, o valor de verdade induzido pela interpretação  $\mathfrak{I}_\omega$  é

$$\mathfrak{I}_\omega^*(P(x, y) \wedge Q(x, z, t) \Rightarrow R(u)) = V$$

e, portanto, a fórmula é válida nesta interpretação.

Uma fórmula  $A$  diz-se *satisfactível em  $\omega$*  se existir um  $\mathfrak{I}_\omega$  tal que  $\mathfrak{I}_\omega(A) = V$  e diz-se *válida em  $\omega$*  se esta relação se verificar para todo o  $\mathfrak{I}_\omega$ . A fórmula  $A$  chama-se *expressão* ou *forma proposicional universalmente válida* ou ainda *lei da lógica predicativa*, se  $A$  for válida em  $\omega$ , qualquer que seja  $\omega$ .

São as seguintes as mais importantes leis da lógica predicativa:

$$\neg \forall x: A(x) \Leftrightarrow \exists x: \neg A(x)$$

$$\neg \forall x: \neg A(x) \Leftrightarrow \exists x: A(x)$$

$$\neg \exists x: A(x) \Leftrightarrow \forall x: \neg A(x)$$

$$\neg \exists x: \neg A(x) \Leftrightarrow \forall x: A(x)$$

$$\forall x: \forall y: A(x, y) \Leftrightarrow \forall y: \forall x: A(x, y)$$

$$\exists x: \exists y: A(x, y) \Leftrightarrow \exists y: \exists x: A(x, y)$$

$$\exists x: \forall y: A(x, y) \Rightarrow \forall y: \exists x: A(x, y)$$

$$\forall x: A(x) \Rightarrow A(x)$$

$$A(x) \Rightarrow \forall x: A(x)$$

*Observação e problema:* Note-se cuidadosamente que em (7), (8) e (9) aparece  $\Rightarrow$  e não  $\Leftrightarrow$  e medite-se um pouco sobre o significado deste facto. Em particular, estude-se a hipótese de se simetrizar (7) e de se reunir (8) e (9) em uma só.

Neste contexto, tem especial interesse o

*Teorema de Löwenheim-Skolem:* uma fórmula é universalmente válida quando existe um conjunto infinito numerável  $\omega$  tal que que a fórmula seja válida em  $\omega$ .

*fórmula:*  
 $\forall x: \forall y: \forall z (A(x, y) \wedge A(y, z)) \Rightarrow A(x, z) \wedge \forall x: \exists y: A(x, y) \Rightarrow \exists x: A(x, x)$  afirma que uma relação transitiva, tal que todo o indivíduo aparece no seu domínio, se verifica para, pelo menos, um par

de indivíduos iguais. Esta fórmula é válida em todo o conjunto finito de indivíduos; porém, para um conjunto infinito é geralmente falsa, como facilmente se verifica tomando  $\omega = \mathbf{N}$  e interpretando  $A(x, y) = x < y$ . Não é, portanto, uma fórmula universalmente válida.

O segundo caminho (sintáctico) parte de axiomas e regras de inferência, tal como na lógica proposicional. Também aqui pode verificar-se que todas as leis da lógica predicativa são dedutíveis (*teorema da completude de Gödel*). Pelo contrário, não é, em geral, possível, em um número finito de passos, decidir se uma dada fórmula é, ou não, uma lei da lógica predicativa (*teorema da indecidibilidade de Church*).

*Escólio:* as linguagens da lógica predicativa são *linguagens descritivas*, isto é, as expressões dessas linguagens descrevem relações que se verificam nas estruturas matemáticas.

Com o desenvolvimento da informática, as *linguagens algorítmicas* adquiriram grande importância para o comando e controlo de acções e processos. As primeiras linguagens algorítmicas usadas na tecnologia da programação foram o ALGOL 60, o PL1, o FORTRAN e o COBOL. As linguagens elementares contêm certos elementos destas linguagens algorítmicas: um termo pode ser interpretado como soma sequênciade comandos a serem executados; por isso, as linguagens algorítmicas se chamam também *linguagens imperativas*.

Por contraposição, existem as *linguagens declarativas*, entre as quais se contam o PROLOG, mediante as quais é possível fornecer ao sistema bases de conhecimentos e pedir-lhe informação resultante de um processamento que esta realizou automaticamente (em função, naturalmente, de um programa previamente introduzido, o *motor de inferência*, e que foi, ele próprio, originalmente escrito em linguagem algorítmica).

### 3. EXTENSÕES DA LÓGICA PREDICATIVA

#### 3.1. EXTENSÕES SIMPLES

A aplicação da lógica predicativa aos problemas correntes da matemática – nomeadamente ao problema das demonstrações – exige a implementação de certas extensões do campo original.

A primeira delas refere-se ao *sinal de igualdade*, “=”, que denota a *identidade*, isto é, a relação fixa que cada elemento de um conjunto tem consigo próprio e com mais nenhum outro elemento. Verifica-se (porque não é tão trivial quanto pode parecer) que não é possível produzir uma definição formal deste conceito no quadro estrito da lógica predicativa, pelo que o sinal de igualdade deve ser considerado aqui apenas como mais uma constante lógica. Com a inclusão desta constante no quadro da lógica predicativa, obtemos a *lógica predicativa com identidade*.

Até agora, os predicados foram definidos como nomes de relações em um conjunto de indivíduos. Ora, em matemática, as funções de  $n$  variáveis constituem um caso especial de relações  $(n+1)$ -árias.

*Exemplo:* a aplicação que associa a cada par  $(x, y) \in \mathbf{R} \times \mathbf{R}$  a soma  $x + y = z \in \mathbf{R}$  é, por um lado, uma função de duas variáveis, mas também, como atrás, pode ser considerada um predicado ternário  $S(z, x, y)$ , o que, aliás, tem a vantagem de implicar desde logo a subtracção.

A notação funcional representa, pois, uma simplificação que exige a introdução de *s variáveis de functor* na construção das formas proposicionais (por functor entende-se, neste contexto, o nome de uma função). Como  $x + y$ , construída com o functor +, representa apenas um termo que, por substituição, se transforma em um número e não em um enunciado, esta extensão do domínio da lógica predicativa à possibilidade de construção de fórmulas

matemáticas só tem sentido se incluir o sinal de igualdade. Resulta, então, a *lógica predicativa com identidade e variáveis de functor*.

### 3.2. LÓGICAS PREDICATIVAS DE ORDEM SUPERIOR

Em tudo quanto ficou dito, a quantificação referia-se exclusivamente a variáveis de indivíduo e isto basta para muitas partes da matemática, como, por exemplo, a teoria geral das estruturas (*q.v.*). Estávamos então no domínio a que chamamos a *lógica predicativa de primeira ordem*.

Porém, para caracterizar axiomáticamente os números naturais surge a necessidade de quantificar variáveis predicativas (v.g., “*para todo o inteiro par verifica-se...*”, “*existe um inteiro ímpar tal que...*”).

Um predicado *n*-ário sobre  $\omega$  corresponde a um subconjunto (*q.v.*) do produto cartesiano (*q.v.*) de  $\omega$  por si próprio *n* vezes. A correspondente quantificação exige, portanto, a consideração do conjunto potência (*q.v.*), isto é, o conjunto de todos os subconjuntos desse produto, o que dá origem à *lógica predicativa de segunda ordem*.

Na segunda ordem basta uma quantificação de todos os predicados monários (que passam então a funcionar como indivíduos) para poder, por exemplo, definir a identidade:  $x = y \Leftrightarrow \forall P : (P(x) \Leftrightarrow P(y))$ ; o sinal de igualdade não precisa, portanto, em lógica predicativa de segunda ordem, ser considerado como uma constante, ao contrário do que acontecia na lógica de primeira ordem.

Esta generalização dá origem às *linguagens monádicas de segunda ordem*, que permitem a construção de enunciados mais vastos e complexos que os acessíveis através das linguagens elementares, mesmo estendidas.

*Exemplos de proposições em linguagem monádica de segunda ordem:*

(i) o axioma de Peano da indução finita (*q.v.*) para os números naturais (*q.v.*):

$$\forall P : (P(0) \wedge \forall x : (P(x) \Rightarrow P(x')) \Rightarrow \forall x : P(x))$$

que, em linguagem natural, significa “*se um predicado unário vale para zero e, supondo que vale para um qualquer número natural, valer também para o seu sucessor, então esse predicado vale para todo o número natural*”.

(ii) O teorema do supremo (*q.v.*) para os números reais (*q.v.*):

$$\forall P : \left[ \begin{array}{l} \exists z : P(z) \wedge \exists u : \forall v : (P(v) \Rightarrow v \leq u) \Rightarrow \\ \exists y : (\forall v : (P(v) \Rightarrow v \leq y) \wedge \neg \exists y' : (\forall v : (P(v) \Rightarrow v \leq y') \wedge y' < y)) \end{array} \right]$$

que, em linguagem natural, significa: todo o conjunto não-vazio de números reais que é limitado superiormente (*q.v.*) tem um supremo.

Mediante a sucessiva predicação de predicados e a sua quantificação, obtém-se uma construção da lógica predicativa em camadas sucessivas, chamadas *ordens*. Se só aparecem predicados até uma certa ordem *n*, fala-se de *lógica predicativa de ordem n*.

*Teorema da incompletude de Gödel:* Para as lógicas predicativas de ordem superior a primeira não é possível conseguir a coincidência entre a construção semântica e a sintáctica.

Para a teoria elementar dos números, isto significa que na lógica predicativa de 1ª ordem se tem um cálculo lógico completo, mas não podem sequer caracterizar-se univocamente os números naturais. Embora essa caracterização unívoca se possa obter na lógica predicativa de 2ª ordem, já não existem nesta procedimentos para demonstrar sintacticamente todos os teoremas verdadeiros relativos aos números naturais (nomeadamente, não é possível demonstrar a coerência interna, ou ausência de contradição, de uma axiomática da teoria dos números

inteiros). Por este facto, *para a generalidade das áreas da matemática, que se deduz da teoria dos números naturais, a coerência interna não é demonstrável*, facto que tem, como se compreende, tremendas implicações teóricas e que constituiu a grande surpresa desagradável dos matemáticos no nosso século.

Se  $U$  for um dado domínio de objectos (universo do discurso) e  $L$  for uma linguagem formalizada em que se pode exprimir a aritmética dos números naturais, sabe-se ser possível, no quadro de uma metateoria sobre  $L$  e  $U$ , definir com precisão o conceito de *validade* ou *verdade* de uma proposição de  $L$  em  $U$ . A primeira questão que se põe é a de se existe um sistema  $A$  codificável de axiomas tal que o conjunto de proposições dedutíveis de  $A$  por meio das regras da inferência formal coincide com o conjunto de proposições verdadeiras sobre  $U$ . Em certos casos isto é, efectivamente possível, por exemplo, quando  $U$  é um universo finito de discurso ou quando a linguagem  $L$  é tão carente de expressividade que nem sequer permite a formulação de propriedades complexas de  $U$ .

No que segue trataremos de um domínio  $U$  que contém os números naturais e de uma linguagem  $L$  em que pode exprimir-se a aritmética dos números naturais; sob estas hipóteses verifica-se o *primeiro teorema de incompletude de Gödel* segundo o qual qualquer sistema de axiomas formulado em  $L$  que seja formado por um número finito de axiomas, ou, mais geralmente, por um conjunto recursivo de axiomas, é incompleto no sentido de que nem todas as proposições verdadeiras em  $U$  podem deduzir-se de  $A$ . Um outro resultado fundamental é o teorema de A. Tarski segundo o qual, sob as mesmas hipóteses, não é definível em  $L$  um predicado  $W(x)$  tal que, para um objecto  $a$  de  $U$ , a proposição  $W(a)$  seja verdadeira em  $U$  se e só se  $a$  for o número de código de uma proposição verdadeira em  $U$ .

Para demonstrar estes teoremas, realiza-se uma *codificação* (ou *arimetização* ou *gödelização*) da linguagem  $L$  por meio dos números naturais, por tal forma que, em primeiro lugar, se atribuem números naturais aos símbolos fundamentais de modo a que sequências de símbolos correspondam a certas sequências finitas de números naturais; em uma segunda fase, as sequências finitas de números naturais são postas em correspondência biunívoca com os números naturais; o número natural que corresponde, deste modo, a uma expressão  $H$  chama-se o *código* ou *número de Gödel* de  $H$  e nota-se  $H^*$ .

Consideremos agora  $L$ ,  $U$  e a sua relação semântica incluídos em um novo universo de discurso  $\hat{U}$  e seja  $\hat{L}$  uma linguagem adequada a  $\hat{U}$ . Assim,  $L$  diz-se a *linguagem objectiva* de  $U$  e  $\hat{L}$  a *metalinguagem* do sistema  $\langle L, U \rangle$ .

A codificação de  $L$  torna possível projectar na linguagem objectiva  $L$  certos predicados de  $U$  que, em primeira aproximação, só são exprimíveis metalinguisticamente.

Um exemplo de um predicado no domínio metaobjectivo é o predicado unário “*a proposição  $H$  é demonstrável a partir de  $A$* ”. A ele corresponde um certo predicado aritmético  $B(n)$  que é verdadeiro para um número natural  $n$  se e só se  $n$  for o número de código de uma proposição demonstrável. Sob a hipótese feita sobre  $U$ , pode agora construir-se uma expressão  $Nb(v)$  de tal modo que, por substituição da variável  $v$  por um número natural  $n$ , a proposição  $Nb(n)$  afirma: “*a proposição com número de código  $n$  não é demonstrável a partir de  $A$* ”. Por meio de um outro artefacto, o chamado *argumento diagonal*, podemos agora encontrar um número natural tal que  $m = Nb(m)^*$ . A proposição  $Nb(m)$  pode então considerar-se como uma proposição *autoreferente* que significa “*eu sou indemonstrável*”.

$Nb(m)$  tem que ser válida em  $U$ , caso contrário a sua negação (“*eu sou demonstrável*”) seria válida em  $U$ ; dado, por outro lado, que toda a proposição demonstrável a

partir de  $A$  é naturalmente também válida em  $U$ , a afirmação  $Nb(n)$  cujo número de código é  $n$  em  $U$  seria simultaneamente válida e inválida, o que é uma contradição. No entanto, de acordo com o significado de  $Nb(m)$ , a validade de  $Nb(m)$  também indica a sua indemonstrabilidade. Logo, o sistema de axiomas  $A$  resulta incompleto.

O resultado de Tarski obtém-se de modo semelhante: aceita-se que existe uma expressão  $W(v)$  que significa " $v$  é verdadeiro" e cuja negação  $Nw(v)$  representa o predicado " $v$  é falso". Uma proposição autoreferente ( $Nw(m)^* = m$ ), construída como acima, significaria então "*eu sou uma proposição falsa*" e uma tal proposição seria falsa se fosse verdadeira e verdadeira se fosse falsa. Só se pode escapar a esta contradição recusando a hipótese de que o predicado " $v$  é verdadeira em  $U$ " é exprimível em  $L$ .

Esta linha de raciocínio de Gödel e Tarski demonstra a importância capital – tanto positiva como negativa – do paradoxo de Russell.

