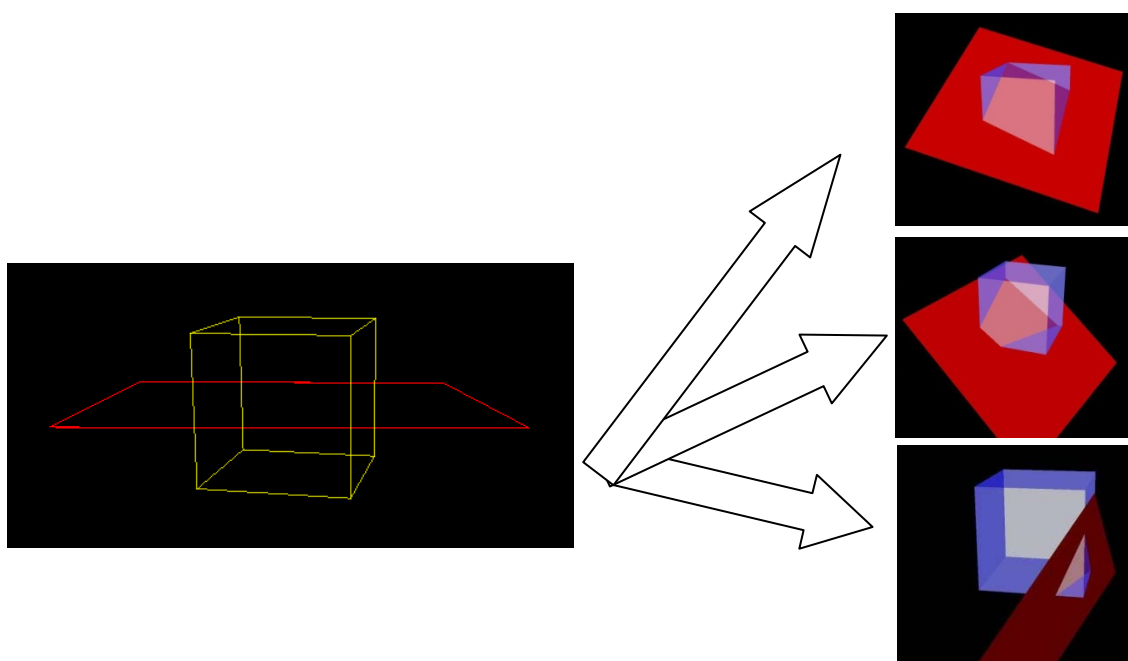


Vasco Martins Pereira Dias

**Realidade Virtual na Aprendizagem de Conceitos
Matemáticos
Aplicações 3D na Geometria**



Dissertação de Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia

Sob a orientação do
Professor Doutor Vitor Cardoso

Universidade Aberta

Janeiro de 2009

Agradecimentos

A todos os que de alguma maneira estiveram presentes nos bons e menos bons momentos, tornando este trabalho possível, em particular,

ao Professor Doutor Vitor Cardoso pelo incentivo do primeiro ao último minuto, pela disponibilidade e orientação;

à Direcção Pedagógica da Escola Profissional Atlântico por ter permitido a realização desta experiência;

à Ana Isabel, à Andreia e ao João Pinto pela amizade;

aos meus pais Armando e Fernanda pelo amor e apoio incondicional;

à Lisandra por toda a ajuda, pelo carinho, pelo amor, por **tudo**.

Resumo

A evolução tecnológica é um fenómeno constante na civilização. Entre as múltiplas dimensões e consequências das inovações estão as novas sensações e experiências que proporcionam. O progresso vertiginoso da Realidade Virtual (RV) assim o demonstra, e o que há poucas décadas não passava de experiências pontuais e muito básicas está presente, nos nossos dias, em vários campos da nossa sociedade. Utilizada em larga escala, a RV, salvo raras excepções, ainda tarda a chegar às Escolas do ensino básico e secundário. Este facto, aliado às dificuldades dos alunos na Matemática e nomeadamente no estudo que exige pensamento tridimensional/abstracto, motivou-nos a desenvolver esta investigação.

Assim, propusemo-nos (1) desenvolver um **modelo RV** para a aprendizagem das secções do cubo, um tema do programa de Geometria do 10.º ano de escolaridade. Paralelamente (2) concebemos uma **experiência** para testar, a sua utilização em sala de aula comparando os resultados obtidos nas *turmas experimentais* com os obtidos em *turmas de controlo*, onde os mesmos conteúdos foram leccionados quer recorrendo à utilização de materiais manipuláveis, quer à exposição “clássica” com recurso ao quadro e imagens fixas. Foram alvo da experiência cinco turmas de alunos do ensino profissional e pretendemos obter informação sobre qual das opções didácticas mais se adequa a alunos deste tipo de ensino. Optámos por fazer observação participante na sala de aula, passar um questionário no final da actividade e, no fim, analisar os resultados quantitativos de uma ficha de trabalho.

Na nossa experiência docente observamos que apesar da convergência de estudos e opiniões no sentido da utilização de novas estratégias e de novas tecnologias e inovações na sala de aula, aparentemente, os professores ainda adoptam maioritariamente o método tradicional de “exposição de matéria”. Esta realidade é tanto mais preocupante quanto, como consequência deste estudo, (A) percebemos que os alunos inseridos em contextos de aprendizagem tradicionais são menos estimulados a pensar, revelam pouca autonomia e uma atitude mais passiva na sala de aula.

A metodologia didáctica não pode ser única nem estática, mas decidida *caso a caso*, em função de cada área, tema e grupo de estudantes, entre outros aspectos. Por outro lado, na Educação, área de reconhecida complexidade, é importante a **diversidade de estratégias e a complementaridade metodológica**. Neste sentido, este estudo mostra como (B) **a RV pode contribuir** ajudando os estudantes a adquirir competências matemáticas e sociais. É uma nova frente na batalha pelo sucesso educativo!

Abstract

Technological development is a constant phenomenon in civilization. Among the multiple dimensions and consequences of that development are the new sensations and experiences it provides its users. The rapid growth of Virtual Reality (VR) is undeniable proof of that and therefore, what was once scarce and very basic experimentation is now present in many different fields of our society.

The fact that VR is not yet widely used in our primary and secondary schools and the students' difficulties in understanding Mathematics, namely what concerns three-dimensional/abstract thinking was the starting point for this study.

We have thus set ourselves to (1) develop a VR model for learning the sections of a cube, which is one of the topics of 10th grade Geometry. Apart from the creation of the virtual reality model itself, we also (2) carried out an experiment to test its usability in the classroom. We taught the same subjects to both the experimental and the control classes. In the control groups however, we used, not only materials that could be easily manipulated by students, but also the traditional 'lecture method', using more conventional teaching aids, such as the blackboard and pictures. These results were then analysed and compared. Our study involved five classes in a vocational school and its main goal was to gather information about the most suitable teaching delivery method for this type of education. To carry out our study we opted for the participant observation method. The students were asked to complete a worksheet, whose quantitative results were later analysed. We also handed out a questionnaire at the end of the activity to provide an overview of students' opinion.

Our experience as teachers tells us that, even though it is widely acknowledged that new strategies and new technologies should be brought into the classroom, most teachers still choose the more traditional methods of teaching. This becomes more disturbing as we realize (A), as a result of our study, that students who are inserted in more traditional teaching environments don't see their thinking stimulated, show little autonomy in the classroom and are more passive.

A teaching method cannot be static or unique; it depends on different variables, such as the subject, topic, group of students, among others and should be decided accordingly. In the education field, which is very complex, methodological diversity and/or complementarity are a must. The results of this study (B) show that VR can play an important role in this area, helping students to acquire social and mathematical skills, showing new possibilities in the battle for students' success.

Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	APRESENTAÇÃO.....	2
1.2.	JUSTIFICAÇÃO DO TEMA.....	4
1.3.	RELEVÂNCIA.....	8
1.4.	OBJECTIVOS.....	9
1.5.	ORGANIZAÇÃO DA TESE.....	9
2.	A REALIDADE VIRTUAL.....	11
2.1.	FACTOS IMPORTANTES.....	12
2.2.	DEFINIÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL.....	17
2.3.	VISÃO GLOBAL DE REALIDADE VIRTUAL.....	19
2.3.1.	<i>Realidade Virtual Imersiva e Não Imersiva</i>	20
2.3.2.	<i>Tipos de RV</i>	21
2.3.3.	<i>Hardware e Software</i>	22
2.3.3.1.	<i>Dispositivos de entrada</i>	22
2.3.3.2.	<i>Dispositivos de saída</i>	24
2.4.	AS TECNOLOGIAS VRML E X3D.....	28
2.4.1.	<i>VRML 1.0</i>	29
2.4.2.	<i>VRML 2.0</i>	30
2.4.3.	<i>X3D</i>	32
2.5.	PLUG-IN DE VISUALIZAÇÃO.....	34
2.6.	O QUE É E O QUE NÃO É RV.....	34
2.7.	IMPORTÂNCIA DA REALIDADE VIRTUAL.....	37
2.8.	MUNDOS VIRTUAIS NA INTERNET.....	39
2.9.	RESUMO DO CAPÍTULO.....	42
3.	EDUCAÇÃO.....	43
3.1.	ENSINO PROFISSIONAL.....	44
3.2.	ENSINO DA MATEMÁTICA.....	44
3.3.	A IMPORTÂNCIA DA VISUALIZAÇÃO NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA.....	50
3.4.	ENSINO DA GEOMETRIA.....	54
3.5.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	57
3.6.	ESTILOS DE APRENDIZAGEM.....	63
3.7.	...FUTURO DA EDUCAÇÃO.....	65
3.8.	RESUMO DO CAPÍTULO.....	69
4.	CONCEPÇÃO DE UM MODELO INTERACTIVO PARA ESTUDO DAS SECÇÕES DO CUBO.....	70
4.1.	COMO SE ENSINAM HOJE AS SECÇÕES DO CUBO.....	71
4.2.	METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE E-CONTEÚDOS.....	77
4.3.	DA TEORIA À PRÁTICA.....	78
4.4.	USABILIDADE.....	86
4.5.	IMPORTÂNCIA DA REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA.....	88
4.6.	OUTRAS APLICAÇÕES E EXTENSÕES POSSÍVEIS DO E-CONTEÚDO.....	92
4.7.	RESUMO DO CAPÍTULO.....	93
5.	ESTUDO DE CASO.....	94
5.1.	PLANO METODOLÓGICO.....	95
5.1.1.	<i>Participantes no estudo</i>	96
5.1.2.	<i>Breve caracterização das turmas e da Escola</i>	96
5.1.3.	<i>Intervenção Didáctica</i>	102
5.1.4.	<i>Grupos de trabalho</i>	104
5.1.5.	<i>Materiais de ensino utilizados</i>	106
5.2.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS.....	107
5.3.	ANÁLISE DE DADOS.....	109
5.3.1.	<i>Análise dos itens específicos de cada questionário das questões de resposta fechada</i> ..	109

5.3.2.	<i>Análise dos itens comuns a pelos menos dois questionários das questões de resposta fechada</i>	113
5.3.3.	<i>Questões de respostas aberta dos questionários</i>	125
5.3.4.	<i>Resultados das fichas de trabalho</i>	126
5.3.5.	<i>Observação das aulas e interpretação dos dados</i>	128
5.4.	RESUMO DO CAPÍTULO	130
6.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	132
6.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
6.2.	TRABALHOS FUTUROS	136
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
8.	ANEXOS	151

Índice de tabelas

TABELA 1 - TIPOS DE NÓS EM VRML	31
TABELA 2 - COMPARAÇÃO ENTRE REALIDADE VIRTUAL E MULTIMÉDIA	35
TABELA 3 - SECÇÕES DO CUBO	91
TABELA 4 - DATAS DAS ACTIVIDADES	103
TABELA 5 - DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS POR GRUPOS	105
TABELA 6 - RECURSOS UTILIZADOS NAS DIFERENTES TURMAS	107
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ALUNOS POR METODOLOGIA	110
TABELA 8 - PERCENTAGENS DE RESPOSTAS NOS ITENS ESPECÍFICOS DO MODELO DE RV	111
TABELA 9 - PERCENTAGENS DE RESPOSTAS NOS ITENS ESPECÍFICOS DAS AULAS COM MATERIAIS MANIPULÁVEIS	112
TABELA 10 - PERCENTAGENS DE RESPOSTAS NOS ITENS ESPECÍFICOS DAS AULAS EXPOSITIVAS	113
TABELA 11 - COM ESTE RECURSO/MATERIAL APRENDO MELHOR DO QUE COM UM LIVRO.....	114
TABELA 12 - APRENDI COISAS NOVAS.....	115
TABELA 13 - AS ACTIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO SÃO INTERESSANTES E DESPERTAM A MINHA CURIOSIDADE.....	116
TABELA 14 - ESTOU HABITUADO A UTILIZAR O COMPUTADOR NAS AULAS	116
TABELA 15 - TIVE UM PAPEL ACTIVO NA APRENDIZAGEM.....	117
TABELA 16 - ESTE MÉTODO É EFICAZ.....	118
TABELA 17 - GANHEI GOSTO PELA MATEMÁTICA	119
TABELA 18 - NÃO POSSO ESTUDAR AO MEU RITMO	120
TABELA 19 - GOSTARIA DE USAR O COMPUTADOR NESTA PARTE DA MATÉRIA	120
TABELA 20 - CONTINUO SEM PERCEBER PARA QUE SERVE ESTA MATÉRIA	121
TABELA 21 - O PROFESSOR APOIOU E ESTIMULOU O USO DAS TIC	122
TABELA 22 - OS COMPUTADORES E A INTERNET VÃO SUBSTITUIR OS LIVROS	122
TABELA 23 - O COMPUTADOR TORNA A APRENDIZAGEM MAIS INTERESSANTE	123
TABELA 24 - DADOS ESTATÍSTICOS DOS RESULTADOS DAS FICHAS DE TRABALHO POR METODOLOGIA.....	127

Índice de figuras

FIGURA 1 – <i>SENSORAMA</i>	12
FIGURA 2 - <i>HEAD-MOUNTED DISPLAY</i>	13
FIGURA 3 – <i>VIDEOPLACE</i>	14
FIGURA 4 - <i>VISUALLY COUPLED AIRBORNE SYSTEMS SIMULATOR</i>	15
FIGURA 5 - <i>BINOCULAR OMNI-ORIENTATION MONITOR</i>	16
FIGURA 6 - AUTOMATIC VIRTUAL ENVIRONMENT	16
FIGURA 7 - <i>IMMERSADESK</i>	17
FIGURA 8 – LUVA DE DADOS	23
FIGURA 9 – <i>FACE-MOUNTED DISPLAY</i>	24
FIGURA 10 – MONITOR AUTO-ESTEREOCÓPICO	25
FIGURA 11 – <i>HAPTICMASTER</i>	26
FIGURA 12 – <i>FEELEX</i>	27
FIGURA 13 - <i>LAPAROSCOPIC IMPULSE ENGINE</i>	27
FIGURA 14 – SISTEMA CARTESIANO DE EIXOS, SEGUNDO A REGRA DA MÃO DIREITA	29
FIGURA 15 – SECÇÕES DO CONE	40
FIGURA 16 – RECTAS NÃO COMPLANARES	40
FIGURA 17 – GALERIA VIRTUAL	41
FIGURA 18 - ESTRUTURA MOLECULAR DA ÁGUA	41
FIGURA 19 – ESTRUTURA DO DIAMANTE DE SILÍCIO	42
FIGURA 20 – O TRIÂNGULO DIDÁCTICO INSERIDO NO SEU CONTEXTO	48
FIGURA 21 – EXEMPLO DE UM LOSANGO OBTIDO COMO UMA SECÇÃO DO CUBO	71
FIGURA 22 – EXEMPLO DA ILUSTRAÇÃO DE SECÇÕES HEXAGONAIS	71
FIGURA 23 – EXEMPLO DE EXERCÍCIOS DESTE CONTEÚDO	72
FIGURA 24 – ILUSTRAÇÃO DE SECÇÕES DO CUBO UTILIZANDO MATERIAL MANIPULÁVEL	73
FIGURA 25 – ILUSTRAÇÃO DA OBTENÇÃO DE SECÇÕES DO CUBO POTENCIADO POR UM SITE NA INTERNET	73
FIGURA 26 – IMAGEM DE ABERTURA DO SOFTWARE EDUCATIVO NO ESTUDO DAS SECÇÕES	75
FIGURA 27 – CONSTRUÇÃO, PASSO A PASSO, DA SECÇÃO DO CUBO	76
FIGURA 28 – CONSECUÇÃO DA SECÇÃO	76
FIGURA 29 – REFERENCIAL CARTESIANO TRIDIMENSIONAL	80
FIGURA 30 – APARECIMENTO DO CUBO NA JANELA DE VISUALIZAÇÃO	81
FIGURA 31 – CRIAÇÃO DA ANIMAÇÃO DO CUBO	82
FIGURA 32 – CRIAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE ROTAÇÃO DO “PLANO DE CORTE”	83
FIGURA 33 – CRIAÇÃO DOS BOTÕES DO “COMANDO” PARA MOVIMENTAR O PLANO	84
FIGURA 34 – DESENVOLVIMENTO DOS INSTRUMENTOS PARA A INTERACTIVIDADE DO “COMANDO”	84
FIGURA 35 – CRIAÇÃO DO NÓ <i>VIEWPOINT</i>	85
FIGURA 36 – CONTROLE PARA ACCIONAR EXEMPLOS DE CORTES PRÉ-GERADOS NO MODELO	86
FIGURA 37 – INTERFACE DO E-CONTEÚDO PARA ESTUDO DOS CORTES NO CUBO	86
FIGURA 38 – DISTINTAS POSIÇÕES DO PLANO DE “CORTE” E DO CUBO	89
FIGURA 39 – TRAPÉZIO CONSEGUIDO INTERSECTANDO A FACE INFERIOR DO CUBO	89
FIGURA 40 – TRAPÉZIO CONSEGUIDO INTERSECTANDO A FACE SUPERIOR DO CUBO	89
FIGURA 41 – PLANO INTERSECTANDO UM CILINDRO	92
FIGURA 42 – PLANO INTERSECTANDO UM CONE	93
FIGURA 43 - DISTRIBUIÇÃO POR SEXOS DOS ALUNOS DE TÉCNICO DE GESTÃO	97
FIGURA 44 - DISTRIBUIÇÃO POR SEXOS DOS ALUNOS DE TÉCNICO DE CONTABILIDADE	98
FIGURA 45 - DISTRIBUIÇÃO POR SEXOS DOS ALUNOS DE TÉCNICO DE INFORMÁTICA DE GESTÃO	99
FIGURA 46 - DISTRIBUIÇÃO POR SEXOS DOS ALUNOS DE TÉCNICO DE MARKETING	100
FIGURA 47 - DISTRIBUIÇÃO POR SEXOS DOS ALUNOS DE TÉCNICO DE HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO E AMBIENTE	101
FIGURA 48 - DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS DE CADA GRUPO DE TRABALHO POR IDADES	110
FIGURA 49 - O ECRÃ É AGRADÁVEL	112
FIGURA 50 - CONCORDÂNCIA COM A EFICÁCIA DO MÉTODO	118
FIGURA 51 - CONCORDÂNCIA COM O FACTO DE GANHAR GOSTO PELA MATEMÁTICA	119
FIGURA 52 – ANÁLISE PERCENTUAL COMPARATIVA, POSITIVAS/NEGATIVAS, ENTRE OS TRÊS MÉTODOS DE ENSINO	128

**Ah não gosta de Matemática,
então vai passar a gostar.**

(Bento de Jesus Caraça)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

O termo Sociedade da Informação surge como substituto do complexo conceito de Sociedade Pós-Industrial. Consequência da aceleração dos processos de produção e disseminação da informação e conhecimento, a Sociedade da Informação descreve uma sociedade e uma economia que fazem o melhor uso possível das tecnologias, seja em casa, no trabalho ou no lazer (M. Silva, 1997). Exemplos dessas tecnologias são os telemóveis, as caixas multibanco ou o correio electrónico.

Nesta fase da evolução tecnológica mundial seria um erro não fazermos referência às actuais plataformas preparadas para ensino a distância, às bibliotecas e museus virtuais e todo o conjunto de ferramentas disponibilizadas quer na Internet, quer em cd's ou dvd's. Recursos tecnológicos que surgem como novas ideias para o aluno aprender, de uma forma natural e interessante, visando, por isso, a melhoria do processo ensino/aprendizagem.

Segundo Moran (1994), o ser humano desde sempre aprende com os *media*. Com esta recente vaga de euforia, o impacto tecnológico faz-se sentir e conseqüentemente surgem novas ideias de como aprender e de adquirir conhecimento.

A escola não pode ficar de fora deste avanço pois, tal como afirma Ponte (1997):

A missão fundamental da escola já não é a de preparar uma pequena elite para estudos superiores e proporcionar à grande massa os requisitos mínimos para uma inserção rápida no mercado de trabalho. Pelo contrário, passa a ser a de preparar a totalidade dos jovens para se inserirem de modo criativo, crítico e interveniente numa sociedade cada vez mais complexa, em que a capacidade de descortinar oportunidades, a flexibilidade de raciocínio, a adaptação a novas situações, a persistência e a capacidade de interagir e cooperar são qualidades fundamentais. (Ponte, 1997, p.1)

Torna-se urgente “abrir as portas” da escola à sociedade e ao progresso que esta sofre a cada segundo. Assim, as novas tecnologias - entenda-se por tecnologia tudo o que vier em prol da aprendizagem – têm de romper a barreira. A tecnologia educacional do “quadro, giz e livro” deve ser reorganizada de modo a que o computador tenha o seu espaço. Deixa de ser natural, nos dias que correm, que muitos professores ainda tenham receio de colocar no dia-a-dia lectivo as tecnologias utilizadas de forma sistemática no

quotidiano civil e até mesmo em outras áreas da escola que não as lectivas (secretaria, conselho executivo, entre outras).

Não esperamos uma “revolução” da máquina nas salas de aula, nem acreditamos num rumo de sucesso desmesurado nas nossas escolas, só pela introdução de meios informáticos. Entendemos, isso sim, que os computadores ao serem dotados da “inteligência” de que o Homem os apetrechou, este deve saber lidar, “dominar” e tirar o melhor partido da máquina! e, desta forma, será mais interessante, útil e necessária a utilização de computadores no processo educativo.

Os computadores trazem outras formas de aprender, diversificam e enriquecem o ambiente educativo, geram um novo interesse e uma nova motivação na escola. Como aliado do professor, no sistema educativo, ele pode ser um “catalisador” de mudanças. A criança pode, agora, aprender “brincando” e, ao seu ritmo, construir o seu próprio conhecimento. O computador também ajuda a “empurrar para fora do palco” o ensino baseado na memorização e na prática repetitiva, facilitando o diálogo entre os diferentes intervenientes assim como uma aprendizagem contínua por parte dos alunos. Através de simulações, por exemplo, o computador permite o acesso fácil e rápido a recursos que nunca imaginámos alcançar. Deste modo, torna-se acessível a todos desenvolver projectos, conjecturar hipóteses, reflectir sobre os resultados e chegar ao conhecimento, mesmo sobre “aqueles” objectos abstractos, até então, considerados *intragáveis* por muitos jovens estudantes. Naturalmente, quando um aluno dispõe de tecnologia, os cálculos repetitivos de papel e lápis não fazem muito sentido, libertando, desta forma, “mais tempo para explorar actividades mais profundas e significativas, designadamente ao nível da compreensão e da resolução de problemas” (J. Fernandes & Vaz, 1998).

Um caso muito particular daquilo que temos vindo a descrever é a Realidade Virtual. Paush (n.d., citado por Niesslein, 1993) já na década de 90 previa a utilização em grande escala da RV em medicina (agora uma realidade) e na educação. Quase vinte anos depois, faz todo o sentido colocarmos duas questões: aonde está esta tecnologia nas salas de aula? E por que é que ainda não contribui na formação das crianças e jovens?

A Realidade Virtual permite-nos, por exemplo, “viajar” até ao pico da montanha mais alta, até às ruínas de Conímbriga, até ao Egipto, ou mesmo conhecer o sistema solar, sem sair das quatro paredes da sala de aula. A RV proporciona, como já havíamos dito, mais experiências e permite ao aluno trabalhar de acordo com as suas capacidades, numa dimensão diferente e quiçá mais completa e intensa que qualquer outro *media*.

Tendo em conta o que foi dito, neste trabalho propusemo-nos construir, aplicar e avaliar um recurso didáctico em 3D interactivo que permite avaliar, tendo em conta os limites de um estudo de caso, a utilidade e o impacto da Realidade Virtual (RV) na educação e em particular na educação matemática.

1.2. Justificação do tema

Acabar com o insucesso? Podia perfeitamente ser este o propósito deste estudo. No entanto, esta pergunta tem uma resposta que surge através de novas questões: Será que a Escola aceitará 100% de sucesso? Será que, todos nós, professores, educadores, psicólogos, população em geral, estamos preparados para uma escola igualitária, que proporcione as mesmas oportunidades a todos, e que apresente apenas resultados positivos nas avaliações dos alunos? O insucesso sempre existiu e continuará a existir! Ainda assim, sabe-se que a sociedade evolui a cada segundo, pelo que, no mínimo, não podemos (ou será muito difícil) impedir os nossos alunos de acompanhar essa evolução na Escola nem tão pouco podemos deixar de evoluir com eles!

Na Idade Média, os professores liam de seus manuscritos para suas classes. A máquina de impressão ameaçou aquele modelo educacional. Entretanto, foi descoberto subsequentemente que, se os estudantes tivessem disponíveis os professores poderiam expandir-se em seus textos e fornecer outras explicações que aumentam o aprendizado. Numa tendência semelhante, muitos educadores sentem medo agora de que o computador faça com que os estudantes se tornem máquinas de busca e pesquisa tão poderosas que a faculdade se torna redundante. Assim como a máquina de impressão liberou o ensino a mover-se para um nível mais alto de conceptualização, também a educação na era da informação transcendera o que tem sido comum em nosso tempo. Bons professores não serão substituídos pelos assistentes de ensino e ajudantes de professores, mas liberados para definir a educação em termos mais excitantes e criativos. (Coombs, 1992, p. 25)

Acreditamos e parece justificado historicamente que a prática sistemática de métodos de ensino que privilegiem a transmissão de conhecimentos, não nos levará a bom porto naquilo que todos pretendemos, o sucesso no processo ensino/aprendizagem. Ter as “habilidades” de memorizar e reproduzir não pode ser desvalorizado, mas a aquisição de outras competências torna-se fundamental para a inserção na sociedade tecnológica

em que nos estamos a tornar. Desta forma, surgem diversas investigações que têm sido conduzidas de forma a perceber como ocorre a construção do conhecimento [ver, por exemplo, o trabalho de Jófili (2002), que analisa as contribuições de Piaget, Vygotsky e Freire para a compreensão da construção do conhecimento; os trabalhos de Costa (2000, 2002) sobre a construção do conhecimento matemático; o trabalho de Coutinho (2005), que apresenta os aspectos mais relevantes da investigação desenvolvida em torno do potencial dos sistemas hipermédia educativos]. Outras tantas teorias (Behaviorismo e Construtivismo, por exemplo) sistematizam o que parece ser necessário para uma aquisição/recomposição do conhecimento.

Assim sendo, e tendo em conta o contexto em que vivemos, a aprendizagem da Matemática deve estar em consonância com uma abordagem construtivista. Todos nós, professores e educadores, não podemos considerar os objectos matemáticos “prontos”, antes, temos de perceber que estes têm de ser construídos pelos alunos para uma aprendizagem Matemática mais eficaz e significativa¹.

Para os matemáticos, um perene problema é explicar ao grande público que a importância da Matemática vai além da sua aplicabilidade. É como explicar a alguém que nunca ouviu música a beleza de uma melodia... Que se aprenda a Matemática que resolve problemas práticos da vida, mas que não se pense que esta é a sua qualidade essencial. (Chandler & Edwards, n.d., citado por Gravina & Santarosa, 1998, p. 3)

As dificuldades de uma ciência abstracta

Nos tempos remotos, a Matemática, nomeadamente a Geometria, surgiu como a ciência que resolve os problemas de medidas, uma ciência prática. Com o decorrer dos anos a Matemática surge como uma ciência abstracta, acessível só a alguns, “que ninguém percebe”, como diz o discurso popular... temos de ser nós, professores, a incutir o gosto de “fazer Matemática” aos nossos alunos.

Piaget, através da sua teoria de desenvolvimento cognitivo, ajuda-nos a compreender que o pensamento matemático não é, em essência, diferente do pensamento humano mais geral, no sentido em que ambos requerem habilidades como “*intuição*”², *senso*

¹ Aprendizagem significativa é o processo que ocorre quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aluno em ligar a informação nova às estruturas cognitivas e aos referências simbólicos já existentes (Ausubel, 1978 citado por Silva & Silva, 2005).

² “A palavra *intuição*, usada pelos matemáticos, tem uma grande carga de mistério e ambiguidade. Por vezes parece ser substituta perigosa e ilegítima para demonstração rigorosa. Noutros contextos parece indicar uma luz inexplicável de visão, através da qual alguns felizardos adquirem conhecimento matemático que outros só conseguem alcançar com grande esforço.” In “*A Experiência Matemática*”.

comum, apreciação de regularidades, representação, abstracção e generalização” (Feldman, Papalia & Olds, 2001).

A importância da visualização

Desta forma, e sendo através dos sentidos que recebemos informação do exterior, a importância da visualização na construção do conhecimento matemático é facilmente reconhecida. A Geometria, como ramo da Matemática, é muitas vezes ignorada ou mal-amada na perspectiva científica, mas é, talvez, o melhor meio para aperfeiçoar as capacidades espaciais e de abstracção.

Janvier (1990, citado por M. Cardoso, 1995) defende a contextualização dos problemas, mas refere que os alunos preferem resolver problemas através de equações, mesmo não percebendo o que está por detrás, do que através de tabelas ou diagramas. Eisenberg e Dreyfus (1991, citado por Viseu, 2000) conseguem explicar tal situação afirmando que é mais fácil para os alunos aprenderem e aplicarem, em exercícios, determinados algoritmos, do que tentar perceber o que está por detrás e trabalhar em busca do que é pedido. Raciocinar dá trabalho! Da mesma forma é mais acessível para os professores “fazer aparecer” uma demonstração analítica, onde não é preciso dar grandes explicações, do que explicar de um modo visual, onde a “crença” sobre a natureza da Matemática sai defraudada. A Matemática é uma ciência rigorosa, pelo que não se pode “abandonar” esse formalismo que existe. Desta forma, abordar conceitos de um ponto de vista geométrico pode ser “perigoso”. O docente ao escolher uma abordagem Matemática diferente da habitual, onde não apareçam números e fórmulas... tem de apelar para a compreensão dos alunos, tem de lhes dar “espaço” para raciocinarem e, isso, para muitos, não é “fazer” Matemática!

Nos seus trabalhos, Ball e Wittrok (1973, citado por Castro e Castro, 1997) concluíram que os alunos que produzem representações gráficas na formação de um dado conceito recordam-no mais significativamente do que aqueles que só conhecem a sua definição verbal. Carvalho e Silva (1991, citado por Viseu, 2000) corrobora a mesma opinião, referindo que a reprodução, por parte dos alunos, em testes e exames, de cálculos não é sinal de aprendizagem, pois, fazendo as mesmas perguntas aos mesmos alunos um ano depois, eles não serão capazes de dar uma resposta correcta.

Estas habilidades espaciais apresentam-se como uma forte componente do desenvolvimento da inteligência humana. Diversos estudos demonstram que essas

capacidades de visualização espacial podem ser melhoradas de acordo com o “treino” que efectuamos.

Neste sentido, a tecnologia parece ser uma forma de contribuir para a aprendizagem. A tecnologia tem estado sempre presente na sala de aula. Na aula de Matemática sempre se ensinou a tabuada, mas também sempre se procuraram outros meios automáticos de cálculo. Inicialmente existiam os ábacos e os quipus, aos quais se seguiram as tábuas de logaritmos que revolucionaram o “mundo do cálculo”. A este propósito, disseram Sebastião e Silva e Silva Paulo (n.d., citados em “Calculadoras gráficas: mais um elo na cadeia da evolução da tecnologia educativa”): “Se esta invenção tem chegado ao conhecimento de Kepler mais cedo ter-lhe-ia reduzido o longo trabalho de 22 anos de cálculos que fez para estabelecer as leis do movimento dos planetas.” Mais tarde apareceram as réguas de cálculo que facilitaram ainda mais os cálculos que não exigissem demasiada precisão. As máquinas de calcular mecânicas e, no rescaldo da II Grande Guerra, os computadores, foram o passo seguinte na evolução da tecnologia.

Não podemos continuar a assistir “do lado de fora” às implicações que estas inovações trazem para o ensino. Temos de aproveitar todas as potencialidades do computador, algo que os alunos tanto gostam. E aproveitar os recursos que o computador nos disponibiliza é, entre outros, beneficiar do que de mais recente existe. Assim, e segundo Pereira e Peruzza (2002, citado por Vendruscolo, Dias, Bernardi & Cassal, 2005), entrámos na 4.^a geração com a Realidade Virtual. A utilização da Realidade Virtual no processo ensino/aprendizagem é ainda recente, mas onde se vê um novo horizonte, um novo rumo da educação. A Realidade Virtual pode ser definida de modo muito simples como um ambiente tridimensional, interactivo, em que o utilizador participa num mundo virtual, manipulando objectos desse espaço. A utilização da RV na aprendizagem permite ao aluno explorar os objectos, de uma forma mais criativa e interactiva. “A Realidade Virtual permite extrapolar os limites espaço-temporais” (Vendruscolo et al., 2005) sendo que a sua utilização pode causar reacções de empatia e curiosidade (associadas à fantasia criada nestes ambientes) o que poderá revolucionar a aprendizagem. A Realidade Virtual no ensino da Matemática e em particular da Geometria é, segundo diversos autores (ver por exemplo, Sulbaran e Smith, 2003), uma *vantagem educativa* na compreensão e aquisição de conceitos geométricos que até agora só poderiam ser imaginados pelos alunos mas que podem passar a ser vistos e mesmo manipulados por eles!

1.3. Relevância

A Realidade Virtual é uma área do conhecimento em expansão e que, à partida, poderá oferecer uma enorme panóplia de possibilidades, que não podem deixar de ser exploradas. Se a Realidade Virtual vem sendo utilizada em diversas áreas da nossa sociedade, não pode a escola continuar a “esconder-se” como se de um mundo fechado e à parte se tratasse. Com maior ou menor dificuldade, a inovação tecnológica tem de começar a aparecer nas nossas escolas – diga-se que já não chega cedo. Se em algumas disciplinas a inclusão da tecnologia na sala de aula não parece tarefa fácil, a este leque de disciplinas não pertence a Matemática. Nesta disciplina parece haver consenso nas vantagens da utilização de calculadora e do computador na sala de aula. A verdade é que o ensino da Matemática tem sofrido inúmeras alterações sem que no final surja grande efeito quer em resultados quer no despertar para o interesse desta disciplina.

Em Portugal, a RV na sala de aula é, tanto quanto se sabe, rara ou inexistente. Assim, há algum pioneirismo nesta caminhada, o que nos permite observar algumas das potencialidades da Realidade Virtual no processo ensino/aprendizagem de uma forma fresca e despreziosa. Sendo a Geometria, no campo da aprendizagem da Matemática, muitas vezes o seu “calcanhar de Aquiles”, pretendemos estudar novas formas de ensinar e aprender Geometria, de desmistificar a visualização espacial como algo abstracto e apenas fruto da imaginação. Não nos limitando a apresentar algo novo, um e-conteúdo³, fomos, também, comparar as eficácias de diversas metodologias de ensino/aprendizagem na sala de aula de modo a que, num futuro próximo, outros possam adaptar as nossas escolhas e seguir, quiçá, caminhos mais favoráveis ao processo ensino/aprendizagem.

O facto de nesta investigação termos trabalhado com alunos do ensino profissional é, também, um aspecto invulgar no que diz respeito a estudos com aplicações RV na sala de aula.

³ e-conteúdos: são conteúdos digitais que podem ser transmitidos por uma rede de computadores como a Internet.

1.4. Objectivos

A mais moderna técnica de interface homem-máquina, que é a Realidade Virtual, aumenta a qualidade do ensino da Matemática? Como? Em que contextos?

Com o objectivo de responder a estas questões, surgiu a ideia de desenvolver uma aplicação em 3D, no qual a Realidade Virtual será utilizada como factor de motivação e participação do indivíduo nas aprendizagens de Geometria, promovendo o raciocínio lógico-matemático.

Desta forma, serão objectivos específicos deste estudo:

1. definir o espaço de aplicação da Realidade Virtual (RV) no contexto desta investigação;
2. identificar e distinguir a Realidade Virtual das “imitações”;
3. criar espaços e contextos de aprendizagem que permitam a visualização e manipulação de objectos em 3D;
4. utilizar ambientes de RV como ferramenta para a construção de conhecimento;
5. criar ambientes que permitam aos alunos uma participação activa e interactiva na construção do conhecimento;
6. comparar resultados de aprendizagem, motivação e empenho na abordagem, de formas distintas, de um mesmo conceito.

1.5. Organização da tese

Esta tese está dividida pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1: Introdução

Apresentação geral, justificação do tema, relevância científica, objectivos e estrutura do trabalho.

Capítulo 2: A Realidade Virtual

Factos importantes, definição e visão global de Realidade Virtual; distinção entre RV imersiva e não imersiva; apresentação dos vários tipos de RV, hardware e software; apresentação sumária das linguagens

VRML e X3D; modo de visualização de modelos VRML ou X3D em ambiente Windows; comparação entre multimédia e RV, aplicações da Realidade Virtual em distintas áreas da sociedade e exemplos de mundos virtuais na Internet. Apresenta-se, no final, um resumo deste capítulo.

Capítulo 3: Educação

Apresentação do ensino profissional, história sumária da evolução do ensino da Matemática, importância da visualização na aprendizagem da Matemática e aspectos importantes no ensino da Geometria. Apresentamos a teoria subjacente à opção metodológica mais adequada ao estudo (Construtivismo) e abordamos os diferentes estilos de aprendizagem. Apresentamos algumas linhas acerca do futuro do ensino da Matemática e, no final, um resumo deste capítulo.

Capítulo 4: O modelo

Iniciamos este capítulo apresentando diferentes possibilidades para o ensino das secções do cubo; fazemos uma breve abordagem às metodologias de desenvolvimento de e-conteúdos e uma caracterização dos motivos para o desenvolvimento do nosso e-conteúdo, completando com uma referência à sua construção. Usabilidade e pertinência do modelo para o processo ensino/aprendizagem foram outros temas abordados. No final fazemos um resumo deste capítulo.

Capítulo 5: Estudo de caso

Apresentamos o plano metodológico com a caracterização dos intervenientes, a intervenção didáctica com referência aos grupos de trabalho e materiais utilizados; descrevemos as técnicas e instrumentos de recolha de dados e fazemos a análise dos mesmos, fazendo referência às respostas dos questionários, aos resultados da ficha de trabalho e à observação das aulas. Apresentamos, no final, um resumo deste capítulo.

Capítulo 6: Conclusão e trabalhos futuros

Apresentamos as considerações finais do trabalho apresentado e propostas para trabalhos futuros.

2. A REALIDADE VIRTUAL

2.1. Factos importantes

Apesar de ser considerada a tecnologia do futuro, a Realidade Virtual (RV) teve início pouco depois do término da Segunda Guerra Mundial. O seu surgimento deveu-se à indústria de simuladores (nomeadamente os simuladores de voo construídos pela força aérea dos Estados Unidos da América) e à indústria cinematográfica.

Na década de 50 os computadores eram máquinas que ocupavam prédios inteiros e eram super refrigerados. Somente especialistas em linguagens de programação eram capazes de mexer, não sendo capazes de fazer muito mais do que operar enormes conjuntos de números. Nessa altura, Douglas Engelbart, um engenheiro eléctrico, tinha ideias diferentes. Este pensava em transformar os computadores de modo a que pudessem ser usados como ferramentas de exibição digital, através de uma tela (Othman, 2002). Inicialmente as suas ideias foram rejeitadas, mas na década de 60, impulsionados pelas suas ideias, surgem os primeiros computadores baseados em transístores, que substituíam as pesadas válvulas electrónicas, conseguindo construir computadores mais amigáveis. Estas mudanças estão na origem do aparecimento dos computadores pessoais, da computação gráfica e mais tarde da Realidade Virtual.

Morton Heilig (citado por Packer, 2001), um cineasta que já imaginava o “cinema do futuro”, patenteou, em 1962, um simulador denominado *sensorama* (figura 1).



Figura 1 – *Sensorama*⁴

⁴ <http://www.telepresence.org/sensorama/images/sensorama-1.jpg>

O equipamento permitia ao utilizador expor-se a uma combinação de visão tridimensional, som estéreo, vibrações, sensações de vento e aromas (Vince, 1995). O *sensorama* não foi um sucesso comercial, mas terá sido o impulso para o que hoje conhecemos como Realidade Virtual.

Na mesma década de 60 surgem as primeiras câmaras remotas assim como um circuito fechado de televisão com o visor montado num capacete, o qual era controlado a partir dos movimentos da mesma. Da autoria de Comeau e Bryan, produzidos pela Philco, este equipamento passou a designar-se de *head-mounted display* (figura 2).



Figura 2 - *Head-mounted display*⁵

Douglas Engelbart apresenta o primeiro instrumento capaz de mover um texto ao longo de uma tela de computador, o primeiro “mouse”.

Em 1965, Ivan Sutherland, considerado por alguns o “pai” da Realidade Virtual, apresentou ao mundo o primeiro capacete de visualização de imagens geradas por computador totalmente funcional. Inserido no projecto *Ultimate Display* (citado por Packer, 2001), este foi o trabalho precursor da imersão em ambiente virtual (AV).

Ivan Sutherland foi o primeiro a utilizar unicamente imagens geradas por computador, o que permitiu a criação de simuladores que continham uma sequência de imagens geradas por computador e apresentadas em fracções de segundos. Naquela época, anos setenta, as cenas eram simples (com somente 200 a 400 polígonos) e cada uma demorava 1/20 segundos a ser processada e mostrada, ou seja, eram vistas 20 cenas por segundo. Sutherland previu ainda a incorporação da sensação de tacto permitindo a

⁵ <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>

sensação de pegar ou tocar um objecto virtual. No entanto, foi Frederick Brooks e alguns colegas da Universidade da Carolina do Norte, Estados Unidos, que tornaram a ideia realidade. Com a ajuda de um braço robótico conseguiram simular forças de colisão tridimensionais. Se o utilizador impelisse com força uma parede virtual, o braço mecânico faria uma força contrária tridimensional, idêntica à realizada (Burdea, 2003). Na mesma década de setenta, Myron Krueger desenvolveu o *videoplace* (figura 3).



Figura 3 – Videoplace⁶

Tratava-se de uma câmara de vídeo que capturava a imagem dos participantes, projectando-a em 2D numa tela gigante. Os intervenientes podiam interagir uns com os outros assim como com os objectos projectados e os seus movimentos eram constantemente capturados e processados. Esta técnica é actualmente conhecida por Realidade Virtual de Projecção.

Podemos dizer que a Realidade Virtual ficou mais visível com a popularização do *Head-Mounted Display* (HMD), por Jaron Lanier. Este dispositivo foi o primeiro a utilizar a visão estereoscópica⁷, dando uma maior sensação de profundidade, conjuntamente com o *tracking* dos movimentos da cabeça do utilizador, facilitando a sensação de imersão.

Em 1982, um simulador de voo, o *Visually Coupled Airborne Systems Simulator* (VCASS) (figura 4), também conhecido por *Super Cockpit*, foi apresentado à Força Aérea Americana. Thomas Furness demonstrava o poder do VCASS, onde os pilotos

⁶ <http://www.evl.uic.edu/aej/528/lecture01.html>

⁷ “Estereoscopia: a apresentação de imagens diferentes a cada olho de modo a dar a ilusão de tridimensionalidade.” (Howard Rheingold, 1997)

aprendiam a voar e lutar em trajetórias com 6 graus de liberdade⁸ (6DOF), sem levantar voo. Os capacetes integravam as componentes áudio e vídeo, possuíam uma elevada qualidade de imagem, no entanto, o seu elevado custo era um problema.

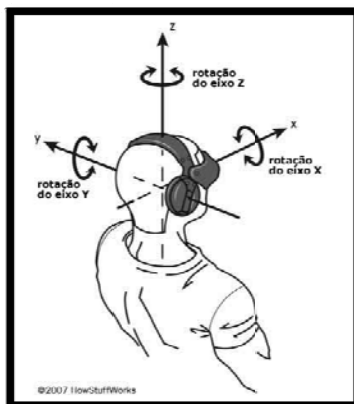


Figura 4 - Visually Coupled Airborne Systems Simulator⁹

Com o aparecimento de uma nova tecnologia, os visores de cristal líquido (LCD), surge o novo projecto *Virtual Visual Environment Display* (VIVED), desenvolvido por Michael McGreevy. Mais económico que o VCASS, mas também mais limitado, junta-se ao projecto Scott Fisher que tenta incorporar luvas de dados, reconhecimento de voz, síntese de som 3D e dispositivos de feedback táctil.

No mesmo ano, em 1985, Thomas Zimmerman e Jaron Lanier fundam a *VPL Research*. O seu primeiro trabalho, comprado pela VIVED, foi uma luva de dados, a *DataGlove*, capaz de captar a movimentação e inclinação dos dedos da mão.

No ano seguinte, uma equipa da NASA possuía um ambiente virtual que permitia comandar pela voz e manipular objectos virtuais pelo movimento das mãos. Esta evolução tornou a comercialização de novas tecnologias menos dispendiosa. Surgem, então, inúmeros programas de pesquisa em RV, assim como empresas a desenvolver e negociar produtos para Realidade Virtual.

Em 1989 a *Autodesk* desenvolve o primeiro sistema de RV para computadores pessoais (PC). A *Fake Space Labs*, no mesmo ano, desenvolveu e comercializou o *Binocular Omni-Orientation Monitor* (BOOM), que se pode ver na figura 5. Tratava-se de uma caixa contendo dois monitores que podiam ser vistos através de orifícios num dos lados.

⁸ Os objetos podem movimentar-se (translação): para frente ou para trás (eixo xx); para esquerda ou direita (eixo yy) para cima ou para baixo (eixo zz). Podem, ainda, girar em torno de cada um desses eixos (rotação).

⁹ <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/equipamentos-realidade-virtual6.htm>

O utilizador segurava a caixa e mantinha-a próxima dos olhos enquanto a movia pelo mundo virtual.

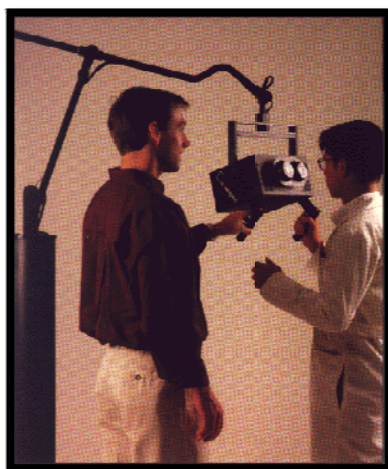


Figura 5 - Binocular Omni-Orientation Monitor¹⁰

Na década de 90 diversas aplicações comerciais, educacionais e médicas passaram a utilizar a Realidade Virtual como principal meio de interacção. De entre muitas destacam-se a *Automatic Virtual Environment (CAVE)* (figura 6) e a *ImmersaDesk* (figura 7).

A CAVE é composta por uma pequena sala, cujas paredes e chão servem para projectar imagens estereoscópicas. O utilizador fica completamente imerso nas imagens de alta resolução.

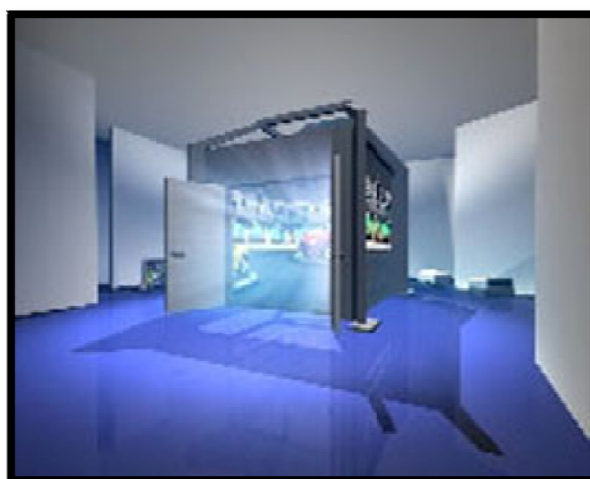


Figura 6 - Automatic Virtual Environment¹¹

¹⁰ <http://www-cdr.stanford.edu/html/DesignSpace/sponsors/boom.html>

A *ImmersaDesk* é um dispositivo semi-imersivo no formato de uma tela de desenho. O utilizador recorre a óculos estereoscópicos, auscultadores de ouvido e dispositivo de rastreamento óptico e observa imagens de alta resolução com um campo de visão até 90°.



Figura 7 - ImmersaDesk¹²

A Realidade Virtual está cada vez mais entranhada na nossa sociedade, e para isso muito tem contribuído a *Electronic Visualization Laboratory*, nomeadamente através das aplicações *GeoWall* (combina pesquisadores e educadores das ciências geológicas e ciências de computador para desenvolver equipamentos e programas para visualização estereoscópica económicos), *PARIS* (modelo de realidade aumentada que está a ser usado para implantar próteses) e *Personal Varrier* (monitor LCD gera uma técnica especial de RV em tempo real, que retira a necessidade de utilização de óculos especiais, proporcionando a sensação de imersão).

2.2. Definição de Realidade Virtual

Se pensarmos nas produções cinematográficas, exemplo de *Vanilla Sky* e *The Matrix*, por exemplo, surge de forma natural a questão: real ou virtual?

Levy (1996) afirma que o virtual não se opõe ao real mas, sim, a outro processo chamado actualização.

O termo “Realidade Virtual” surge por volta de 1980 e deve-se a Jaron Lanier. Segundo o próprio, a ideia do conceito surgiu para se distinguir de outros autores, nomeadamente

¹¹ <http://ca.geocities.com/raidhosn/cap04.htm#dispositivos44>

¹² <http://www.evl.uic.edu/core.php?mod=4&type=2&indi=164>

Ivan Sutherland e Larry Kruger que utilizavam a terminologia “mundo virtual” e “realidade artificial”, respectivamente. Para o autor era preciso dar um novo significado, fazer uma nova abordagem dos conceitos, e a escolha pendeu para o termo “realidade”, por sugerir interacção e partilha com os outros. Daí, a mudança de “mundo virtual” para “realidade virtual” (Pimentel, 1993).

Existem, hoje em dia, diversas definições de Realidade Virtual. Alguns autores definem Realidade Virtual como um ambiente multimédia baseado em computador, muito interactivo. O utilizador deixa de ser agente passivo, tornando-se parte da acção do seu monitor, conferindo-lhe participação (ver, por exemplo, Pantelidis & Vinciguerra, 1995).

Paush (citado por Miller, 1993), numa tentativa de explicar o que é RV, começa por dizer que esta é muito “delicada” e compara a dificuldade de defini-la com a dificuldade de descrever as cores a um cego. Segundo o autor, a Realidade Virtual transporta o utilizador para um ambiente sintético gerado por estímulos visuais, auditivos e outros.

Para Latta (1994), o conceito de Realidade Virtual é dado como uma interface que simula um ambiente real, permitindo aos utilizadores interagirem com o mesmo.

A RV é um espelho da realidade física, na qual, segundo Schweber e Schweber (1995), o indivíduo pode interagir com o mundo à sua volta, sendo que, com os equipamentos e técnicas disponibilizados, é possível “tocar” nos objectos do mundo virtual. Segundo Adams (1994), a RV é uma simulação do mundo real, mas a 4 dimensões. Esta quarta dimensão será o tempo que foi acrescentado às imagens 3D animadas por computador.

De acordo com Vince (1995), temos vindo a procurar o papel dos computadores no futuro. Acreditamos que a ficção científica é um incrível mundo dentro do nosso próprio “mundo real”. E, esse “mundo bizarro” onde é possível interagir e simular tudo quanto se queira, sem ter em conta as questões de tempo e espaço, será Realidade Virtual.

Por sua vez, Feiner, Rosenblum e Bryson (1995) referem que a RV surge quando a tecnologia de computadores cria o efeito de um mundo tridimensional interactivo, em que os objectos têm sentido de presença espacial.

Briggs (1996) vê a RV como uma simulação tridimensional, gerada por computador, onde é possível navegar, interagir ou até mesmo imergir nesse universo.

Burdea (2003) afirma que a RV é uma interface avançada que permite ao participante imergir, navegar e interagir num ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando os canais multissensoriais.

Proporcionando meios mais interessantes de aprender, trabalhar e de entretenimento, Russel e Norvig (2003) apresentam-nos a ideia de que a RV é a evolução da tecnologia de interface com computadores.

Existem, como vimos, muitas definições de Realidade Virtual, tendo em conta a experiência de cada autor e as diferentes perspectivas sobre determinados conceitos tecnológicos. Para nós, e tendo em consideração os aspectos até aqui realçados, podemos definir Realidade Virtual como uma interface para aplicações computacionais, em que o utilizador fazendo uso dos seus sentidos, manipula, visualiza, explora e interage com os dados do sistema, num ambiente tridimensional, em tempo real. A RV é um “simulador” que ultrapassa a R (Realidade), na medida em que através da RV conseguimos ter “sentidos” para perceber raio-X e radioactividade, por exemplo. Com a RV, tal como afirma Paush (citado por Thomasson, 1991), não há limite para o que se pode fazer no mundo real.

2.3. Visão global de Realidade Virtual

Acabámos de ver a grande diversidade de definições para RV. Fiolhais e Trindade (1999) defendem a RV como a junção de 3 conceitos: imersão, interacção e manipulação.

Indo de encontro à definição de imersão (mergulho), este termo está relacionado com a sensação de ser parte integrante do ambiente. Assim, o utilizador fica com a percepção que está “fora” do mundo real, quer através de estímulos físicos quer psicológicos.

A interacção é a capacidade de resposta, do computador, às acções exercidas pelo utilizador. Este é um factor de motivação para o participante que usa sistemas de Realidade Virtual, uma vez que as cenas num mundo virtual mudam em tempo real, de acordo com os comandos executados. De acordo com Adams (1994), a interacção pode ocorrer de três modos distintos: passivo, exploratório ou interactivo. No primeiro caso o participante não exerce qualquer tipo de influência sobre o sistema, limitando-se a navegar. Numa sessão exploratória o utilizador pode escolher o caminho, os pontos de observação, não podendo interagir, ao contrário do que se passa numa sessão interactiva. Nesta, o aluno é capaz de explorar, sendo ele quem comanda e no qual o sistema responde às acções exercidas, seja através da voz, menus virtuais ou mesmo dispositivos de laser.

Por fim, a manipulação refere-se à capacidade de explorar as características do mundo virtual. Existem diferentes ideias da forma como se deve manipular o ponto de observação (*viewpoint*), que de acordo com Ware (2004), são:

- *Walking*: o utilizador fisicamente anda por uma área determinada pelo *tracking*. Este tipo é o mais aconselhável para a visualização de estruturas arquitectónicas;
- *Point-and-fly*: a representação virtual do utilizador (*avatar*) pode navegar livremente pelo mundo virtual recorrendo a dispositivos de entrada;
- *Eyeball-in-hand* ou *Camera-in-hand*: o utilizador segura um *tracker* e manipula o seu “olho virtual”. Esta técnica é aconselhada para a análise de um objecto a partir de diferentes pontos de observação;
- *Scene-in-hand*: os movimentos dos dispositivos de entrada 3D são gravados dentro do mundo virtual, mantendo o ponto de observação do utilizador fixo e movendo o meio envolvente. O utilizador controla o ponto de observação através das mãos.

2.3.1. Realidade Virtual Imersiva e Não Imersiva

A Realidade Virtual pode classificar-se, de acordo o grau de envolvimento que o utilizador exerce com o sistema, como imersiva e não imersiva (Leston, 1996). A Realidade Virtual é imersiva quando o utilizador é transportado para “dentro” do ambiente criado. Através de dispositivos multissensoriais (luva, capacete de visualização, por exemplo) que captam movimentos e reacções e respondem-lhes, o participante fica com uma sensação de interacção com o meio envolvente.

Por outro lado, a RV é classificada como não imersiva quando o utilizador é transportado, apenas parcialmente, ao mundo virtual. Apesar do aluno não deixar de se “sentir” no mundo real, pode, através de um monitor, por exemplo, interagir e comandar as cenas que observa.

No caso da RV imersiva, segundo Kirner e Tori (2006), o grau de realidade pode ser aumentado através de uma visão e som estéreo, ou mesmo através de dispositivos que reforcem a reacção ao tacto, força, peso, calor e frio, entre outros.

Independentemente do uso de capacete ou de óculos, quando a visualização do mundo virtual é realizada em monitores ou telas, estamos perante RV não imersiva, pois, de acordo com os mesmos autores, se o utilizador desviar o olhar do monitor, perde o contacto com o mundo em que está inserido.

Com a evolução tecnológica e, nomeadamente, da Realidade Virtual, a tendência da sua utilização será com recurso a capacetes ou salas de projecção. No entanto, a RV não imersiva tem, nesta altura, algumas vantagens. Destacam-se, de entre elas, a capacidade de utilização plena de todas as vantagens da evolução da indústria de computadores, os reduzidos custos quando comparados com a RV imersiva, a facilidade de uso e o facto de evitar as limitações técnicas decorrentes do uso de capacete, por exemplo.

2.3.2. Tipos de RV

De acordo com Pimentel (1993), os sistemas de RV podem classificar-se como RV de Simulação, RV de Projecção, Realidade Aumentada, Telepresença, Visually Coupled Display e RV de Mesa.

RV de Simulação: sendo este o primeiro sistema de RV, não gera imagens estereoscópicas. A RV de Simulação foi desenvolvida pelos americanos depois da Segunda Guerra Mundial, para simulações de voos. O tipo de simulações espalhou-se, sendo que este sistema coloca o utilizador dentro de uma “cabine”, imitando o interior de um carro, avião ou jacto, podendo disponibilizar feedback táctil e auditivo (Vince, 2004), e proporcionando-lhe a sensação de controle.

RV de Projecção: o sistema VIDEOPLACE é um exemplo da forma que Myron Krueger inventou para o utilizador interagir com o mundo virtual. É um ambiente que inclui imagens reais em ambientes virtuais. Neste tipo de RV, com uma câmara de vídeo, é possível capturar imagens reais e misturá-las às virtuais (Kishino e Milgram, 1994).

Realidade Aumentada: será a RA um caso particular de RV? Segundo Bimber e Raskar (2005), a RA é uma ampliação do mundo real, onde se incorporam suplementos virtuais. Deixa de existir uma imersão profunda num mundo que “não existe”, passando o mundo “real” a incorporar informações virtuais.

Telepresença: este sistema usa câmaras de vídeo e microfones remotos para uma imersão mais conseguida. Tem como grande objectivo transportar as capacidades motoras e sensoriais do utilizador para um ambiente remoto, com o objectivo de realizar tarefas que de outro modo não seria fácil ou mesmo possível. Para tal o utilizador serve-

se de dispositivos de entrada que percebem os seus movimentos, transmitindo-os a um robô, que imitará essas acções no ambiente remoto. Telepresença e Realidade Virtual diferem no que diz respeito ao ambiente de actuação, enquanto a primeira técnica actua no mundo real, a segunda actua sobre o mundo virtual ou simulado (Burdea, 2003).

Visually Coupled Display: neste tipo de sistema o utilizador olha por um dispositivo que segue os movimentos da sua cabeça. Sensores ligados ao dispositivo detectam os movimentos da cabeça, o que permite a modificação da imagem exibida (Pimentel, 1993). Por norma as imagens e sons enviados são estéreo.

RV de Mesa: para Pimentel (1993), este sistema é visto como uma hipótese diferente de visualização do mundo tridimensional, daquela que se tem aquando da utilização de HMD's. Assim, serão utilizados monitores (desktop) para a interacção com o mundo virtual, sendo possível, mas não necessária, a utilização de óculos.

2.3.3. Hardware e Software

Qualquer sistema de computador será tanto mais eficaz quanto maior rendimento tirar de hardware e software. Assim, faz sentido realçar que software e que dispositivos estão ao serviço da RV, o que se fará seguidamente, apresentando uma amostra de equipamentos e software de RV.

Quanto aos dispositivos para Realidade Virtual, sabemos que estes têm como função melhorar o grau de envolvimento do utilizador com o ambiente virtual. Estes, quando associados a aspectos cognitivos funcionam como estímulos visuais, auditivos, tácteis, motores ou olfactivos (Roseblum, Burdea & Tachi, 1998). São de dois tipos, dispositivos de entrada e de saída.

2.3.3.1. Dispositivos de entrada

Estes, segundo A. Cardoso e Machado (2006), procuram captar movimentos e acções do utilizar de forma a “alimentar” o sistema de RV.

Dispositivos de Interacção

Dispositivos com 2DOF: a interacção é feita através de um “rato” ou um “joystick”. Dispositivos económicos e fáceis de utilizar possibilitam a interacção em tempo real.

Dispositivos com 6DOF: dispositivos que possibilitam uma movimentação em todas as direcções, incluídos movimentos de rotação. Existe, de acordo com A. Cardoso e Machado (ibidem), a tentativa de melhorar o “rato” de modo a que este possa funcionar com sensores 6DOF, através da inclusão de dispositivos de rastreamento ultra-sónicos ou electromagnéticos. Por outro lado existem as bolas isométricas, fáceis de manipular e que têm a vantagem de medir a força aplicada sobre ela.

Luvas de Dados (figura 8): permite ao sistema de RV reconhecer os movimentos da mão (dedos da mão). Estes movimentos são reconhecidos através da utilização de fibras ópticas ou, como opção, pode ser adicionado um sensor de movimentos, que permite a localização do utilizador.



Figura 8 – Luva de dados¹³

Sensores de Entrada Biológicos: estes funcionam através de comando de voz e sinais eléctricos musculares, como por exemplo um “piscar” de olhos. Os últimos funcionam devido a eléctrodos colocados na pele, de forma a detectar actividade muscular.

Dispositivos de Rastreamento

Muitos dispositivos de interacção contam com um dispositivo para detecção ou rastreamento de trajectória, sendo conhecidos por dispositivos de trajectória, ou *tracking*. Estes trabalham tendo por base a diferença de posição relativamente a um ponto – o ponto de referência. Em muitos casos existe uma fonte que emite o sinal, um sensor que o recebe e uma caixa que processa o sinal e faz a comunicação com o computador (Pimentel, 1993). Estes dispositivos usam técnicas mecânicas, ultra-sónicas, magnéticas e ópticas.

¹³ <http://ca.geocities.com/raidhosn/cap04.htm#dispositivos44>

2.3.3.2. Dispositivos de saída

Depois de “alimentado” o sistema, este devolverá, através dos dispositivos de saída, o resultado desta interacção na forma de estímulos, utilizando para isso os sentidos humanos.

Dispositivos visuais

Este tipo de dispositivos influencia na determinação do grau de imersão de um sistema de RV, assim como, se um sistema é monoscópico ou estereoscópico. Um outro factor que se refere ao aspecto visual prende-se com o facto da velocidade de simulação. Um filme projectado numa tela de cinema apresenta aproximadamente 24 quadros por segundo, os filmes para TV 30 quadros por segundo, enquanto para RV espera-se uma taxa entre 15 e 22 quadros por segundo (A. Cardoso e Machado, *ibidem*).

Vídeo-capacete (HMD): este dispositivo “isola” o utilizador do mundo real. A ideia central deste aparelho é a de exibir, em duas telas (uma para cada olho) de TV, imagens de um mundo virtual. As telas podem ser CRT’s ou LCD’s, sendo que nesta altura os LCD’s apresentam vantagens relativamente à outra opção. Actualmente, como nos mostram A. Cardoso e Machado (*ibidem*) já se usam os chamados “face-mounted display” (figura 9), que relativamente aos tradicionais HMD’s são mais leves e mais fáceis de usar.



Figura 9 – *Face-mounted display*¹⁴

Head-coupled display: também conhecido por BOOM (Binocular Omni-Oriented Monitor), este dispositivo funciona como uns binóculos, sendo formado por um par de

¹⁴ http://www.techgadgetforums.com/files/oled_display.jpg

monitores colocados numa “caixa”, pela qual o utilizador pode olhar. Essa caixa fica suspensa num braço mecânico, o que traz vantagens relativamente ao dispositivo anterior, pois neste não existe peso inerente à sua utilização. Permite uma interacção fácil com o mundo virtual, uma vez que possibilita o controlo do rato, teclado ou outro dispositivo.

Monitores e sistemas de projecção: o protótipo de desktop tem evoluído. Ainda assim o grau de imersão é mais reduzido do que noutros dispositivos, pois o utilizador não pode “tirar” os olhos da tela. No entanto, os monitores têm como vantagem possibilitar a partilha da vista do mundo virtual a vários utilizadores assim como não precisa da habituação a equipamentos desconhecidos, por parte de quem os usa. A evolução possibilita, nos tempos que correm, a visualização estereoscópica de imagens, através de monitores auto-estereoscópicos (figura 10). Existem, ainda, sistemas de projecção numa só tela (muro de projecção) ou em várias. No último caso, as 6 telas dispostas nas “faces de um cubo”, permitem aos utilizadores ficarem completamente envolvidos no mundo virtual.



Figura 10 – Monitor auto-estereoscópico¹⁵

Dispositivos auditivos

A finalidade do ouvido humano é a de converter ondas sonoras em “impulsos nervosos” pelas fibras nervosas auditivas do cérebro. Estes impulsos são compreendidos pelo cérebro como sons. O conhecimento auditivo examina as relações entre factos auditivos, memória e reconhecimento das fontes de sons, bem como percepções das sequências auditivas. Os sistemas de sons 3D ajudam o cérebro nesta tarefa de reconhecimento.

¹⁵ http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/joana/prototipo/images/monitor_auto.jpg

Inicialmente o método mais usual para criar e controlar sons era o MIDI (Musical Instrument Digital Interface) mas hoje é cada vez mais comum a utilização de outros formatos de som digital (wav, mp3, entre outros).

Dispositivos físicos

Os dispositivos físicos procuram estimular as sensações físicas, como o tacto, a tensão muscular e a temperatura (Gradecki, 1994). Entre eles, temos:

*Dispositivos hápticos*¹⁶: são os dispositivos que incorporam sensores que permitem ao utilizador comandar, ficando com a sensação de força e tacto. A sensação de tacto está associada com a textura e temperatura do objecto, enquanto a sensação de força refere-se ao conjunto movimentação, posição e força durante a interacção (Burdea, 2003). Segundo Salisbury, Conti e Barbagli (2004), estes dispositivos podem ser classificados como fixos (ground-based) ou móveis (body-based). Os dispositivos fixos, caso do joystick, são aqueles que estão fisicamente “ligados” a uma plataforma permitindo o envio de reacções de força ao utilizador. Os dispositivos móveis utilizam um ponto de conexão do próprio dispositivo para fornecer a reacção de força e apresentam como grande vantagem a portabilidade, como no caso das luvas. Alguns exemplos destes dispositivos são o *HapticMaster* (figura 11), *Feelex* (figura 12) e *Laparoscopic Impulse Engine* (figura 13).



Figura 11 – *HapticMaster*¹⁷

¹⁶ “A percepção háptica compreende o conjunto de sentidos que agrupamos sob a categoria de “tacto”, mas háptico não significa estritamente táctil como a informação que os dedos nos transmitem sobre o mundo externo; em vez disso, tarefas hápticas como apanhar um peixe ou acoplar uma molécula usam também o sentido interno da propriocepção, que nos informa sobre a posição relativa dos nossos membros entre si e ao espaço que o rodeia” (Howard Rheingold, 1997).

¹⁷ http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/hapticmaster/hapticmaster_e.html



Figura 12 – Feelex¹⁸

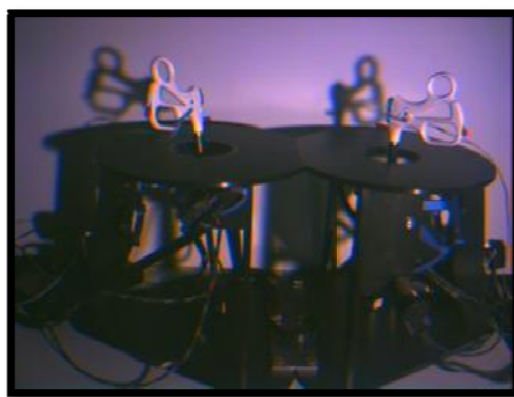


Figura 13 - Laparoscopic Impulse Engine¹⁹

Dispositivos de resposta térmica: durante a interação com o sistema a temperatura do corpo pode subir ou descer. Estes dispositivos “respondem” a estímulos de subida ou descida de temperatura.

Plataformas móveis: estas plataformas provocam uma sensação de movimento, pelo que a sua aplicabilidade “vira-se” para simulações de voo, permitindo treinar todas as situações possíveis, sem que seja necessário assistir ao “vivo” a acontecimentos trágicos.

Estes dispositivos apresentados são específicos para sistemas de RV. No entanto, não podemos deixar passar em claro sem referir que “rato” e “teclado” (dispositivos

¹⁸ http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/vrlab_web/feelex/feelex_e.html

¹⁹ <http://www-kismet.iai.fzk.de/DYNAMIK/html/hifec.html>

convencionais) têm, também, um papel importante nestes tipos de sistemas, que só fazem sentido se tivermos em conta o desenvolvimento tecnológico de pc's.

Ao mesmo tempo em que a Realidade Virtual confere uma panóplia de hardware, ela impõe desafios a nível de software. Softwares de autoria permitem modelar comportamentos e interagir com qualquer tipo de objecto. Alguns desses softwares são: *3D Studio Max*; *3Dvia*; *Blender*; *Cyberspace Developmente Kit*; *dVISE*; *Flux Studio*; *Rend 386*; *Spazz3d*; *Virtual Reality Studio*; *Vizx3D*; *VREAM*; *VREK*; *VRJuggler*; *VRMLPad*; *VRT*; *WalkThrought*; *WorldToolKit*. Para Realidade Aumentada, existem *AMIRE*; *DART*; *MRT*.

2.4. As Tecnologias VRML e X3D

A Internet, a maior rede de computadores do mundo, é, talvez, a mais poderosa ferramenta de comunicação.

De acordo com Couch (1997), é na primeira conferência da WWW (World Wide Web), em Maio de 1994, que se discute a fusão entre Internet e Realidade Virtual sendo necessário encontrar uma linguagem similar, em características e simplicidade, à HTML (HyperText Markup Language), que permite formatar texto e criar documentos, mas para a modelação de mundos tridimensionais.

Em Outubro do mesmo ano, na segunda conferência da WWW, é escolhida como linguagem de referência a Open Inventor da SGI²⁰. Em Maio de 1995 foi lançada a VRML 1.0, que era basicamente um formato de criação de cenas estáticas, com interacção limitada.

As grandes vantagens do VRML são, por um lado, que a linguagem pode ser obtida gratuitamente e, por outro, que sendo o seu formato pensado para a internet, a propagação e uso pela rede mundial é simples. Talvez, por isso, a tecnologia se tenha tornado tão popular. O VRML tem uma sintaxe simples e de fácil aprendizagem, pelo que torna, também, simples a criação de objectos e cenas. Aspectos que adicionados a uma não necessidade de pc's sofisticados ou placas gráficas exigentes, assim como o funcionamento tanto em modo local como na Web, justificam a pertinência da escolha em trabalhar com o VRML.

²⁰ <http://www.sgi.com/>

Entretanto, com o passar do tempo vão-se fazendo esforços para melhorar a linguagem existente. Surge, assim, em 1997, a VRML 2.0 que apresenta várias modificações, melhorias, entre as quais a possibilidade de criar animações (Couch, ibidem), interação, introduzir som e fundos de ecrã. O VRML 2.0, depois de aprovado pelo ISO (International Standards Organization), norma 14772-1:1997, ficou conhecido por VRML 97 (Brutzman & Daly, 2007).

As especificações da linguagem desde sempre foram desenvolvidas por uma sociedade que contemplava várias empresas e pesquisadores e ficam automaticamente disponíveis para sugestões e críticas de todos os interessados. Até ao ano de 1999, esta companhia denominava-se VRML Consortium, sendo que depois passou a chamar-se Web 3D Consortium. O grande objectivo é a criação, manutenção e aperfeiçoamento de novas formas de transmissão de conteúdos tridimensionais pela WWW.

Desta forma, o Web 3D Consortium identifica a necessidade de melhorar a VRML 97, surgindo, assim, o X3D, sendo esta a mais recente versão do VRML.

2.4.1. VRML 1.0

Inicialmente significava *Virtual Reality Markup Language*, sendo posteriormente modificado para *Virtual Reality Modeling Language*, tendo em conta que o objectivo da linguagem era a criação de mundos virtuais.

Esta tecnologia trabalha com Geometria 3D e usa o sistema cartesiano de eixos, cuja sequência é (x,y,z) , de acordo com a “regra da mão direita” (Ames, Nadeau & Moreland, 1996), como se pode ver na figura 14.

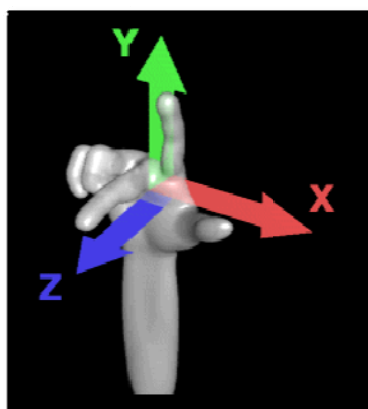


Figura 14 – Sistema cartesiano de eixos, segundo a regra da mão direita²¹

²¹http://www.uniduesseldorf.de/URZ/hardware/parallel/local/softimage/Soft3D_html/3d_learn/bas/b_coor.htm

Existem objectos pré-definidos, como são o caso do cubo, esfera, cone e cilindro e unidades de medida também definidas, sendo o *metro* para distâncias e o *radiano* para ângulos.

Partes obrigatórias num qualquer arquivo VRML são o *cabeçalho* (aparece na primeira linha e identifica o arquivo como sendo VRML, a versão e o conjunto de caracteres internacional que será utilizado) e os *nós* (descrevem o molde e as propriedades do mundo virtual), sendo alguns exemplos o caso da inserção de imagens, luzes e sons.

Estes ficheiros de edição de mundos virtuais apresentam no seu nome a extensão “.wrl”, sendo esta a forma de indicar que se trata de um ficheiro VRML (Ames et al., *ibidem*).

2.4.2. VRML 2.0

Com o VRML 1.0 apenas conseguimos trabalhar mundos virtuais estáticos. Com a versão melhorada, ou seja, o VRML 2.0 esse aspecto foi aperfeiçoado, sendo possível criar mundos com animações, interacção, e possibilidade de scripts e prototipagem, obtendo mundos virtuais mais próximos da realidade.

O VRML 2.0 apresenta como principais características a capacidade de criar objectos 3D (estáticos e animados) e multimédia com hiperligações para outros *medias* tais como sons, textos, imagens e filmes (Ames et al., *ibidem*).

Apresentamos, em seguida, as principais características do VRML:

Estrutura de grafo de cena

Ficheiros VRML descrevem objectos e mundos 3D. Para esse fim utilizamos um grafo de cena, sendo as entidades nele contidas designadas por nós e colocadas de forma hierárquica (os nós que aparecem primeiro afectam os seguintes). O VRML 2.0 define 54 tipos de nós distintos (Carey & Bell, 1997), que podemos conferir na tabela 1.

Arquitectura de Eventos

Alguns nós geram eventos de acordo com as mudanças ambientais ou a interacção com o utilizador. O VRML 2.0 fornece um mecanismo através do qual os nós do grafo de cena são propagados para efectuar mudanças noutros nós. Cada tipo de nó define os nomes e os tipos de eventos que pode gerar ou receber, assim como as rotas e as trajectórias do evento, entre evento gerador e receptor (Carey & Bell, *ibidem*).

Tipo de nó	Nós
Nós de agrupamento	Anchor, Billboard, Collision, Group, Transform
Grupos especiais	Inline, LOD, Switch
Nós comuns	AudioClip, DirectionalLight, PointLight, Script, Shape, Sound, SpotLight, WorldInfo
Sensores	CylinderSensor, PlaneSensor, ProximitySensor, SphereSensor, TimeSensor, TouchSensor, VisibilitySensor
Geometria	Box Cone, Cylinder, ElevationGrid, Extrusion, IndexedFaceSet, IndexedLineSet, PointSet, Sphere, Text
Propriedades geométricas	Color, Coordinate, Normal, TextureCoordinate, Appearance
Aparência	FontStyle, ImageTexture, Material, MovieTexture, PixelTexture, TextureTransform
Interpoladores	ColorInterpolator, CoordinateInterpolator, NormalInterpolator, OrientationInterpolator, PositionInterpolator, ScalarInterpolator
Nós (somente 1 destes nós pode estar activo)	Background, Fog, NavigationInfo, Viewpoint

Tabela 1 - Tipos de nós em VRML (retirado de Pollo, 1997)

Sensores

Em VRML os sensores são as formas básicas para criar animação e interacção. Os sensores são nós que possuem a capacidade de gerar eventos respondendo à acção do utilizador, através de um qualquer dispositivo de entrada, ou com o passar do tempo. O nó *TimeSensor* é a base para todas as animações. Para se efectuarem mudanças no mundo virtual, os sensores, através do comando *Route*, devem se combinados com outros nós (Carey & Bell, ibidem).

Scripts e Interpoladores

Com os eventos pré-definidos pelo VRML é possível criar animações simples, mas existem limites. O nó *Script* expande os comportamentos possíveis de criar, quase de

forma ilimitada. Este nó permite definir comportamentos usando a programação Java e/ou Javascript. Estes nós, ao contrário de muitos outros, podem ser inseridos entre os geradores e os receptores de eventos (Fernandes, n.d.).

Os Interpoladores permitem a construção de animações através da descrição do objecto em fases intermédias do movimento pretendido. Os Interpoladores são, normalmente, combinados com o *TimeSensor* e outros nós do grafo de cena, possibilitando, desta forma, um modo eficiente de criar animação (Carey & Bell, ibidem).

Prototipagem

O VRML 2.0 possui um mecanismo que permite reutilizar cenas. Esse mecanismo conhecido como prototipagem permite ainda que o utilizador crie os seus próprios nós, definindo dentro dele uma combinação dos tipos de nós pré-existentes. Este facto permite maior facilidade de uso, assim como reduzir o tamanho dos arquivos VRML (Carey & Bell, ibidem).

Cenas Distribuídas

O VRML possibilita a construção de mundos virtuais através de objectos pré-definidos em arquivos distintos. Este aspecto é uma mais-valia para a reutilização de objectos, facilitando, por isso, a construção de novos mundos. A forma de tornar isto possível é através do recurso aos nós *Inline* e *EXTERNPROTO*. O primeiro executa o arquivo VRML, indicado através do *url*, inserindo o seu conteúdo no mundo virtual. O segundo nó é usado para chamar um *PROTO* de outro arquivo (Carey & Bell, ibidem).

2.4.3. X3D

O X3D 3.0 foi aprovado pela International Standards Organization (ISO) pela norma ISO/IEC 19775, em 2004, e apresenta um nome cuja extensão é “.x3d” (Brutzman & Daly, 2007).

Tal como o VRML, o X3D é um padrão aberto para distribuir conteúdos 3D. Esta tecnologia surgiu da evolução do VRML97 e combina Geometria e descrições de comportamentos instantâneos num único arquivo. O desenvolvimento do X3D utilizou o que de melhor tinha o VRML97, os recursos já disponíveis incorporando-os juntamente com os mais recentes dispositivos gráficos, assim como melhorias na arquitectura. Como referem Brutzman e Daly (ibidem) o X3D acrescenta ainda a

possibilidade de incorporar a WWW com outras tecnologias (XML – Extensible Markup Language).

No trabalho dos mesmos autores encontramos referências a outras alterações/melhoramentos que ocorreram, das quais se salientam maior precisão com a iluminação e modelo de eventos, expansão da capacidade dos grafos de cena, a multiplicidade de formatos aceites (VRML e XML) e a arquitectura modular (suporte por diversos tipos de aplicações ou plataformas).

Assim, além dos arquivos X3D serem compostos pelos mesmos componentes funcionais que o VRML, surgem outros como são o caso do EXPORT e IMPORT. Estes definem quais os elementos de um arquivo externo poderão ser importados para o novo mundo virtual, permitindo que o ficheiro externo fique disponível para uso.

Relativamente ao XML sabemos que foi adoptado para o X3D com o objectivo principal de facilitar o desenvolvimento de páginas Web e por ser uma excelente solução para a reutilização de dados.

Por fim referimos que com a empregabilidade da arquitectura modular surgem 2 novos conceitos: *profiles* e *components*. Conceitos que definem a extensibilidade e o conjunto de serviços que o conteúdo dos utilizadores necessita, respectivamente. Os recursos do X3D são agrupados em componentes (*components*) suportados por uma plataforma, definindo uma colecção específica de nós que possui um conjunto de funcionalidades. Um perfil (*profile*) é uma colecção de *components*, sendo que todos os arquivos X3D requerem a definição do *profile* em uso. Foram especificados pela Web3D quatro perfis - *Interchange*, *Interactive*, *Immersive* e *Full* - com níveis de funcionalidade crescentes. O *Interchange* é o perfil básico para a comunicação entre aplicações. Este dá suporte a nós como *geometry*, *texturing* e *animation*, sendo muito fácil de usar e integrar pois não existe tempo real para o modelo. O perfil *Interactive* permite a interacção com o mundo 3D através da adição de nós sensores para o uso de navegação e interacção (*PlaneSensor* e *TouchSensor*, por exemplo), sincronização e iluminação adicional (*SpotLight*, *PointLight*). O perfil *Immersive* permite o uso de todos os grafos 3D e interacção (*Route*), incluindo suporte para áudio, colisão, sombreamento de cenas (*fog*) e scripts. Por último o perfil *Full* inclui todos os nós definidos (Aquino, 1997).

2.5. Plug-in de Visualização

Segundo Adams (1994), a Computação Gráfica divide-se, basicamente, em duas áreas: Modelagem e Visualização. A primeira está relacionada, como já vimos, com a construção dos objectos, utilizando, para isso, bases Matemáticas. A segunda possibilita-nos uma forma de representação visual dos objectos construídos.

A visualização, segundo (Manssour & Freitas, 2002), é uma sequência de operações para modificar as informações dos objectos modelados para o monitor.

O objectivo da linguagem de programação para a criação de ambientes de Realidade Virtual é a sua utilização na WWW, sendo que a visualização é realizada através de browsers. Para isso, é necessário instalar um plug-in adequado. Existem, hoje, alguns visualizadores disponíveis, dos quais se destacam aqueles que permitem visualizar os modelos em VRML ou X3D, em ambiente Windows: BS Contact; Flux Player; Octaga Player; Swirl X3D.

Com o plug-in adequado instalado conseguimos visualizar e interagir com mundos virtuais.

2.6. O que é e o que não é RV

Hoje em dia, somos “atacados” com uma enorme quantidade de informação, proveniente de todos os sítios e de todas as formas. O termo, Realidade Virtual, tem sido muito explorado pelos *media* e pelas empresas de tecnologia. A sua utilização indiscriminada causa uma alteração do conceito, do seu fundamento. Utiliza-se Realidade Virtual para denominar, por exemplo bibliotecas virtuais, museus virtuais, cirurgias virtuais, mas nem tudo o que tem a designação virtual é, necessariamente, Realidade Virtual. Por vezes também se confunde Realidade Virtual com o conceito de multimédia²², isso porque ambos os sistemas são capazes de combinar formas diferentes de *media*, tais como linguagens falada, escrita, gráfica, videográfica e sonora. Desta forma, applets, gifs animados, vídeos, efeitos sonoros, aplicações java ou flash não são aplicações RV, embora sejam componentes multimédia.

²² “Multimédia significa a possibilidade de ter acesso a vários *media* dentro do mesmo ambiente experiencial; referimo-nos a uma experiência multissensorial em que a pessoa se envolve emocionalmente e em que o todo é maior que a soma das suas partes.”(Bidarra, 2007).

A multimédia, apesar do avanço significativo que a RV tem sofrido, continua a ter um papel preponderante no desenvolvimento de aplicações informáticas, assim como em aspectos cognitivos e afectivos.

Embora estes recursos sejam importantes, quando falamos em RV perdem algum significado. A RV além de incorporar múltiplos *media*, salienta-se, sobretudo, na interacção do utilizador num ambiente tridimensional e em tempo real.

Parece-nos importante clarificar semelhanças e distinções entre multimédia e Realidade Virtual. Segundo Pinho e Kirner (1997), estas podem sintetizar-se de acordo com a tabela 2:

Elemento	Multimédia	Realidade Virtual
Imagens	Imagens geradas previamente	Imagens geradas durante a execução e navegação; Estereoscópicas
Sons	Sons gerados previamente	Os sons podem ser gravados previamente; a reprodução deve ser tridimensional
Formas de interacção com o utilizador	Feita com o rato ou no monitor	Usa dispositivos especiais; lê os movimentos de todo o corpo
Campo de visão do utilizador	Restrito ao monitor	O utilizador pode olhar em qualquer direcção
Custo dos periféricos	Preço acessível	Preços ainda elevados
Área em disco necessária para as aplicações	Grandes arquivos de imagens e de sons	Arquivos não são grandes
Capacidade de processamento necessária	Não é muito grande	Bom processador para obter um igual rendimento
Possibilidade de uso via rede	Gera muito tráfego devido ao tamanho dos arquivos	Tráfego pequeno

Tabela 2 - Comparação entre Realidade Virtual e Multimédia²³

²³ <http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-sibgrapi97/tutrv.htm>

Uma das diferenças entre multimédia e Realidade Virtual revela-se no facto de serem tecnologias 2D e 3D, respectivamente. Mas, uma vez mais, nem tudo o que é 3D pode ser confundido com RV. Desta forma, apesar dos sistemas CAD (Computer Aided Design), funcionarem a três dimensões, eles são substancialmente diferentes. A este respeito Leston (1996) caracteriza a RV como:

- mais imersiva pois oferece uma forte sensação de presença no mundo virtual;
- mais interactiva pois o utilizador pode modificar e influenciar o comportamento dos objectos;
- mais intuitiva pois as dificuldades são poucas ou nenhuma em manipular as interfaces computacionais entre o utilizador e a máquina.

A verdade é que um sistema CAD também reage às interações do utilizador, no entanto, um sistema de RV, em alguns casos, evolui sem necessidade de entrada de dados.

Por fim, e para percebermos exactamente de que se está a falar quando se fala em RV é preciso esclarecer quais os requisitos necessários para um sistema ser considerado de RV. Shaw, Green, Liang e Sun (1993), afirmam que um sistema de RV deve:

- gerar imagens estereoscópicas animadas suaves;
- reagir rapidamente (no máximo com um atraso de 100ms) às indicações do utilizador;
- fornecer apoio para distribuir uma aplicação por diversos processadores, permitindo a partilha por vários utilizadores, assim como, a computação cooperativa;
- possuir um mecanismo eficiente de comunicação de dados, para a utilização de dados partilhados ou remotos em tempo real;
- possuir um mecanismo para avaliar o desempenho do sistema de RV.

Depois do que foi visto, parece-nos claro que nos tempos que correm começa a ser inaceitável trabalhar num sistema que tenha tempos de resposta e características diferentes daquelas a que os nossos sentidos estão habituados, e essa é a grande vantagem da RV.

2.7. Importância da Realidade Virtual

Rheingold (1997) coloca-nos uma questão sobre a qual nos devemos debruçar: “Quais são as potencialidades mais perigosas, mais perturbantes e menos previsíveis da RV?”. Ainda segundo o mesmo autor, o génio da RV já saiu da “lâmpada”, não havendo maneira de o ignorar, pelo que agora temos de o dominar e indicar-lhe o caminho a seguir. Desta forma, e depois de percebidos os contextos, analisados os vários pontos de vista, e tendo em conta a evolução de hardware e software, parece-nos claro que a Realidade Virtual tem/poderá ter imenso potencial, nas mais diversas áreas. Deixamos aqui breves indicações de como é/poderá ser útil recorrermos à utilização de RV.

Arqueologia

Instituições como a UNESCO e a União Europeia têm demonstrado preocupações com a preservação e divulgação da riqueza histórica e cultural com que fomos premiados pelos nossos antepassados. Deste modo, e para combater tais medos, surgiram vários projectos por todo o mundo, entre os quais *Archeoguide*²⁴ e *3D Murale*²⁵. O Fórum Flaviano de Conímbriga²⁶, tal como nos projectos anteriores são projectos sustentados pelas capacidades da Realidade Virtual. A Realidade Virtual permite reconstruir, possibilitando o acesso do público a monumentos que de outra forma não seria possível conhecer, ou pelo menos de forma tão profunda. Tendo uma função, tanto pedagógica como social, a Realidade Virtual “deixa” a cultura mais próxima de todos os cidadãos.

Arquitectura

Com esta tecnologia o impossível torna-se real. A RV é hoje uma ferramenta poderosa para arquitectos, projectistas, construtores e, como consequência, clientes. Para percebermos o quão importante esta tecnologia é, basta pensar que é possível “passear” num edifício que ainda não começou a ser construído. A RV possibilita visualizar o ambiente de diversos ângulos, sendo fácil manipular e substituir mobiliário, decoração e acústica, por exemplo. Torna-se possível inspeccionar detalhes de construção, fazer inspecção da obra, tudo em tempo real, sem que uma parede esteja levantada.

²⁴ <http://archeoguide.intranet.gr/>

²⁵ <http://dea.brunel.ac.uk/project/murale/>

²⁶ <http://lsm.dei.uc.pt/forum/forumWeb.wrl>

Educação

A escola não se pode arredar da evolução tecnológica, e como tal, esta, e nomeadamente os professores, têm de se preparar para novos desafios. Sendo este um tema a desenvolver no próximo capítulo, ficam apenas umas ideias das contribuições da RV na sala de aula, num futuro que já começou: nas aulas de Química é possível realizar experiências, sem riscos de explosões e perigos da utilização de determinados reagentes; poderão, alunos e professores, nas aulas de História visitar monumentos ou locais com valor histórico, como Atenas e Roma (Bidarra & Cardoso, 2007), que de outra forma não conheceriam; nas aulas de Astronomia é, agora, possível “pisar” planetas, satélites e viajar inter-galáxias; a Matemática deixará de ser abstracta, pois existe a possibilidade de “mexer” nos entes matemáticos.

Entretenimento

Quem não ouviu falar do *Second Life*? Este é apenas um exemplo de uma infinidade de produtos, como é o caso dos jogos de computador, que utilizam RV. O *Grand Prix*, por exemplo, em que os utilizadores, numa pista de corridas de automóveis, se desafiam uns aos outros ou aos carros robots (Cardoso, C. Cardoso & Sorensen, 2006). Mas entretenimento não são só os videojogos! Outras formas de divertimento, como visitas a espaços museológicos, a exposições e a assistir a espectáculos, filmes e animação virtual são também possíveis. E que tal um passeio virtual de bicicleta até ao novo Visionarium, o maior centro de RV do mundo, em Portugal!

Indústria

Os protótipos estão a ajudar no desenvolvimento e aperfeiçoamento de diversos produtos. A indústria automóvel é um exemplo disso mesmo uma vez que grandes marcas, na tentativa de resultados mais rápidos e económicos, apostam nesta solução. A Volvo, tal como a BMW, têm um centro de simulação em RV para realizar testes de colisão. A Volkswagen utiliza um protótipo virtual que simula um túnel de vento.

Outras situações de desenvolvimento industrial são o caso da companhia de engenharia Mott McDonald que estuda os sistemas de transportes com modelos de cidades virtuais. A Electrolux, por sua vez, desenvolve um sistema de Marketing de cozinhas, em que o cliente compra pela observação do modelo virtual.

Medicina

Existem inúmeras possibilidades de aplicação da RV na Medicina. Muitas delas (re)conhecidas facilmente por todos, como é o caso das ecografias 4D. Outras, não menos importantes, se podem relatar, desde tratamentos de fobias, ensino de anatomia e, até mesmo, em intervenções cirúrgicas. Neste último campo que nos parece o mais “estranho” e improvável, transcrevem-se as palavras de Groove (n.d., citado por Kerckhove, 2004):

“Imagine que é um cirurgião cerebral, com operação marcada para remover um tumor. A posição do tumor no cérebro torna a sua remoção arriscada. Para encontrar a melhor maneira de o fazer, você e o seu colega colocam ambos os óculos de RV que lhes proporcionam um modelo a três dimensões do cérebro do paciente. Usa-se este ponto de vista privilegiado, dentro do corpo, para examinar o tumor de ângulos impossíveis de descortinar de outra forma.” (p. 76)

Como último aspecto a referir, salientamos o facto de diversas instituições, espalhadas pelos vários cantos do mundo, como é o caso da *Oregon Research Institute*²⁷ estarem a preparar programas para ensinar pessoas portadoras de deficiência. Neste campo salientam-se trabalhos quer na área da manipulação de cadeira de rodas, quer programas a ensinar deficientes mentais a apanhar o autocarro.

Ressalvamos o facto de, em qualquer uma das áreas abordadas ou mesmo em outras, mais exemplos poderiam ser mencionados e/ou mais aprofundados.

2.8. Mundos virtuais na Internet

Seria demasiado exaustivo e humanamente impossível apresentar todos os mundos virtuais já construídos. Assim, tendo em conta os objectivos educacionais desta investigação, nesta fase do presente trabalho, torna-se relevante apresentar exemplos de mundos virtuais cuja pertinência deva ser considerada para o processo ensino/aprendizagem. Vejamos os exemplos que se seguem e as imagens (15, 16, 17, 18 e 19) correspondentes:

²⁷ <http://www.ori.org/Research/ResearchAreas/VirtualReality.html>

- http://www-vrl.umich.edu/sel_prj/ibm/cone/cone.wrl

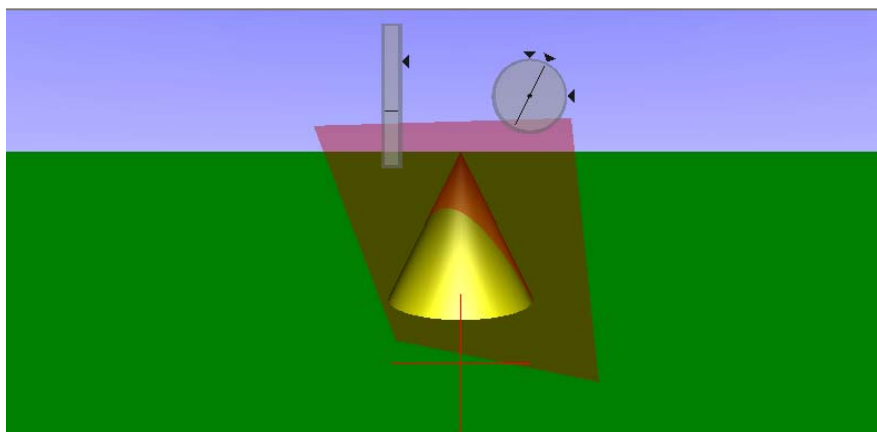


Figura 15 – Secções do cone

Este mundo poderia, perfeitamente, estar presente nas aulas de Matemática para estudar as secções do cone. Com o objectivo de serem os alunos a descobrir o que se obtém intersectando um plano com um cone, esta seria a opção certa para o efeito.

- <http://id.mind.net/~zona/mmts/geometrySection/pointsLinesPlanes/intersections3.wrl>

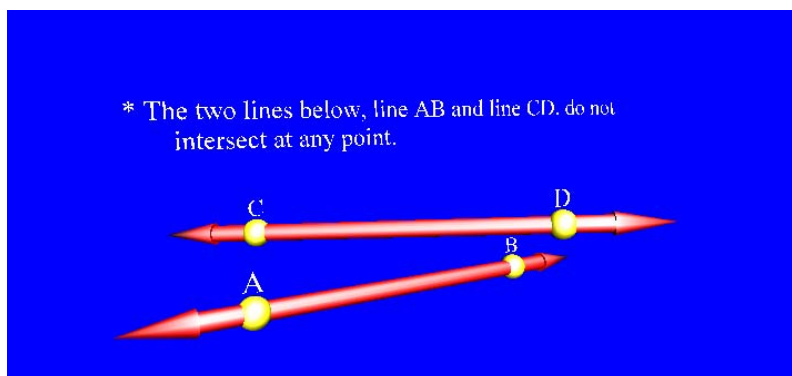


Figura 16 – Rectas não complanares

As posições de duas ou mais rectas são estudadas na sala de aula de Matemática. Muitas vezes o Professor socorre-se do quadro para fazer as ditas representações, ou, quando muito, recorre a lápis e canetas que servem de suporte a este estudo. Se quisermos algo mais do que simplesmente dizer aos alunos “É assim, porque sim!” este mundo virtual poderia ser um meio adequado e eficaz para introduzir estas noções.

- <http://www.geocities.com/gvvrml/>



Figura 17 – Galeria virtual

Uma visita por uma galeria virtual seria uma forma diferente, divertida e com fortes possibilidades de desenvolver o gosto pela arte. Se este aspecto não for suficiente para merecer este “passeio”, outra hipótese para o justificar seria, nas aulas de História, mostrar aos alunos os diferentes movimentos ao longo dos séculos, ou, se quisermos, a diferença entre o Impressionismo e o Realismo.

- http://chemistry.uwinnipeg.ca/courses/2401/cs/water_box.wrl

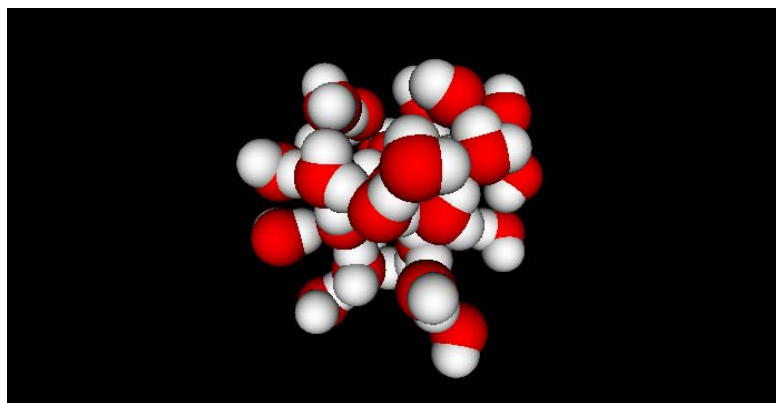


Figura 18 - Estrutura molecular da água

As aulas de Química são leccionadas muitas vezes em laboratórios. Ainda que limitados por condições temporais ou de disponibilidade de material, somos capazes de “imitar” na sala de aula a erupção de um vulcão, por exemplo. No entanto, quais são as opções para “mexer” em moléculas? Pois bem, no endereço anteriormente referido poderá estar a solução!

- <http://www-vrl.umich.edu/project2/miller/index.html>

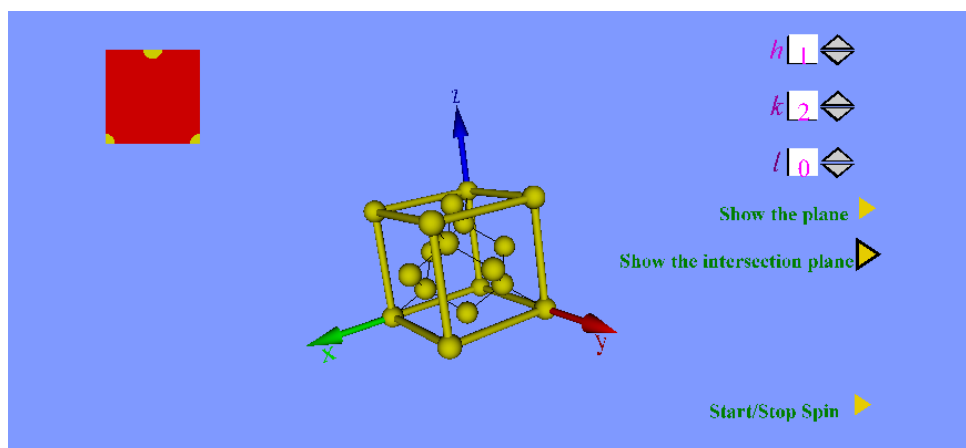


Figura 19 – Estrutura do diamante de silício

Com este exemplo propomos mais uma possibilidade de levar a tecnologia para a sala de aula da disciplina de Química. Estamos convictos que este modelo poderá ajudar no estudo das “estruturas cristalinas”.

2.9. Resumo do capítulo

Apesar dos primeiros passos serem dados logo após a segunda Guerra Mundial, a Realidade Virtual só recentemente começa a ser reconhecidamente valorizada. Podemos defini-la como uma interface para aplicações computacionais, em que o utilizador fazendo uso dos seus sentidos, manipula, visualiza, explora e interage com os dados do sistema, num ambiente tridimensional, em tempo real. Podendo classificar-se como imersiva ou não imersiva, a RV tem uma enorme panóplia de dispositivos à sua disposição, sendo que se socorre, no desenvolvimento de mundos virtuais, de tecnologias grátis como são o VRML e o X3D. Substancialmente diferente do conceito de Multimédia, a RV é, nos dias que correm, utilizada em diversas áreas da nossa sociedade.

3. EDUCAÇÃO

3.1. Ensino profissional

O ensino profissional caracteriza-se pela forte ligação com o mundo profissional. Indo de encontro aos interesses e motivações dos alunos e às necessidades do sector empresarial envolvente, os saberes adquiridos nestes cursos visam o desenvolvimento de competências para o exercício de uma profissão.

Ministrados em escolas profissionais, públicas e privadas, os cursos profissionais destinam-se a alunos que já concluíram o 9.º ano de escolaridade e que procuram um processo de ensino/aprendizagem voltado para a prática, sem, no entanto, excluir a hipótese de um ingresso no ensino superior.

Estes cursos primam pela diferença. Não só pelo que já foi dito, ou seja, para o aumento de saberes no desempenho de uma profissão, mas também pela organização da estrutura curricular. Organizados por módulos, estes cursos permitem uma maior flexibilidade e respeito pelos ritmos de aprendizagem de cada aluno, considerando cada estudante como único. Os cursos profissionais conferem um diploma correspondente ao nível secundário, assim como um certificado de qualificação profissional de nível 3. A conclusão de um curso profissional permite o acesso ao ensino superior ou a um curso de especialização tecnológica, sendo que para isso os alunos terão de respeitar os trâmites normais de ingresso.

Durante os 3 anos dos cursos profissionais, os alunos são confrontados com 2 momentos de estágio profissional e culmina com a apresentação de um projecto, projecto esse designado por Prova de Aptidão Profissional (PAP). O plano de estudos destes cursos divide-se em três componentes de formação: Sociocultural, Técnica e Científica, sendo que é nesta última componente que se insere a disciplina de Matemática.

3.2. Ensino da Matemática

Na Babilónia, uma das cidades da Mesopotâmia (actual Iraque), situada entre o rio Tigre e o Eufrates, de civilização em civilização, diversos e complexos sistemas matemáticos foram surgindo. Desde sistemas simbólicos, utilizando pequenos objectos em argila (cones, esferas, discos e cilindros), até complexos sistemas numéricos, a Matemática foi-se desenvolvendo.

Nesta região que foi conquistada e dominada por vários povos - Sumérios, Acadianos, os reis de Ur, Amoritas, Hititas e Assírios – a Matemática foi evoluindo de acordo com as suas necessidades, sendo de registar que foi a partir de um desses sistemas de contagens para objectos discretos que se deu origem ao sistema sexagesimal.

Do outro lado do mundo, em Roma, surge o que ainda hoje conhecemos por numeração romana. Na Grécia, país que trouxe ao mundo nomes como Sócrates, Platão e Aristóteles, surge a Escola Pitagórica (fundada por Pitágoras) cujo lema era “Tudo é número”.

Desde 8500 a.C. que existem registos de Matemática, pelo que facilmente se percebe a importância desta ciência no desenvolvimento humano. Hoje não é diferente e não há ninguém que possa contestar a importância da Matemática.

Nos currículos escolares a realidade não pode ser diferente, pelo que a Matemática tem de ser uma disciplina chave no desenvolvimento social e pessoal dos nossos alunos. A este respeito lê-se:

O ensino da Matemática participa, pelos princípios e métodos de trabalho praticados, na educação do jovem para a autonomia e solidariedade, independência empreendedora, responsável e consciente das relações em que está envolvido e do ambiente em que vive.

Genericamente, a Matemática é parte imprescindível da cultura humanística e científica que permite ao jovem fazer escolhas de profissão, ganhar flexibilidade para se adaptar a mudanças tecnológicas ou outras e sentir-se motivado para continuar a sua formação ao longo da vida. A Matemática contribui para a construção da língua com a qual o jovem comunica e se relaciona com os outros, e para a qual a Matemática fornece instrumentos de compreensão mais profunda, facilitando a selecção, avaliação e integração das mensagens necessárias e úteis, ao mesmo tempo que fornece acesso a fontes de conhecimento científico a ser mobilizado sempre que necessário.

Finalmente, a Matemática é uma das bases teóricas essenciais e necessárias de todos os grandes sistemas de interpretação da realidade que garantem a intervenção social com responsabilidade e dão sentido à condição humana.

(J. Silva, M. Fonseca, Martins, Fonseca & Lopes, 2001, p. 3)

Segundo Ponte (2002), a Matemática serve de base ao desenvolvimento de uma cultura científica e tecnológica, sendo essencial para cientistas e engenheiros, por exemplo. Serve, também, para desenvolver e estimular a forma de pensar para a vida social e para o exercício da cidadania.

São finalidades da disciplina no ensino secundário:

- *Desenvolver a capacidade de usar a Matemática como instrumento de interpretação e intervenção no real.*
- *Desenvolver a capacidade de seleccionar a Matemática relevante para cada problema da realidade.*
- *Desenvolver as capacidades de formular e resolver problemas, de comunicar, assim como a memória, o rigor, o espírito crítico e a criatividade.*
- *Promover o aprofundamento de uma cultura científica, técnica e humanística que constitua suporte cognitivo e metodológico tanto para o prosseguimento de estudos como para a inserção na vida activa.*
- *Contribuir para uma atitude positiva face à Ciência.*
- *Promover a realização pessoal mediante o desenvolvimento de atitudes de autonomia e solidariedade.*
- *Criar capacidades de intervenção social pelo estudo e compreensão de problemas e situações da sociedade actual e bem assim pela discussão de sistemas e instâncias de decisão que influenciam a vida dos cidadãos, participando desse modo na formação para uma cidadania activa e participativa. (J. Silva et al., 2001, pp. 3-4)*

Constata-se que a Matemática é essencial – um ensino adequado desta ciência é primordial. Neste sentido, nas últimas décadas, o ensino da Matemática tem causado polémica, grandes preocupações, nomeadamente devido ao insucesso, mas tem, também, sofrido significativas alterações.

Nas décadas de 40 e 50, o ensino era marcado pela memorização e mecanização. Os alunos tinham a necessidade de saber demonstrações e exercícios de cor, pois era isso que os professores privilegiavam, não obtendo, no entanto, resultados brilhantes. Dos críticos a este modo de ensinar Matemática distinguiram-se Bento de Jesus Caraça e José Sebastião e Silva. Foi este último um dos precursores, em Portugal, do movimento da “Matemática moderna”, na década de 60. Nesta altura os currículos de Matemática foram profundamente modificados, dando uma nova abordagem à Matemática, permutando matérias tradicionais como o Cálculo Infinitesimal por outras como Probabilidades e Estatística. Estas alterações surgem devido à insatisfação com a preparação dos jovens nesta ciência, sendo que em Portugal a posição adoptada foi menos radical do que em outros países. Aqui, optou-se por um ponto de equilíbrio entre matérias, não deixando de valorizar a importância das aplicações. Assim, além de um renovar de matérias, este movimento foi importante também na reforma dos métodos de ensino, afirmando, a este respeito, Sebastião e Silva (1964 citado por Ponte, 2002):

1. A modernização do ensino da Matemática terá de ser feita não só quanto a programas, mas também quanto a métodos de ensino. O professor deve abandonar, tanto quanto possível, o método expositivo tradicional, em que o papel dos alunos é quase cem por cento passivo, e procurar, pelo contrário, seguir o método activo, estabelecendo diálogo com os alunos e estimulando a imaginação destes, de modo a conduzi-los, sempre que possível, à redescoberta.
2. A par da intuição e da imaginação criadora, há que desenvolver ao máximo no espírito dos alunos o poder de análise e o sentido crítico. Isto consegue-se, principalmente, ao tratar da definição dos conceitos e da demonstração dos teoremas, em que a participação do aluno deve ser umas vezes parcial (em diálogo com o professor) e outras vezes total (encarregando cada aluno de expor um assunto, após preparação prévia em trabalho de casa). (pp. 6-7)

Apesar das alterações, este movimento não foi coroado de êxito, uma vez que os propósitos de melhoria de resultados não foram alcançados. Começa, assim, na década de 70, uma onda de críticas a esta atitude face à Matemática, tendo consciência dos maus resultados e da desmotivação dos jovens relativamente a esta ciência.

Até final da década de 80 inúmeros debates se desencadearam tendo como objectivo a revisão dos programas curriculares de Matemática. Associações importantes na vida escolar Matemática como o caso da Sociedade Portuguesa Matemática [SPM] e Associação de Professores de Matemática [APM] não se colocaram de fora desta reflexão. Foi mesmo protagonizado pela APM o mais importante debate destas matérias. Nestas reflexões surgiram ideias como a importância da experiência Matemática e a utilização da tecnologia. Surge, por esta altura uma reestruturação dos programas por parte do Ministério da Educação em que não foram esquecidas as indicações sugeridas por diversas entidades, sendo que um facto importante foi o aumento da carga horária da disciplina. Este aumento foi apenas consumado no ensino secundário, pelo que foi às alterações neste ciclo de ensino que surgiram opositores. Uma comissão de acompanhamento foi indigitada sendo que reajustou os programas em vigor, produziu brochuras de ajuda para distribuir entre os estudantes, e começa a entusiasmar, alunos e professores, para o uso de calculadoras gráficas.

Historicamente o ensino da Matemática despertou sempre grande controvérsia e inúmeras reflexões. Os maus resultados a esta disciplina não são de agora, no entanto, não se pode desvalorizar os esforços levados a cabo para atingir patamares de avaliação mais elevados. Não podemos esquecer os valores das diferentes épocas e os objectivos

que cada sociedade tem para a educação, mas mesmo fazendo grandes alterações nos programas curriculares, os resultados sempre continuaram abaixo do esperado. Parece-nos que chegou a hora de modificar as práticas profissionais dos professores, pois aqui poderá estar a chave do sucesso.

Segundo Ponte (2002), o ensino da Matemática desenvolve-se em torno de um triângulo cujos vértices são a Matemática, o aluno e o professor (figura 20). Ainda segundo o mesmo autor este triângulo existe num dado contexto social e institucional.

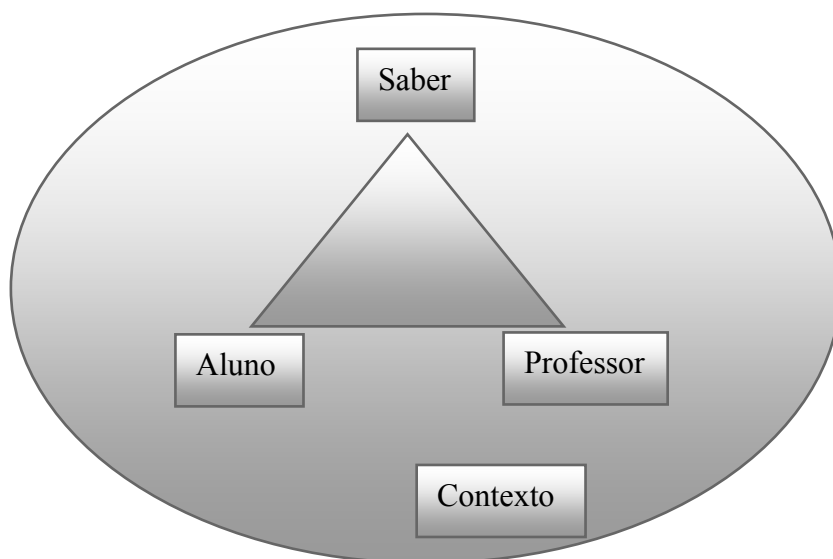


Figura 20 – O triângulo didático inserido no seu contexto

Segundo Davis e Hersh (1995) a Matemática é um campo com características próprias, como *generalização, abstracção e formalização*. Neste ramo científico a intuição tem cada vez mais importância, e da tecnologia começa a perceber-se a sua utilidade no processo ensino/aprendizagem. Os objectivos da ciência em comparação com a escola são diferentes, sendo necessário perceber essa separação e seguir as metodologias apropriadas a cada finalidade.

Culturalmente trabalhar com um aluno dos anos 50 não é o mesmo que trabalhar com um aluno nos dias que correm. O “processo” aluno vai mudando por aspectos sociais, por diferentes valores culturais e interesses... assim, só despertando o gosto e interesse pela disciplina conseguiremos resultados mais motivadores e aprendizagens mais significativas.

O professor, outro vértice fundamental do triângulo didático, não pode ser mais o transmissor de conhecimentos. Este tem de, obviamente, conhecer bem os conteúdos,

ser bom cientificamente, mas não pode esquecer a parte social, em que deve conhecer os seus alunos e o meio envolvente. O papel do professor requer além de grande criatividade, para assim possibilitar uma aprendizagem interessante, uma boa capacidade de gestão, quer curricular, quer social.

Por fim o contexto educativo e a sociedade desempenham um papel decisivo no processo ensino/aprendizagem. É verdade que existe um currículo único e que deve/tem de ser cumprido, mas os projectos da escola, as relações com os meios sociais envolventes têm de ser tidos em conta para se conseguir a tão ambicionada motivação e como consequência a aquisição de conhecimentos.

A aprendizagem Matemática é um processo complexo. Tornar os alunos matematicamente competentes envolve um conjunto de atitudes e conhecimentos face à Matemática.

O estudo internacional PISA 2000 (Programme for International Assessment) revelou que os alunos portugueses de 15 anos de idade tiveram um desempenho inferior à média conseguida pelos alunos da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico [OCDE], relativamente à literacia Matemática²⁸ (Ministério da Educação [ME] e Gabinete de Avaliação Educativa [GAVE], 2002).

Factos como ouvir o professor ou o treino com a resolução de exercícios permitem adquirir determinadas competências importantes para o desenvolvimento do aluno. No entanto, uma utilização exaustiva destas práticas não permite adquirir todas as competências Matemáticas. Situações de investigação, resolução de problemas, discussão, entre outras, poderão ajudar à obtenção dessas competências. Cabe ao professor criar as condições necessárias para o desenvolvimento do vasto leque de competências que se pretende que os alunos adquiram. Desta forma e porque se pretende que os alunos participem nas mais diversas experiências, desenvolvendo o gosto da criação Matemática, o uso da tecnologia deve ser prática corrente.

Num documento elaborado por um grupo de professores representantes de diferentes entidades ligadas ao ensino e à Matemática (ver Santos et al., 2005), encontramos que a história desta ciência mostra que a sua construção nunca ficou reduzida à escrita de símbolos na areia, com uma vara, ou a papel e lápis. A aprendizagem da Matemática não pode ser limitada a estes instrumentos, mesmo que lhes associemos o compasso, a

²⁸ “Capacidade de identificar, de compreender e se envolver em matemática e de realizar julgamentos bem fundamentados acerca do papel que a matemática desempenha na vida privada de cada indivíduo, na sua vida ocupacional e social, com colegas e familiares e na sua vida como cidadão construtivo, preocupado e reflexivo.” (ME & GAVE, 2002, p. 4).

régua e o transferidor. A integração da tecnologia na escola, nomeadamente na sala de aula de Matemática, é, de acordo com J. Silva (2003), um dos maiores desafios da educação actual.

3.3. A importância da visualização na aprendizagem da Matemática

A percepção sensorial e a observação são fontes privilegiadas de conhecimento humano. A percepção sensorial, facultada por cada um dos nossos sentidos, constitui uma das vias de acesso ao conhecimento, na medida em que possibilita a recepção da informação que provém do exterior (meio circundante/ambiente).

O conhecimento matemático é privilegiadamente adquirido e transmitido (em mediação com a inteligência) através dos canais auditivo e visual, não obstante a função do tacto (Castro & Castro, 1997). Não é por acaso que as formas mais frequentemente utilizadas para comunicar e transmitir os conhecimentos matemáticos são os enunciados verbais e as organizações visuais (gráficas ou simbólicas), aos quais acedemos normalmente através da audição e da visão.

Mas para compreender a importância da visualização na aprendizagem da Matemática importa conhecer a forma como ocorre a construção do conhecimento matemático e o próprio conceito de visualização.

Nos estudos que realizaram, Castro e Castro (ibidem) concluíram que a construção do conhecimento matemático ocorre primordialmente através de representações e de modelos.

De acordo com os autores, as representações são notações simbólicas ou gráficas através das quais se expressam as noções e os procedimentos matemáticos bem como as suas características e propriedades mais relevantes. De modo global, as notações simbólicas (por exemplo, a notação decimal) dizem respeito a signos alfanuméricos estruturados e podem ser de elevada complexidade enquanto as notações gráficas (por exemplo, o gráfico cartesiano) baseiam-se em combinações de figuras ou ícones, também estruturados.

Os autores distinguem entre representações internas e externas. As primeiras dizem respeito a imagens mentais que nos permitem pensar sobre os conhecimentos matemáticos, não são directamente observáveis e são inferidas unicamente através da acção e das palavras dos indivíduos. As segundas, possuem um traço ou suporte físico

tangível, permitem a expressão dos conceitos e procedimentos matemáticos e, dessa forma, a comunicação dos conhecimentos matemáticos.

Os modelos são esquemas ou materiais estruturados, ligados entre si através de regras, que proporcionam uma imagem isomorfa de um determinado conceito e que respeitam determinadas relações e propriedades. Por exemplo, o geoplano é um modelo finito do plano, com uma distribuição de pontos uniforme.

Facilmente compreendemos que as informações relativas, quer às representações (internas e externas), quer aos modelos, são privilegiadamente recebidas através do sentido da visão, o que nos aproxima do papel fundamental que a componente visual assume na aprendizagem da Matemática.

O pensamento matemático envolve diferentes processos de pensamento cujos aspectos psicológicos e matemáticos estão fortemente interligados. O estudo da interligação entre estes aspectos tem contribuído de forma relevante para a compreensão dos processos de aprendizagem e de pensamento em Matemática.

Dreyfus (1991 citado por Costa, 2002), refere que o pensamento matemático envolve processos relacionados com a representação de conceitos e de propriedades (o processo de representar-visualização, a mudança de representações e a tradução da formulação de um problema ou frase Matemática para outra formulação, a modelação); processos envolvidos na abstracção (generalização e síntese são pré-requisitos básicos para a abstracção); processos que estabelecem relações entre o representar e o abstrair; processos que podem incluir entre outros a descoberta, a intuição, a verificação, a prova e a definição.

Na sua maioria, os estudos sobre este tema referem a capacidade espacial e a imagética visual como os mecanismos mais importantes envolvidos no desenvolvimento do pensamento matemático.

A capacidade espacial pode traduzir-se como a capacidade para formular imagens mentais e para manipular essas imagens na mente (Clements, 1991), ou, como refere Mitchelmore (1976), a capacidade de predizer transformações específicas de figuras geométricas que são previamente apresentadas.

DelGrande (1990) descreveu um conjunto de sete capacidades espaciais que considerou fundamentais para o estudo da Geometria. Essas sete capacidades são: coordenação visuo-motora, percepção figura-fundo, constância perceptual, percepção da posição no espaço, percepção das relações espaciais, discriminação visual e memória visual.

A imagética visual pode ser definida como a actividade mental que permite a um indivíduo pensar e evocar um objecto mesmo quando este não está presente (Clements, 1981) integrando formas, configurações e padrões (Presmeg, 1992). A imagética pode resultar em visualização e auxiliar os estudantes a estabelecer ligações que facilitam a construção de significado na aprendizagem da Geometria (Solano e Presmeg, 1995).

Passemos então ao conceito de visualização cuja definição tem sido estudada por muitos autores (ver por exemplo, Gorgorio e Jones, 1996; Costa, 2000).

De acordo com Zimmermann e Cunningham (1991, citado por Costa, 2002), o termo visualização está relacionado com aspectos históricos, filosóficos, psicológicos, pedagógicos e tecnológicos importantes, surgindo relacionado com várias áreas científicas, nomeadamente a Psicologia e a Matemática.

O termo visualização foi definido por Mariotti e Pesci (1994, citado por Costa, *ibidem*) como um modo de pensamento que é espontaneamente acompanhado e apoiado por imagens. Trata-se, por um lado, da interpretação e compreensão de modelos visuais, por outro, da capacidade de traduzir dados simbólicos em informação de imagens visuais (Dreyfus, 1990 citado por Costa, 2000).

No trabalho de Gorgorio e Jones (1996) encontramos a descrição de três elementos do processo de visualização: a visualização simples, a visualização como leitura de informação visual e o processamento visual.

A visualização simples consiste na observação de um diagrama e na interpretação das suas regras. A visualização como leitura de informação visual está relacionada com a interpretação das relações geométricas que são possíveis observar através do diagrama. Por fim, a visualização como processamento visual envolve a habilidade para manipular e transformar mentalmente imagens e representações visuais (Gorgorio & Jones, 1996). Quando, por exemplo no contexto de sala de aula, se recorre a representações gráficas de conceitos matemáticos como ferramenta para interpretar conceitos ou resolver situações Matemáticas, a visualização não constitui um fim em si mesma, mas um meio para chegar à compreensão e à resolução (Castro e Castro, 1997).

De um modo global, as definições apresentadas pelos diferentes autores centram o termo visualização na percepção e na manipulação de imagens visuais. Pelo exposto, é possível depreender que a visualização é o processo de pensamento matemático que intervém com mais incidência no estudo da Geometria, que interessa especialmente para o presente trabalho.

Na literatura sobre visualização encontramos o termo “pensamento visual” muitas vezes associado ao primeiro. Em Castro e Castro (ibidem), “pensamento visual” é utilizado para descrever os aspectos do pensamento matemático que se baseiam ou que se podem expressar em termos de imagens mentais.

Senechal (1991, citado por Costa 2002) defende que “pensamento visual” é um termo mais vasto do que o termo “visualização”, que se estende ao que fazemos quando reconhecemos e manipulamos automaticamente qualquer tipo de símbolos.

Mas uma distinção mais concreta entre “visualização” e “pensamento visual” foi apresentada por Mariotti (1995, citado por Costa, ibidem). Para o autor, visualização é o pensar que traz à mente imagens de coisas visíveis enquanto pensamento visual é o pensar em coisas abstractas, que originalmente não são espaciais, mas que podem ser representadas na mente de alguma forma espacial.

Assim, quer a visualização quer o pensamento visual estão ligados à capacidade para formar imagens mentais.

Tall (1994, citado por C. Almeida e Viseu, 2002) defende que o sucesso em Matemática está intimamente relacionado com o desenvolvimento de representações mentais ricas dos conceitos matemáticos e atribui à visualização um papel complementar na percepção global desses mesmos conceitos.

Um estudo realizado por Ball e Wittrok (1973, citado por Castro e Castro, 1997) permitiu aos autores concluir sobre a importância da componente visual e da participação activa do sujeito na aprendizagem. As conclusões destes investigadores, às quais já fizemos referência anteriormente, traduzem que a aprendizagem de um conceito é mais significativa na situação em que os indivíduos têm de construir, por si próprios, um diagrama representativo desse mesmo conceito do que quando lhes é atribuído um diagrama com o respectivo conceito. Ou como já mencionámos, os indivíduos que constroem um diagrama sobre um conceito realizam uma melhor aprendizagem do que aqueles que acedem apenas à sua definição verbal.

Deste modo, os mesmos autores concluíram que a participação activa de um indivíduo através da construção de uma imagem visual é mais facilitadora da aprendizagem do que a simples presença de uma imagem visual.

Podemos dizer que as imagens são imprescindíveis no contexto geométrico. Quando pretendemos introduzir um conceito geométrico recorremos, automaticamente, ao desenho de figuras ou à construção de modelos, sem os quais seria muito mais difícil transmitir essa informação. Autores como Presmeg (1986) consideram que os aspectos

estruturais das imagens visuais apoiam os processos de abstracção (fundamentais para determinar correctamente os conceitos) e atribuem ao processamento imagético um papel central no raciocínio matemático.

O reconhecimento sucessivo da importância da componente visual no processo de ensino/aprendizagem a que se tem assistido nos últimos anos, tem contribuído para uma condução e uma apresentação da Matemática cada vez mais visuais (Mason, 1995 citado por Costa, 2000).

Não obstante, Castro e Castro (1997) notam uma certa resistência por parte dos professores de Matemática para fazer uso de recursos visuais nas aulas. C. Almeida e Viseu (2002), referem que os professores evitam argumentos visuais por considerarem que o argumento analítico é “pequeno e perfeito”, “fácil de aprender” e “fácil de ensinar” bem como “corresponde àquilo que os alunos esperam de uma prova Matemática”.

Tal como referem Castro e Castro (1997), a compreensão alcançada mediante processamento de informação visual e a que se obtém através de procedimentos analíticos complementam-se, pelo que o processo de ensino/aprendizagem deve integrar ambos os tipos de código. Os autores mostram que muitas das dificuldades na aprendizagem dos conceitos matemáticos, incluindo da Geometria, poderiam ser evitadas se os estudantes fossem incentivados a utilizar e interiorizar representações visuais associadas a esses conceitos. Realçamos deste modo a importância dos professores não só compreenderem a Matemática mas também serem capazes de comunicá-la visualmente.

3.4. Ensino da Geometria

A educação abrange várias áreas do saber. A Matemática é um desses campos do conhecimento presentes no nosso quotidiano, de várias formas e em diversos momentos. As competências desta ciência são parte fundamental no alargar de horizontes culturais do ser humano. O ensino da Matemática é importante não só pelos elementos enriquecedores do pensamento matemático na formação intelectual do aluno, mas também na capacidade que desenvolve para a resolução de problemas práticos. Desta forma, dentro deste vasto campo a Geometria surge como uma ferramenta importante para a compreensão do espaço em que vivemos. É indiscutível o interesse de estudar

Geometria na escola, pois sem este estudo o conhecimento do mundo real, o processamento e as interpretações visuais e o raciocínio lógico-dedutivo serão mais limitados. Basta olhar para uma calçada portuguesa, para o jardineiro a plantar as suas flores num jardim circular, tentar perceber porque que é que os azulejos com que revestimos o chão da nossa cozinha não são pentagonais e justifica-se o porquê de estudar Geometria na escola.

No entanto, e de acordo com a brochura de apoio à concretização das orientações curriculares do Ministério da Educação para a Geometria de 10º ano, o ensino da Geometria gera algum desconforto quando se reflecte sobre o que ensinar e que metodologias utilizar na sala de aula (Ralha, n.d.). Se ao primeiro problema a resposta surge expressa no programa da disciplina, depois de uma avaliação criteriosa das vantagens e desvantagens, por parte de um vasto leque de entidades (professores, matemáticos, psicólogos, ...), a resposta à segunda questão não é assim tão simples. Até acerca de uma década atrás os programas curriculares eram muito descritivos dos conteúdos programáticos sem se preocupar com a metodologia de ensino das aulas de Geometria. Cabia ao professor, se assim entendesse, explorar “por conta própria” para tentar diversificar o tipo de aulas e apelar ao espírito crítico e criativo dos alunos. A efectiva alteração nos Programas Oficiais está na implementação de um tópico de ajuda sobre a metodologia a implementar na sala de aula.

Desenvolvimento do tema e indicações metodológicas:

Resolução de problemas de Geometria no plano e no espaço (esta resolução de problemas serve para fornecer ao estudante o alargamento de experiências de índole geométrica mostrando-lhe a importância e o papel da Matemática como criadora de modelos que permitem interpretar e compreender a realidade)

Eis alguns dos tópicos que poderão ser estudados na resolução de problemas ou em investigações:

- estudo de alguns padrões geométricos planos (frisos);
- estudo das pavimentações regulares.

(...)

Devem ser utilizados exemplos concretos como barras de tapetes de Arraiolos, azulejos, mosaicos (como os de Conímbriga).

(J. Silva et al., 2001, pp. 20)

Estas indicações devem-se não só a investigações realizadas para perceber como o ensino da Geometria poderá ser mais efectivo, mas também à evolução dos tempos,

interesses e culturas. Ao longo dos tempos os instrumentos para trabalhar a Geometria na sala de aula foram variados e evoluíram de forma a proporcionarem ambientes mais criativos e didáticos. Tal como refere Laborde (1993), aprender Geometria com papel, lápis, régua e compasso é diferente de aprender Geometria recorrendo a materiais manipuláveis, que por sua vez é diferente de aprender Geometria recorrendo a ambientes computacionais.

Fazendo nossas as palavras de Santos et al. (2005):

A tecnologia não substitui a compreensão de factos básicos, nem o esforço mental dos alunos, nem o professor. Mas na presença deste tipo de ferramentas os alunos podem prosseguir mais facilmente até certas tarefas cognitivas de ordem superior – resolução de problemas, reflexão, raciocínio, e tomadas de decisão sobre estratégias a seguir numa exploração Matemática. (Santos et al, p.9)

Nos Programas oficiais as referências ao uso das mais diversas tecnologias vão se multiplicando.

O uso de tecnologia facilita uma participação activa do estudante na sua aprendizagem. O estudante deve contudo ser confrontado, através de exemplos concretos, com os limites da tecnologia. É preciso ter presente que a "tecnologia" em si não está em causa como conteúdo de ensino, mas que são as aprendizagens que ela pode proporcionar que justificam o seu uso. O recurso à tecnologia pode auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos matemáticos e prepará-los para usar a Matemática num mundo cada vez mais tecnológico. Como qualquer ferramenta, a tecnologia pode ser utilizada de um modo mais ou menos rico. Nunca deve ser utilizada como simples substituição de raciocínios básicos, mas sim de modo a enriquecer a aprendizagem Matemática, tornando-a mais profunda.

(J. Silva et al., 2001, pp. 17-18)

Indo de encontro às normas apontadas pela APM, já em 1988, neste vasto campo da Geometria temos de proporcionar aos nossos alunos a oportunidade de responder a questões como "Porquê?", "o que acontece se...?" e "não existirá outro processo...?". Temos de, cada vez mais, deixar de sobrecarregar os alunos com exercícios rotineiros cuja resolução é unicamente através da utilização de um algoritmo "dado" pelo professor. Em contrapartida temos de proporcionar actividades abrangentes e criativas que permitam aos alunos, conjecturar, argumentar e demonstrar. O mundo tecnológico,

o gosto pelos computadores, pode levar à sala de aula de Geometria um ciclo dinâmico de formulação e resolução de problemas. A intuição aliada ao prazer pode gerar uma onda de entusiasmo e correspondente sucesso.

Por tudo o que foi referido, estamos em crer que a exploração de programas de computador escolhidos de forma criteriosa de acordo com os alunos, conteúdo programático e meio envolvente, pode ajudar o aluno a desenvolver a percepção dos objectos do plano e do espaço.

3.5. Fundamentação Teórica

Segundo Oliveira (2006), sempre que o aluno tem a possibilidade de ser o autor da história, isso desperta-lhe a consciência de que é ele quem decide “o que fazer”, “como”, “quando” e “por que” fazê-lo.

Desta forma, a perspectiva construtivista pareceu-nos a opção teórica mais adequada a este estudo. Esta, contrariamente às concepções anteriores de aquisição do conhecimento, encara a aprendizagem como um processo activo de construção do conhecimento (R. Silva & A. Silva, 2005).

As bases teóricas desta teoria derivam fundamentalmente dos trabalhos realizados por Piaget (1896-1980) acerca do desenvolvimento cognitivo e da construção do conhecimento bem como de Vygotsky (1896-1934) sobre a influência da interacção social neste processo, aos quais faremos uma breve abordagem.

Para Piaget, a inteligência constrói-se gradualmente ao longo do tempo, através de quatro estádios ou etapas constantes e sequenciais que caracterizam as diferentes maneiras do indivíduo interagir com a realidade e organizar os seus conhecimentos (Sprinthal & Sprinthal, 2001). Estes estádios evoluem como uma espiral, de modo que cada estádio engloba o anterior e o amplia: sensório-motor (0-2 anos), pensamento pré-operacional (2-7 anos), operações concretas (7-11anos) e operações formais (11-15 anos).

Para compreender a importância que Piaget teve ao atribuir à inteligência um desenvolvimento por etapas sequenciais, é fundamental perceber como é que o autor concebia a construção do conhecimento.

Piaget considerava que todas as informações que o indivíduo recebe do meio, resultante da sua interacção com os objectos, são organizadas em estruturas mentais próprias, onde

esse conhecimento passa a estar representado, denominadas por *esquemas*. A organização da informação nos esquemas e a inerente construção do conhecimento ocorre através de três processos principais: a assimilação, a acomodação e a equilíbrio.

A assimilação consiste na incorporação de informação nova (proveniente das novas experiências) nos esquemas existentes enquanto a acomodação corresponde à modificação dos esquemas em função destas novas experiências (as informações novas são confrontadas com as já existentes substituindo-as ou completando-as). Este processo gera naturalmente desequilíbrios que são auto-regulados por um mecanismo mediador – a equilíbrio – cujo objectivo é a reorganização dos esquemas e a restituição de equilíbrio ao sistema.

De acordo com Piaget, os esquemas tornam-se sucessivamente mais complexos ao longo do tempo, de acordo com o desenvolvimento cognitivo da criança, ou seja, o seu conhecimento sobre o mundo exterior aumenta e torna-se, também, mais complexo. Assim, as etapas sequenciais garantem que as estruturas cognitivas das crianças estão preparadas para a aquisição de novos conhecimentos (Sprinthal & Sprinthal, *ibidem*).

Os trabalhos de Piaget revelaram-se contributos importantes para o estudo do processo de ensino/aprendizagem e tiveram implicações educativas relevantes. Piaget chamou a atenção para a importância de se ter em consideração os conhecimentos e o nível de pensamento da criança para este processo. Pela primeira vez, foi atribuído à criança/indivíduo um papel activo na sua aprendizagem e na construção do seu conhecimento.

Piaget defendia que as crianças só aprendiam através da sua acção no ambiente, mas esta visão de que as crianças constroem a sua compreensão do mundo através da interacção com os materiais/objectos do seu mundo não negam a preocupação de Piaget com o papel exercido pelo meio social (Jófil, 1996).

Vygotsky, contrariamente a Piaget, atribuiu maior ênfase ao meio social e enfatizou a importância da interacção social da criança com as pessoas e com os instrumentos do seu mundo na construção do conhecimento. Na sua teoria, defende que a aprendizagem é um processo social e o conhecimento algo socialmente construído (Vygotsky, 1978).

De acordo com Vygotsky, o desenvolvimento consiste num processo de aprendizagem do uso das ferramentas intelectuais (uma dessas ferramentas é a linguagem) através da interacção social com o outro social mais experimentado nessas ferramentas (Palincsar, Brown e Campione, 1993 citado por Fino, 2001). Os adultos desempenham um papel

importante neste processo construtivo do conhecimento, que é de suporte (“scaffolding”) e de orientação da criança/aluno na aprendizagem. Assim, o adulto tem a função de guiar a criança/aluno desde o que é presentemente conhecido ao que há a conhecer (Karagiorgi & Symeou, 2005).

Além da ênfase colocada na interacção social, os seus trabalhos e dos seus seguidores têm como pensamento central a existência de uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP), definida como a distância entre o nível de desenvolvimento actual, determinado pela sua capacidade individual de resolver problemas individualmente e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela resolução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com pares mais capazes (Vygotsky, 1978).

Enquanto o nível de desenvolvimento actual representa retrospectivamente o desenvolvimento, a ZDP caracteriza o desenvolvimento mental de forma prospectiva. A ZDP constitui uma ferramenta para os diversos agentes educativos compreenderem o curso interno do desenvolvimento. A sua utilização pode permitir a tomada em consideração dos ciclos e processos de maturação. A ZDP possibilita que se delineie o futuro imediato da criança e o seu estado dinâmico de desenvolvimento (Vygotsky, *ibidem*).

A ênfase atribuída à origem social da cognição individual e a definição da ZDP tiveram implicações educativas importantes.

A ideia da ZDP sugere a existência de uma “janela de aprendizagem” (Fino, 2001) em cada momento do desenvolvimento cognitivo do aluno, pessoal e individualizada. A implicação desta ideia nos contextos de aprendizagem é a necessidade de se garantir a cada grupo de alunos, por um lado, uma variedade de actividades e de conteúdos que lhes permitam personalizar a sua aprendizagem, por outro, os meios que lhes permitam personalizar essa aprendizagem.

Vygotsky considera que as aprendizagens orientadas para níveis de desenvolvimento que já foram atingidos não são eficazes. Esta ideia implica que o professor assista o aluno e lhe proporcione apoio e recursos de modo que ele seja capaz de aplicar um nível de conhecimento mais elevado do que lhe seria possível sem ajuda. A concepção de Vygotsky sugere que ao interagir a um nível mais elevado, o aluno interiorizará por meio da interacção, os processos, o conhecimento e os valores que usa, independentemente de ser capaz de os identificar no momento em que os utiliza (Henderson, 1986 citado por Fino, 2001).

Outra implicação da teoria de Vygotsky e que encontramos descrita em Fino (ibidem) é a actuação do professor como agente metacognitivo com a função de monitorizar e dirigir a actividade do aluno no sentido da sua conclusão/resolução, assumindo o papel de regulador do processo de aprendizagem e analista do conhecimento. O processo metacognitivo aqui referido respeita ao planeamento e avaliação do próprio pensamento durante a resolução de problemas ou mesmo quando se pensa acerca do próprio conhecimento e se procura comunicá-lo.

Outra implicação que ainda importa referir está relacionada com a importância dos pares como mediadores da aprendizagem. Vygotsky considerava que a intervenção dos pares mais aptos permitia ao aluno a interiorização gradual dos procedimentos e conhecimentos envolvidos e que os pares podiam funcionar, também eles, como agentes metacognitivos (Fino, 2001).

Revistos os principais contributos das teorias de Piaget e Vygotsky importa salientar que muitos outros autores contribuíram para a definição do construtivismo com concepções que partilham de um conjunto de princípios básicos (Pouts-Lajus e Riché-Magnier, 1998) que apresentamos de seguida:

- o conhecimento é construído activamente pelo aluno, não é transmitido;
- a aprendizagem é, simultaneamente, um processo activo e reflexivo;
- o conhecimento prévio do aluno influencia a forma como ele interpreta uma nova experiência;
- as interacções sociais introduzem perspectivas múltiplas na aprendizagem;
- a aprendizagem requer a compreensão do todo assim como das partes e estas deverão ser entendidas no contexto do todo.

A premissa de que nós construímos o nosso próprio conhecimento do mundo em que vivemos através das nossas experiências pessoais constitui uma das premissas do construtivismo. Esta abordagem enfatiza a construção do conhecimento mediante a exploração e a manipulação activa de objectos e ideias e explica a aprendizagem através das trocas que o sujeito realiza com o meio (R. Silva e A. Silva, 2005).

Ao considerar que o aluno tem um papel activo na aprendizagem, coloca-o no centro do processo de ensino/aprendizagem e assume que todos os demais elementos como o ambiente, o professor e os conteúdos fazem sentido apenas se contribuírem para que o aluno construa o conhecimento (Coutinho, 2005).

Os princípios básicos do construtivismo têm orientado (pelo menos no plano teórico) os diversos agentes educativos, nomeadamente os educadores/professores, no processo de ensino/aprendizagem. Trata-se de facto, da teoria que mais e melhores contributos tem dado para a criação de contextos de aprendizagem que promovam um maior sucesso educativo.

No entanto, actualmente os pressupostos do construtivismo também têm sido interpretados sob o ponto de vista do que Crato (2006) considera ser o construtivismo dogmático. Este autor refere mesmo que o próprio Piaget “ficaria naturalmente chocado com muito do que é dito em seu nome” (Crato, 2006, p.108).

Um exemplo desta situação é demonstrado pelo autor na sua obra, ao citar uma autora que se assume defensora da abordagem construtivista e que passamos a transcrever de seguida:

O papel do professor não é pois o de transmitir ideias feitas aos alunos mas de os ajudar, através das tarefas apresentadas, a construir os seus próprios conhecimentos. [...] Sendo assim, o professor deverá respeitar sempre a opinião do aluno e, mesmo quando esta é incorrecta, evitará emitir sobre esta um juízo de valor. (Morgado, 1993 citado em Crato, 2006, p. 109)

Não obstante a construção activa do conhecimento por parte do aluno defendida pela autora, a opinião da mesma parece basear-se numa interpretação radical dos princípios construtivistas da aprendizagem. O construtivismo não propõe que se coloque o aluno à descoberta por si próprio de todos os conteúdos programáticos e apesar de se focalizar no papel activo do aluno, não atribui ao professor o papel passivo de aceitação incondicional da opinião do aluno. Posição esta que também parece estar presente noutra momento da intervenção da mesma autora, mais precisamente quando defende que os conceitos matemáticos não devem ser ensinados directamente pelos professores às crianças, apenas as convenções gráficas (Crato, 2006).

Outra visão radical da abordagem construtivista está relacionada com a aprendizagem da simbologia escrita e com a passagem dos exercícios orais aos escritos.

Em relação ao primeiro aspecto, Morgado (1993) defende que só após a compreensão oral dos problemas por parte do aluno deve ser introduzida a simbologia escrita. De acordo com a psicologia moderna, a simbologia pode constituir um auxílio à descoberta

e à compreensão, sendo possível que a aprendizagem dos símbolos preceda a compreensão do seu significado (Crato, 2006).

De acordo com Morgado (1993), o segundo aspecto deve ocorrer apenas quando o aluno sentir a necessidade de passar ao registo escrito. No entanto, tal como ilustra Crato (2006), o registo escrito pode ser realizado antes do aluno sentir a referida necessidade. Como este autor, defendemos que a própria prática do gesto e da escrita pode facilitar o desenvolvimento em várias dimensões e inclusive ajudar o aluno no raciocínio e prepará-lo para etapas posteriores (mesmo que o resultado da tentativa de escrever não seja plenamente entendido no momento em que é realizado).

Cada um de nós, educadores, tem de ser crítico e avaliar, em cada momento, o que de melhor existe ou pode ser feito. Tal como Freitas (2003), não cremos que todas as situações pedagógicas sejam adequadas a opções assumidamente construtivistas, pois “podem também ser perigosas e contraproducentes se levarem professores e estudantes a acreditar que se podem atingir conhecimento e skills sofisticados confiando apenas no esforço construtivo próprio do estudante, sem que exista por parte do professor um esforço sistemático e deliberado para ajudar todos os estudantes” (p.1). Esta posição é facilmente explicada, por exemplo, com o processo de aprendizagem da resolução de sistemas de equações, onde, obrigatoriamente o aluno tem de decorar o algoritmo de resolução, interiorizando processos e mecanismos, só conseguidos através da prática.

Tal como já foi dito, não há uma opção correcta e milagrosa para todo o processo ensino/aprendizagem. Existem, no entanto, opções mais ou menos correctas, dependendo do público-alvo, das suas realidades e, obviamente, do conteúdo a ser trabalhado.

De acordo com Dias (2000), esta concepção do ensino centrado no aluno encorajou a criação de ambientes inovadores e estimulantes por parte dos professores e criou a necessidade de desenvolver o projecto educacional numa visão integradora do aluno, dos *media* e dos contextos de construção e de produção da aprendizagem.

A adaptação na sala de aula de cenários construtivistas conduziu a que os novos *media* tecnológicos interactivos ganhassem mais e maior importância. O computador deixou de ser considerado desde uma visão tradicional de máquina programada para o ensino de conteúdos e passou a ser reconhecido como uma ferramenta independente e interactiva (Crook, 1998), com um elevado potencial para a construção de ambientes promotores da aprendizagem.

O carácter de independência estimula uma construção reflexiva do conhecimento por parte do aluno, com base nas suas capacidades e interesses, possibilitando uma progressão ao seu próprio ritmo. Desta forma, o computador traduz-se numa estratégia próxima da construção individual de conhecimento, defendida na abordagem construtivista da aprendizagem.

A interactividade fomenta a interacção do aluno com o seu próprio ambiente de trabalho e com todos os outros elementos que constituem o meio (académico, geográfico e social) que o aluno integra. Neste sentido, o computador favorece estratégias construtivistas centradas no aluno, mas também estratégias socioculturais centradas no meio social em que o aluno se insere.

3.6. Estilos de aprendizagem

Para nos apercebermos da singularidade que é um processo de aprendizagem, basta observarmos crianças a brincar, interagir e aprender. Se fizermos este exercício será perceptível que uma criança gostará de aprender de determinada maneira, enquanto outra preferirá aprender a mesma coisa de uma forma completamente distinta. Esta “maneira” pela qual a criança prefere aprender será o seu estilo de aprendizagem.

Tendo isto em conta, para introduzir modificações no processo ensino-aprendizagem da Geometria, não basta ter em consideração apenas as diferentes metodologias e as dificuldades sentidas neste estudo. Assim, depois de estudada e decidida a teoria de aprendizagem mais adequada ao nosso estudo e percebidas as dificuldades manifestadas pelos alunos nos conteúdos a leccionar, urge compreender os diferentes estilos de aprendizagem.

Como já referimos, o modo como preferimos aprender varia de pessoa para pessoa bem como os interesses e os objectivos da aprendizagem. Não obstante esta individualidade, há padrões semelhantes em grupos de pessoas e a existência desses padrões incentivou alguns estudiosos a investigar e definir o conceito de estilos de aprendizagem e a encontrar diferentes designações para os mesmos.

De acordo com Alonso e Gallego (2002, citado por Barros & Amaral, 2007) os estilos de aprendizagem são traços cognitivos, afectivos e fisiológicos, que revelam o modo como os alunos percebem, interagem e respondem aos ambientes de aprendizagem em que estão integrados. Assim, os estilos de aprendizagem indicam as preferências e as

tendências de uma pessoa relativamente à aprendizagem, influenciando a sua maneira de apreender um conteúdo.

Na nossa experiência pessoal deparamo-nos com situações como a descrita por Felder (1996, citado por Morais e Miranda, 2008) em que alguns alunos mostram preferência por teorias e modelos matemáticos, outros privilegiam as formas visuais de informação, outros ainda as formas verbais ou escritas, outros preferem as aprendizagens activas e interactivas e outros cujo funcionamento é mais introspectivo e individual. No seu conjunto, estas constituem formas distintas de estar, mas que têm subjacentes preferências e estilos predominantes distintos.

De acordo com Silva e Andrade (2008) as metodologias e as estratégias de ensino devem ser adequadas aos estilos de aprendizagem dos alunos, proporcionando-lhes, por sua vez, a reflexão sobre a forma como aprendem melhor.

Identificar os estilos de aprendizagem dos estudantes é fundamental para conseguir explicar o porquê de certas metodologias funcionarem com uns alunos e não com outros. Por outro lado, o conhecimento destas diferenças permitirá ao professor adaptar-se de forma mais adequada aos seus alunos.

O termo “estilos” passou a ser utilizado a partir do século XX (Cue, 2007 citado por Okada, Barros & Santos, 2008) e uma das perspectivas mais influentes das últimas décadas foi a de Kolb que definiu quatro estilos de aprendizagem que denominou como convergente, divergente, assimilador e acomodador (Okada et al., *ibidem*).

No entanto, neste trabalho, optámos por atribuir maior ênfase a uma definição mais actual de estilos de aprendizagem. Assim, apresentamos de seguida a perspectiva de Alonso e Gallego que consideram que as principais características dos alunos podem ser integradas em quatro estilos de aprendizagem principais (Alonso & Gallego, 2002 citado por Barros e Amaral, 2007):

Estilo Activo

São alunos sociáveis, que se interessam por desafios e situações problemáticas; valorizam os dados da experiência, entusiasmam-se por tarefas novas e manifestam forte implicação na acção.

Estilo Reflexivo

Estes alunos dão prioridade à observação antes da acção; gostam de observar as experiências de diversas perspectivas, centram-se na reflexão e na construção de

significados. São muito ponderados, preferem pensar antes de chegarem a qualquer conclusão.

Estilo Teórico

Os alunos que se integram neste estilo tendem a estabelecer relações e generalizações, deduzir, integrar os factos em teorias e modelos coerentes, procuram analisar e sintetizar.

Estilo Pragmático

Para aprender, estes alunos procuram experimentar ideias, teorias e técnicas para “ver se funcionam” na prática; tendem a testar conceitos em novas situações e identificam-se com a tomada de decisões práticas.

Nos estudos que realizaram, Morais e Miranda (2008) encontraram que os alunos do estilo activo e os do estilo reflexivo são os que privilegiam as estratégias utilizadas pelo professor no que respeita aos aspectos que consideram essenciais para aprender e ensinar Matemática.

A associação entre os diferentes estilos de aprendizagem dos alunos e a aprendizagem da Matemática pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de ensino e aprendizagem da Matemática e, no caso específico da nossa investigação, de compreender alguns dos resultados que obtivemos.

3.7. ...Futuro da Educação

Propomos, agora, um desafio: feche os olhos e imagine como será o mundo em que vivemos daqui a 30 anos, 40 ou 50 anos! Júlio Verne, há bem mais de um século atrás, fez algo semelhante e escreveu:

Os homens deste século XXIX vivem no meio duma festa contínua, sem darem mostras de se aperceberem de tal. Insensibilizados pelas maravilhas, mantêm-se frios perante as que o progresso lhes traz todos os dias. Tudo lhes parece natural. Se a comparassem com o passado, apreciariam melhor a nossa civilização e aperceber-se-iam do caminho percorrido. Como lhes apareceriam mais admiráveis as nossas cidades modernas com vias de cem metros de largura, com casas de trezentos metros de altura, com a temperatura sempre igual, de céu sulcado por milhares de aerocarros e de

aeróbus! Ao pé destas cidades, cuja população chega por vezes a dez milhões de habitantes, que eram estas aldeias, estes lugarejos de há mil anos, estas Paris, estas Londres, estas Berlim, estas Nova Iorque, povoações mal arejadas e lamacentas, onde circulavam caixas aos solavancos, puxadas por cavalos -sim! por cavalos!, é de nem acreditar! Se pensassem no funcionamento defeituoso dos paquetes e dos caminhos de ferro, nas suas colisões frequentes, também na sua lentidão, que valor não atribuiriam os viajantes aos aerotrens e sobretudo aos tubos pneumáticos, lançados através dos oceanos e nos quais são transportados a uma velocidade de mil e quinhentos quilómetros à hora? Enfim, não desfrutaríamos melhor o telefone e o telefoto, se disséssemos que os nossos pais se achavam reduzidos a um aparelho antediluviano a que chamavam «telégrafo»? (Verne, 1995, p. 1)

Facilmente se percebe que a informática, nomeadamente através da Realidade Virtual, é uma ferramenta cada vez mais presente no nosso quotidiano. Assim, são tecnologias que devem apoiar a aprendizagem sendo o ponto fulcral da inserção da Realidade Virtual na educação, o de quebrar barreiras.

Segundo (Shaffer, n.d.), na educação procura-se, de forma sistemática, o desenvolvimento de tecnologias que ajudem os alunos a desenvolver o pensamento abstracto. Desta forma, uma abordagem com Realidade Virtual pode fornecer uma aprendizagem diferente, mais divertida, criativa e que promova uma aprendizagem sequencial.

A escola e a sala de aula, a cada dia que passa, deixam de ser aquele lugar pouco convidativo, dir-se-á mesmo aborrecido, sofrendo uma transformação para algo dinâmico e agradável. A rotina é algo em vias de extinção - pelo menos assim se espera – e tendo em conta a interacção, a participação activa, a multidisciplinaridade que as novas tecnologias concedem, torna-se urgente essa aposta. Desta forma, e porque se pretende inovar, sem entrar no facilitismo que tanto se ouve falar e sem prejudicar a qualidade do ensino, bem pelo contrário, a RV é o desafio, até pela especificidade sensorial que transmite ao aluno.

Observar, explorar, descobrir, construir conhecimento são palavras-chave no processo ensino/aprendizagem. Uma das potencialidades da Realidade Virtual, talvez a que causará maior impacto, será a possibilidade, não só de manusear objectos físicos, mas a de “conhecer” locais que de outra forma seria impossível visitar.

Segundo Bell e Fogler (1998), nós, educadores, não podemos pensar em Realidade Virtual como mais uma forma do aluno aprender, ou como um substituto de métodos

tradicionais educativos. Segundo os mesmos autores, Dale Edgar revelou que apenas recordamos 10% daquilo que lemos, 20% do que ouvimos, mas temos a capacidade de reter 90% do que aprendemos através de uma participação activa. Assim, seremos capazes de promover uma aprendizagem mais significativa com a ajuda da Realidade Virtual.

Para Pantelidis e Vinciguerra (1995) a Realidade Virtual proporciona:

- maior motivação aos utilizadores;
- um maior poder de ilustração e processos e objectos que qualquer outro *media* existente;
- uma análise de muito perto;
- uma análise de muito longe;
- às pessoas portadoras de deficiência a realização de tarefas que de outra forma seriam impossíveis;
- que o aluno desenvolva o estudo e a aprendizagem ao seu próprio ritmo;
- o desenvolvimento de experiências e conhecimentos além dos tempos lectivos;
- interacção e, desta forma, estimula a participação activa do estudante no processo ensino/aprendizagem.

Interacção, ponto fulcral da experiência do aluno com o mundo virtual uma vez que permitirá a aprendizagem, sendo que a cada acção que ele exerça sobre o mundo em que está inserido, receberá feedback imediato.

Pela panóplia de software, hardware e pelas inúmeras aplicações que já vimos, a Realidade Virtual é a ferramenta ideal para inúmeras situações e contextos de aprendizagem.

A Realidade Virtual não cairá nas escolas como “solução milagrosa” de todos os problemas, do insucesso escolar ou outros, mas sendo uma ferramenta que pode funcionar como complemento ao mundo real, faz com que o aluno tenha o mesmo comportamento natural e intuitivo, como se de um mundo físico se tratasse, sendo dessa forma capaz de se motivar, interagindo, e responder positivamente à aprendizagem.

Como é sabido cada aluno aprende ao seu próprio ritmo, de acordo com o estilo que lhe é mais favorável. Através de estímulos visuais, verbais ou auditivos, cada aluno adapta-se ao modo que mais lhe agrada. Este é um factor crucial onde a RV ganha vantagem, pois pode aliar as várias vertentes, e assim, começar a ter sucesso onde tudo o resto tem falhado.

Particularizando para a Matemática, sabe-se que, o modo como se faz, como se escreve e como esta nos é apresentada tem mudado ao longo dos tempos.

O matemático Jacques Hadamard (1865-1963) afirmou que “O objectivo do rigor matemático é sancionar e legitimar as conquistas da intuição, e ele nunca teve outro objectivo”. Contudo muitas vezes o formalismo final esconde o raciocínio que levou à descoberta e apaga o papel desempenhado pela intuição. Pedro Nunes no seu “Libro de Álgebra” (1567) comentava mesmo que: “Oh quão bom seria se os autores que escreveram nas ciências Matemáticas nos tivessem deixado escritos os seus inventos pela mesma via e com os mesmos discursos que fizeram até que chegaram a eles. (...) É a invenção muito diferente da tradição em qualquer arte, não penseis que todas aquelas proposições de Euclides e Arquimedes foram achadas pela mesma via com que no-las trouxeram.”

Arquimedes escreveu um livro intitulado “O Método” (embora o texto fosse desconhecido durante muitos séculos e só fosse redescoberto no século XX) para tentar mostrar como as experiências lhe permitiam intuir teoremas que posteriormente provava. Poucos matemáticos seguiram o exemplo de Arquimedes! (J. Silva, 1999)

Apesar disso, mesmo com uma imensidão de alterações curriculares, em formas de ensinar, em desenvolvimento de softwares, a disciplina de Matemática “sofre” de muitas doenças. Entre elas a dificuldade, por parte de professores e educadores, de motivar e interessar os alunos por esta ciência. Segundo Naeve e Nilsson (2004), uma das deficiências do ensino da Matemática é “a incapacidade de estimular o gosto pela disciplina, facilitando a compreensão, de promover a sequência de matérias, de integrar abstracções com aplicações práticas do dia-a-dia, no fundo de integrar a Matemática na cultura dos nossos alunos”.

Apesar da já longa história da Realidade Virtual, a verdade é que no ensino ainda começa a dar os “primeiros passos”. Este facto aparece-nos como uma falha do sistema educativo, das escolas e dos professores, pois, segundo Sulbaran e Smith (2003), com o uso de ambientes de Realidade Virtual, espera-se um aumento de motivação, assim como um desempenho mais significativo dos alunos, na Matemática e noutras ciências. Ainda segundo Sulbaran e Smith (ibidem), os ambientes de Realidade Virtual proporcionam mais do que a utilização de um computador ou da utilização da Internet.

3.8. Resumo do capítulo

O ensino profissional tem exigências muito próprias como a necessidade de currículos e práticas eminentemente experienciais. O ensino da Matemática, nomeadamente o da Geometria, impõe características especiais como a visualização espacial e capacidade de abstracção para uma interpretação objectiva de muitos dos conteúdos programáticos.

A opção teórica adoptada para a implementação deste estudo foi o construtivismo, sendo a concepção do ensino centrado no aluno fundamental para uma aprendizagem mais significativa. Esta opção aliada à unicidade de cada aluno e às formas como cada um deles aprende, pareceram-nos condições necessárias para ir de encontro do que se espera ser o futuro da educação. Na preparação de uma escola dinâmica e agradável a RV será um meio de possibilitar aos alunos observar, explorar, descobrir e construir o seu próprio conhecimento.

4. Concepção de um modelo interactivo para estudo das secções do cubo

4.1. Como se ensinam hoje as secções do cubo

Livro:

Por ser dos aspectos a considerar aquele que surgiu primeiro, aquele que é “indispensável” na sala de aula, iniciamos esta fase comparativa a falar do livro. Sabe-se que desde Gutenberg os documentos escritos são a principal fonte de transmissão do conhecimento. Na escola, tal como a conhecemos, o manual escolar é fundamental e toma um lugar preponderante nos materiais a transportar, pelos alunos, para a sala de aula.

A título de exemplo, consideremos um manual de Matemática para o 10.º ano de escolaridade de uma editora portuguesa: o livro apresenta quatro páginas sobre as secções do cubo, com as respectivas imagens e descreve o plano de corte de forma a obter a respectiva secção (figuras 21 e 22). De seguida apresenta um conjunto de exemplos e de exercícios sobre a matéria anteriormente abordada (figura 23).

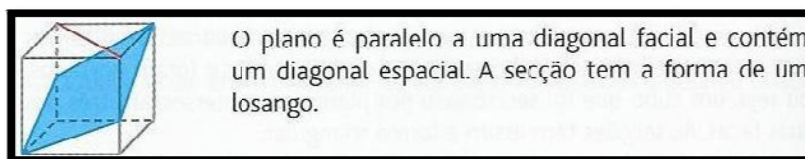


Figura 21 – Exemplo de um losango obtido como uma secção do cubo

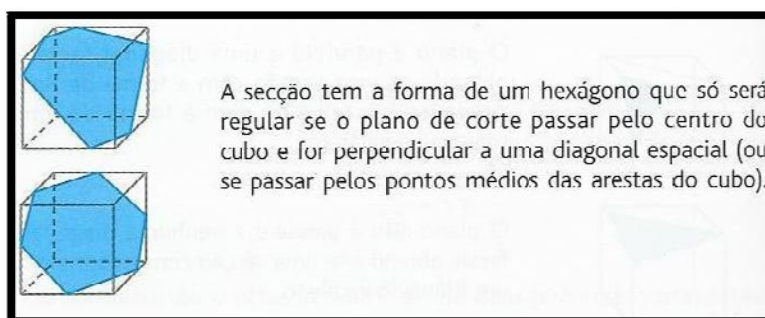


Figura 22 – Exemplo da ilustração de secções hexagonais

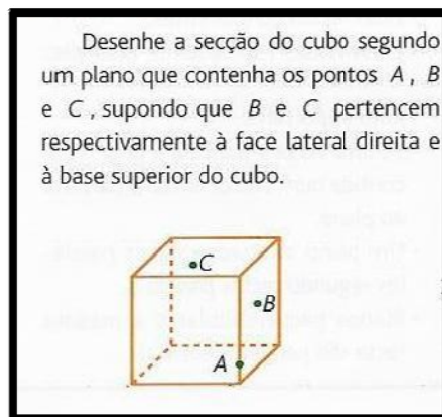


Figura 23 – Exemplo de exercícios deste conteúdo

Parecem evidentes as vantagens deste meio didáctico. Desde a facilidade de transporte, passando pela facilidade de manuseamento, o livro não necessita de outros apetrechos para ser utilizado. Mas surge, então, uma questão: de que serve o manual escolar neste conteúdo específico? Este assunto espelha na perfeição o que se pode esperar aquando da abertura de um manual escolar de Matemática. Em busca da resposta à pergunta colocada anteriormente, surgem várias hipóteses: ou o professor dá a matéria no quadro – o que será algo de extrema dificuldade de execução, ou usa retroprojector ou videoprojector para fazer “aparecer” as secções e o livro servirá apenas para disponibilizar exercícios para praticar; outra hipótese será o professor dizer aos alunos para lerem as páginas “x a y” e fazer os exercícios da página “z”.

Internet:

A adopção do hipermédia para comunicar e distribuir informação só veio a consolidar-se científica, comercial e socialmente, com a convergência das telecomunicações e das indústrias de entretenimento em paralelo com a divulgação da WWW.

O hipermédia explora a nossa habilidade para administrar, organizar e manipular a complexidade, relacionando-a com elementos multissensoriais em padrões de relação que se modificam até que algo de novo emerge. O hipermédia representa também um passo muito significativo no desenvolvimento de aplicações e de padrões de uso das redes e dos computadores em educação. (Bidarra, 2007)

Existe na rede uma infinidade de material, disponível 24 horas por dia, sobre os mais variados assuntos. Apesar do computador e da Internet estarem, hoje, “vulgarizados” e

serem de uso trivial, o discurso digital para fins educativos ainda não está ao alcance de todos. Há, no entanto, vantagens mais do que suficientes para a utilização destes meios na sala de aula. Agora, precisamos saber aquilo que disponibilizamos aos nossos alunos e com que finalidade o fazemos.

Uma simples pesquisa por “secções do cubo” num motor de busca e surgem inúmeras opções, uma imensidão de páginas que se podem abrir relativas a este tópico. Retirámos exemplos de imagens (figuras 24 e 25) de duas dessas páginas, de forma a percebermos como será o estudo realizado com base nestas referências.

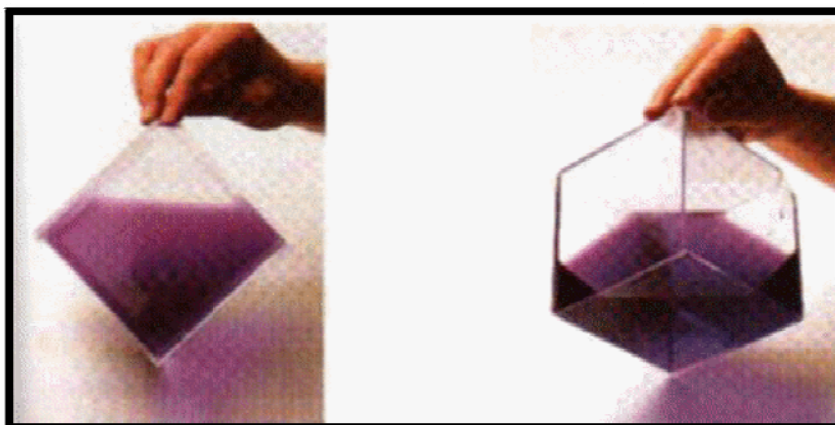


Figura 24 – Ilustração de secções do cubo utilizando material manipulável²⁹

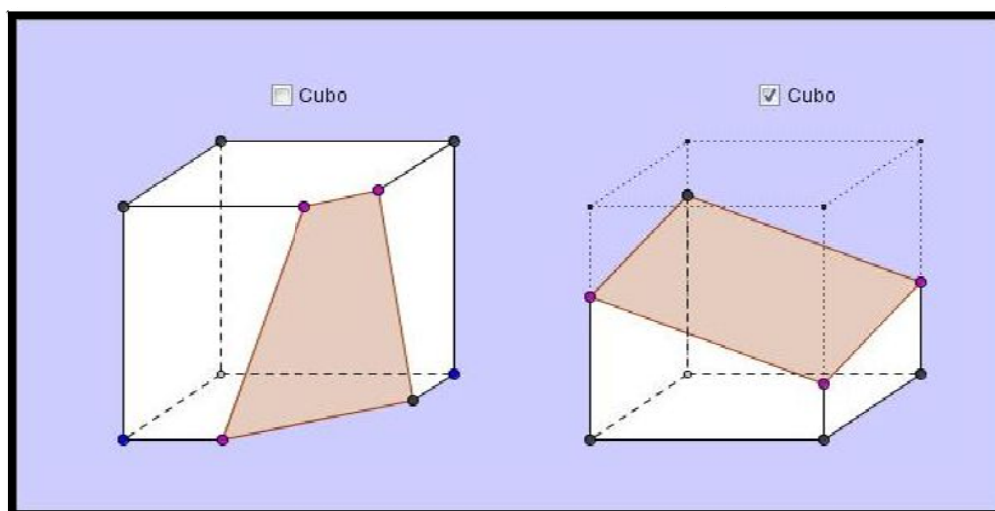


Figura 25 – Ilustração da obtenção de secções do cubo potenciado por um site na Internet³⁰

²⁹ http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm21/cortes_em_poliedros.htm

³⁰ http://mat.absolutamente.net/ra_cubo1.html

Segundo A. Carvalho, Simões e Silva (2004, pp. 21-22):

Um site pode dispor informação ou pode proporcionar actividades pré-definidas, isto é, pode ter funcionalidades que permitam ao utilizador fazer mais do que observar e navegar. Um site pode integrar uma função ou mais das do tipo que se seguem:

- expositor de informação, em que o site é visto como um álbum, uma exposição ou um portefólio que possibilita uma “leitura”, mais ou menos organizada, numa área de interesse;
- colector de informação, a informação é fornecida pelo utilizador, por exemplo através de um formulário;
- meio de comunicação entre utilizadores interessados num dado assunto, através de uma ferramenta de comunicação (e.g. fórum), podendo o site ser considerado como um “ponto de encontro” entre utilizadores;
- instrumento de trabalho para os utilizadores desenvolverem uma actividade específica previamente planificada pelo seu autor (e.g. WebQuest, exercícios com correcção automática, simulações).

Ambos os casos apresentados fazem parte da primeira da lista de opções para função de um site.

No caso da primeira imagem o aluno apenas observa a página, lê os conteúdos teóricos que, diga-se, por exigir visualização espacial não são lineares, ou seja, é um mero espectador. Não se denotam diferenças entre o facto de “ler” a página da Internet ou ler o manual escolar, já anteriormente referido, uma vez que as imagens simplesmente aparecem. Da mesma forma que surgem as imagens, aparece também uma breve explicação da formação da secção respectiva. Tal como refere Cardoso (2005), apesar da enorme disponibilidade de tecnologias com que nos deparamos, visitar um site continua a ser uma experiência solitária e o que se encontra não são mais do que páginas de conteúdo.

Ainda assim, no 2.º exemplo dado, o aluno é capaz de “mexer”. As imagens observadas são pré-geradas, sendo que permitem, ao aluno, mover os pontos pré-definidos com essa função. No entanto o aluno está limitado, pois a sua autonomia de utilização “esbarra” nos limites impostos pelo autor da página aquando do seu desenvolvimento.

Qualquer uma destas propostas contraria Kalinke (2003, citado por A. Carvalho et al., 2004) uma vez que estes sites não estão de acordo com uma proposta construtivista de ambiente de aprendizagem, uma vez que não servem como “veículo de transformação”, mas, no nosso entender, como emissor de informação.

Software educativo:

Assiste-se, nos dias de hoje, a um aumento considerável de produtos educacionais multimédia. Com este crescente romper de tecnologias o professor tem de saber o que é melhor e o que melhor se adapta às características dos seus alunos. E esta é a árdua tarefa dos educadores.

Segundo (Lockitt, 1999), este tipo de produtos educacionais não é uma substituição do professor nem da sala de aula. Mas, e ainda de acordo com o mesmo autor, devem ser utilizados de forma sensata e correcta, pois são capazes de garantir, entre outras coisas, interactividade, possibilidade de modelagem, e devem estar disponíveis em qualquer lugar a qualquer altura. Cada aluno tem o seu próprio ritmo, o seu próprio estilo e os produtos educacionais multimédia devem responder afirmativamente a cada aluno, a cada situação, maximizando o potencial de cada sujeito.

Talvez por isso, também as editoras de livros estão a apostar neste campo multimédia. A ASA Editores é um desses exemplos, e disponibilizou um cd, juntamente com o manual, em que estão disponíveis *orientações, recursos e sala de leitura*. Para o nosso estudo temos particular interesse nos recursos, onde encontrámos sobre o tema em estudo a imagem de alguns cubos, com 3 pontos assinalados (figura 26).

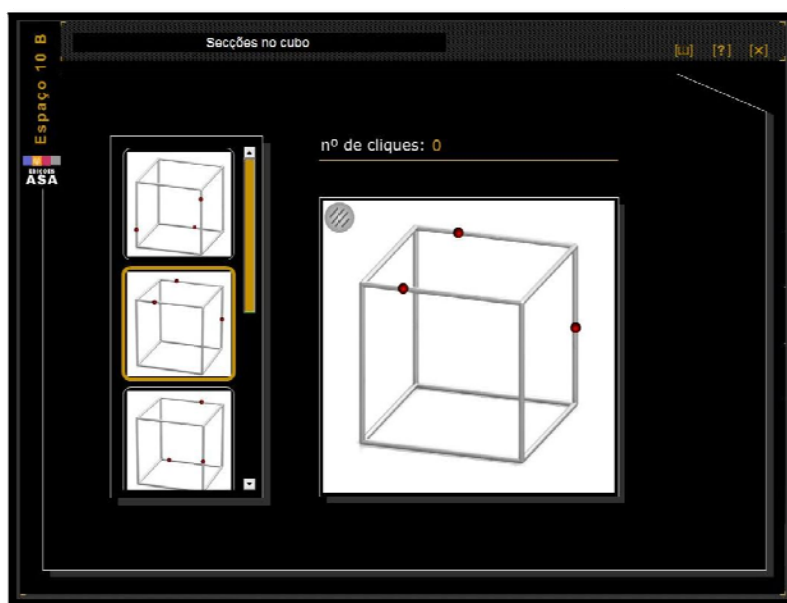


Figura 26 – Imagem de abertura do software educativo no estudo das secções

Nesta imagem inicial, o aluno escolhe o cubo com os pontos pré-definidos. O objectivo é que o aluno construa as secções, obtidas pelo plano definido por esses 3 pontos, no

cubo. Neste caso construir é sinónimo de “clique” no botão do rato nos sítios do cubo onde achemos que se define a secção (figura 27). Aqui já se vê o número de “cliques” e os pontos unidos, pelo que já se encontra visível parte da secção definida.

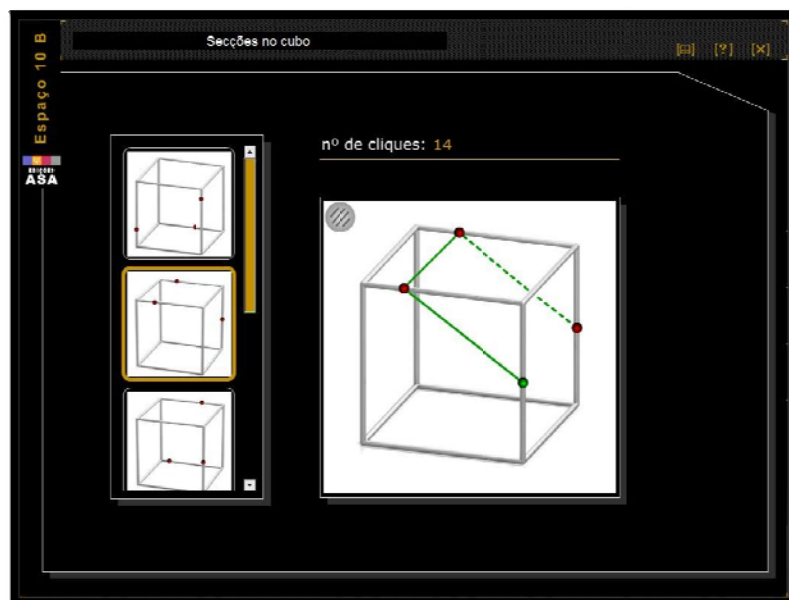


Figura 27 – Construção, passo a passo, da secção do cubo

Este processo dá-se até conseguirmos atingir o objectivo, ou seja, a construção da secção (figura 28). Nesta fase, o software dá os parabéns e indica o número de movimentos que efectuámos para conseguirmos chegar ao pretendido.

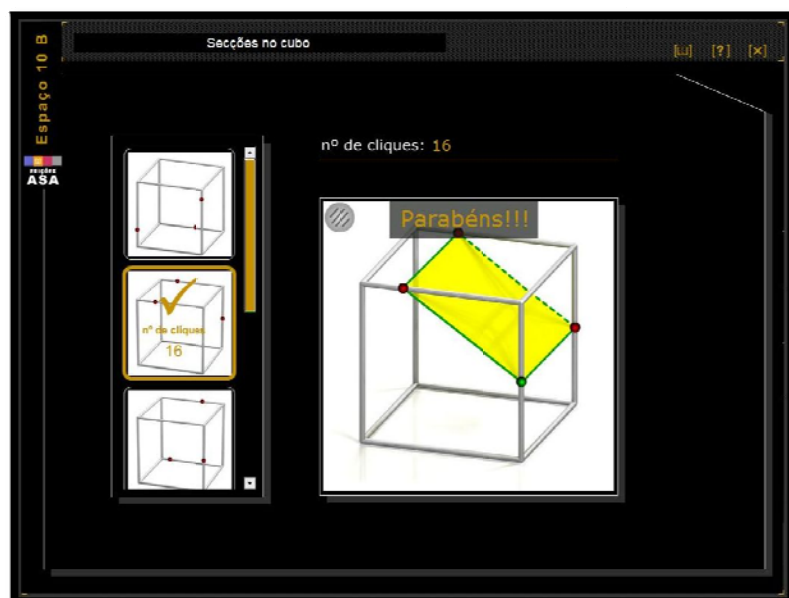


Figura 28 – Consecução da secção

Este software, tal como aconteceu com o segundo exemplo de site, oferece um grau de interactividade muito reduzido, pois, uma vez mais, o aluno está limitado nas suas opções.

Pela nossa experiência, e pelas práticas que conhecemos dos professores, sabemos que estas são as metodologias mais usuais na leccionação deste conteúdo. Uma outra proposta para o ensino/aprendizagem das secções do cubo, prende-se com a utilização de materiais manipuláveis - cubos em acrílico, e/ou barras de sabão. Esta opção, das referidas até ao momento, parece-nos a que mais se adequa a este conteúdo programático, mas desta metodologia trataremos a seguir.

No entanto, não obstante as vantagens da utilização de qualquer uma destas metodologias, pretendíamos ir mais longe. Queríamos ir de encontro aos estudos já anteriormente referidos em que se menciona a tecnologia como uma ponte importante/necessária na aquisição de conhecimento.

Assim, era nosso objectivo disponibilizar algo motivador e que desse, ao aluno, liberdade para “mexer” e descobrir. O aluno não pode estar limitado ao que nos “parece” ser suficiente, terá de ser ele a perceber qual o limite e o porquê dos resultados encontrados. Desta forma, desenvolver um e-conteúdo pareceu-nos a opção mais conveniente e tendo em conta o que até aqui foi referido, a construção de um modelo RV seria a escolha acertada.

4.2. Metodologias de desenvolvimento de e-conteúdos

Conceber e desenvolver um e-conteúdo pressupõe a selecção de uma metodologia de ensino/aprendizagem que servirá de base para a sua construção.

Segundo Lima e Capitão (2003), os modelos para a estruturação de e-conteúdos, baseados nos princípios construtivistas – o que vai de encontro às nossas opções, dividem-se em quatro grupos: os de aprendizagem pela resolução de problemas, os de aprendizagem pela instrução directa, os baseados em princípios elementares de instrução e os de motivação do aluno.

Os primeiros designam o desenvolvimento de aptidões específicas num determinado domínio de conhecimentos, implicando seleccionar e combinar múltiplos conceitos e princípios já aprendidos (Smith & Ragan, 1999 citado por Lima & Capitão, 2003).

Os de aprendizagem pela instrução directa promovem a construção do conhecimento através de lições declarativas de conhecimento centrando-se em três processos cognitivos: selecção, organização e integração da informação. Destinam-se sobretudo à criação de unidades de ensino do tipo multimédia.

O terceiro apresentado pressupõe que a instrução só é eficaz se forem preservados os cinco princípios elementares de instrução que correspondem a cinco estratégias pedagógicas e que são as seguintes: problema, activação do conhecimento prévio, demonstração, aplicação e integração.

Por último, os de motivação do aluno aplicam-se a todas as situações de aprendizagem e identificam quatro categorias de estratégias essenciais para a promoção da motivação dos alunos na aprendizagem, que são: a atenção, a relevância, a confiança e a satisfação. A concepção do nosso e-conteúdo teve como base alguns princípios dos modelos anteriormente referidos, nomeadamente no de aprendizagem pela resolução de problemas, de aprendizagem pela instrução directa e, incorporado nestes, os de motivação do aluno.

A este respeito referimos que utilizámos as actividades pedagógicas “modelação” e “treino” que segundo o modelo de resolução de problemas de Jonassen (1999, citado por Lima & Capitão, *ibidem*) apoiam a aprendizagem. O modelo baseado na aprendizagem pela instrução directa de Mayer (1999, citado por Lima & Capitão, *ibidem*) pressupõe que a instrução deverá ser desenhada de forma a ajudar o aluno a identificar a informação relevante, a compreender a nova informação e a integrar essa informação na sua estrutura cognitiva, aspectos tidos em conta no desenvolvimento do nosso e-conteúdo. Por último tivemos em consideração o modelo de concepção de e-conteúdos baseado na motivação do aluno recorrendo às estratégias de Keller (1983, citado por Lima & Capitão, *ibidem*) para ganhar e manter o interesse dos alunos durante a aprendizagem, tornar o nosso conteúdo relevante e construir expectativas quanto ao sucesso na aprendizagem.

4.3. Da teoria à prática

As ideias

Criar algo completamente diferente de tudo o existente não se perspectivava tarefa fácil. Era nosso objectivo desenvolver algo que não fosse apenas para realizar o presente

estudo, indo depois directamente para “a gaveta”, mas sim criar um material “reutilizável”, que nos projectasse um futuro.

Tendo isto em mente os primeiros esboços para o projecto começaram a surgir. Uma ideia (primeira) que, agora, nos parece demasiado simplista, foi a de colocar um cubo a rodar sobre o seu próprio eixo, e disponibilizando um “plano” a rodar sobre o cubo. Neste primeiro projecto a ideia era criar um “elevador” – o único grau de liberdade de movimentos – que permitiria ao aluno movimentar o plano, para cima e para baixo, obtendo assim os diferentes polígonos.

Esta opção não nos pareceu suficientemente boa pois com o plano e o cubo sempre nas mesmas posições, permitindo apenas liberdade vertical ao primeiro, não seria possível atingir os objectivos pretendidos. Desta forma, colocámos de parte a opção de rotação do “plano”, e a preferência recaiu em possibilitar mais liberdade a este “ente” matemático. O aluno deveria conseguir rodá-lo, mas, também, caso o pretendesse, ter a possibilidade de virá-lo e incliná-lo, de qualquer um dos lados, segundo qualquer ângulo.

Ainda não satisfeitos com estes pensamentos, considerámos que seria mais interessante não colocar o cubo a rodar, mas fornecer-lhe, igualmente, total liberdade de movimentos de rotação, de modo que o aluno o pudesse colocar na posição mais simples para o trabalhar.

Nesta fase tínhamos em “rascunho” um cubo com possibilidade de movimentos de rotação segundo o seu próprio eixo, um “plano” com as mesmas possibilidades, mas ainda com a capacidade de movimentação vertical.

Queríamos um projecto exigente, inovador e que ao contrário do que já existe na internet, não fosse limitador para o aluno. Desta forma, a possibilidade de “elevador” pareceu-nos insuficiente, pelo que quisemos fornecer um maior grau de movimentos ao “plano”, o que nos levou a “soltar” totalmente os movimentos verticais.

Mas se a movimentação vertical era máxima, a ideia de disponibilizar movimentação horizontal apareceu igualmente como muito válida e indo de encontro aos objectivos.

Apenas nesta fase o projecto nos pareceu capaz de possibilitar as habilidades pretendidas e a ser tido em conta para o futuro da aprendizagem das secções do cubo. Por isso mesmo só nesta fase colocámos “mãos à obra” na construção do e-conteúdo. Precisávamos de um software capaz de fazer face às nossas necessidades, sendo que o

software Flux Studio³¹ foi o escolhido. Sendo esta uma ferramenta de criação de mundos virtuais, permite a modelagem de objectos e ambientes virtuais, assim como a criação de animações e interacções de boa qualidade e de fácil produção. É um software de distribuição livre que permite a elaboração de projectos 3D, quer recorrendo a valores (parâmetros numéricos e coordenadas), quer recorrendo a técnicas visuais realizadas em projecções no referencial cartesiano tridimensional (figura 29).

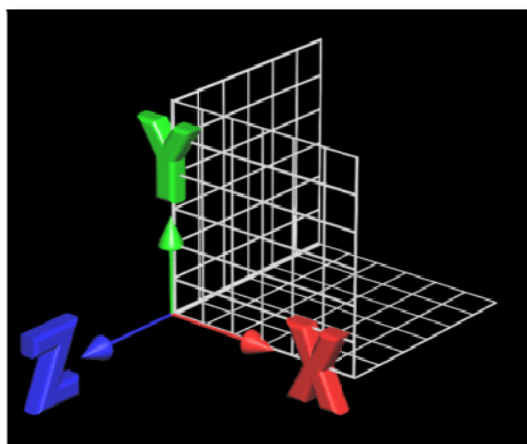


Figura 29 – Referencial Cartesiano Tridimensional³²

A construção

Tendo em conta o fim a que nos propúnhamos, optámos por desenvolver um modelo de RV não imersiva. Tendo noção que com um monitor de bom desempenho se consegue uma visualização de boa qualidade, esta opção pareceu-nos mais prática do que a de um sistema imersivo, até porque as experiências imersivas podem gerar desconforto físico. Com as ideias bem definidas, a construção iniciar-se-ia pela criação do cubo e suas movimentações. Assim,

- Tínhamos de criar hierarquias, sendo que para tal usámos o nó grupo;
- O passo seguinte foi o de criar o cubo, como se pode ver na imagem seguinte (imagem 30);

³¹ O software Flux Studio, entretanto, foi substituído pelo Vivaty Studio

³²http://www.uniduesseldorf.de/URZ/hardware/parallel/local/softimage/Soft3D_html/3d_learn/bas/b_coor.htm

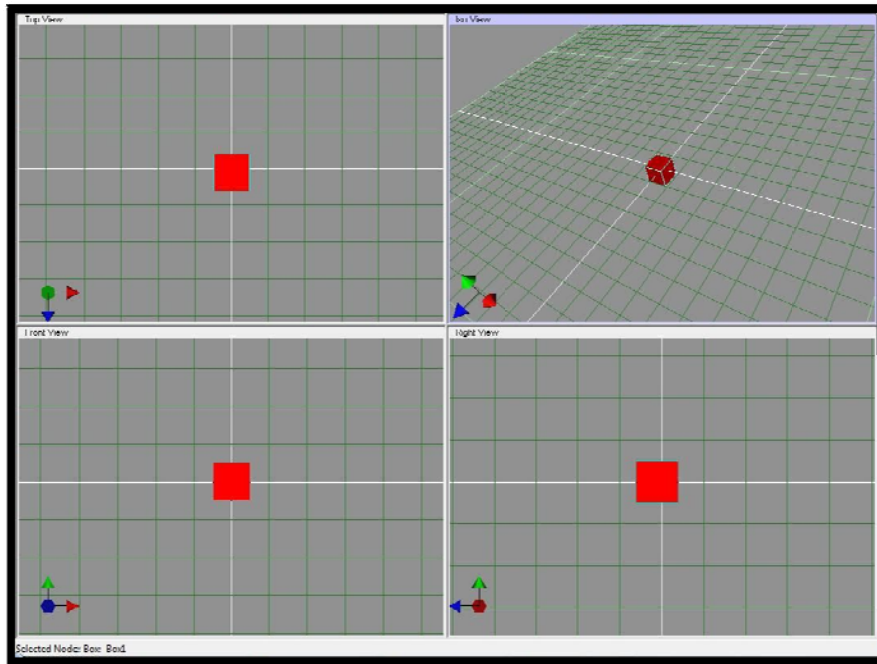


Figura 30 – Aparecimento do cubo na janela de visualização

- Em seguida era necessário “animar” o cubo (figura 31) para que este rode segundo qualquer direcção (rotação) – de acordo com as ideias colocadas em “papel”. Para esse efeito usou-se o nó *sphereSensor* (interpreta um “arrasto” 2D como uma rotação, no espaço 3D, em torno da origem local do sensor) e usámos o comando *route*, que cria a ligação entre um evento que sai de um nó e um evento que chega a outro nó, neste caso liga o nó *sphereSensor* ao nó *box*;
- O cubo já dispondo dos graus de liberdade pretendidos, tornava-se necessário criar um “plano” - “plano de corte”. O “plano” não é mais do que um cubo (*box*), mas alterando as dimensões deste. Assim, aumentou-se o tamanho do cubo segundo os eixos *xx* e *zz*, com o objectivo de “criar” um “plano” com dimensões superiores às do cubo, reduzindo para muito próximo de zero as dimensões segundo o eixo dos *yy*, de forma a “espalmá-lo”.
- Depois disto, realizou-se a mesma animação que anteriormente foi referida para o cubo, ou seja, usando o nó *sphereSensor* e o comando *route*;

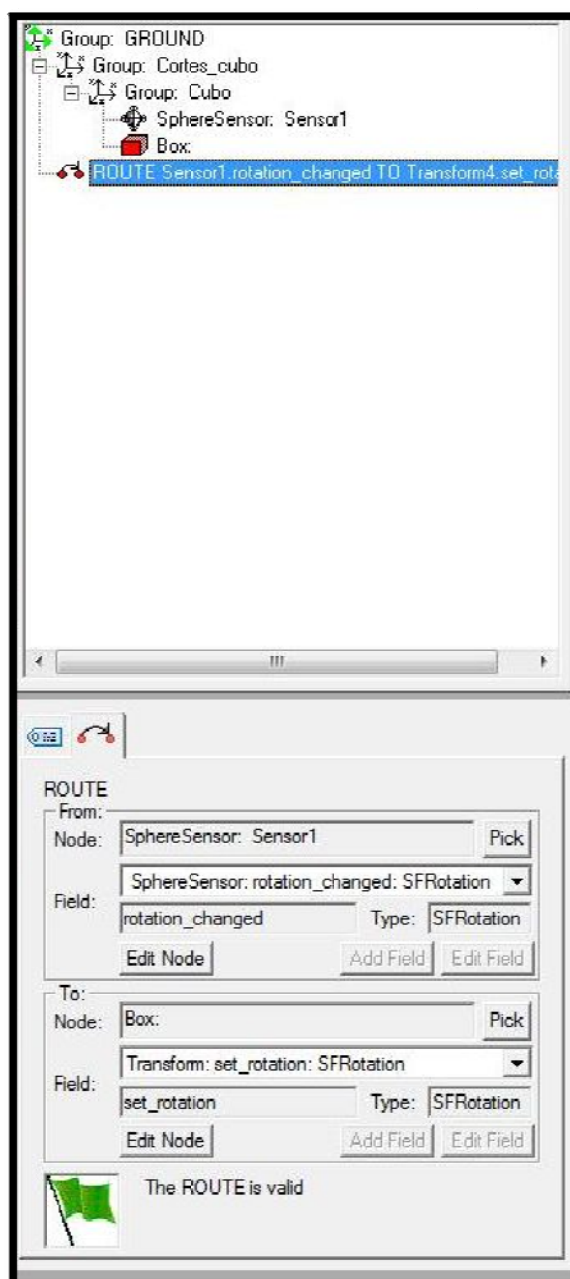


Figura 31 – Criação da animação do cubo

- Faltava a possibilidade de movimentação quer vertical, quer horizontal. Para tal procedeu-se de modo muito semelhante ao que se fez para criar os movimentos de rotação do “plano”, só que usámos o nó *planeSensor* (figura 32), que permite movimentos segundo os eixos *xx* e *yy* e, uma vez mais, o comando *route*;

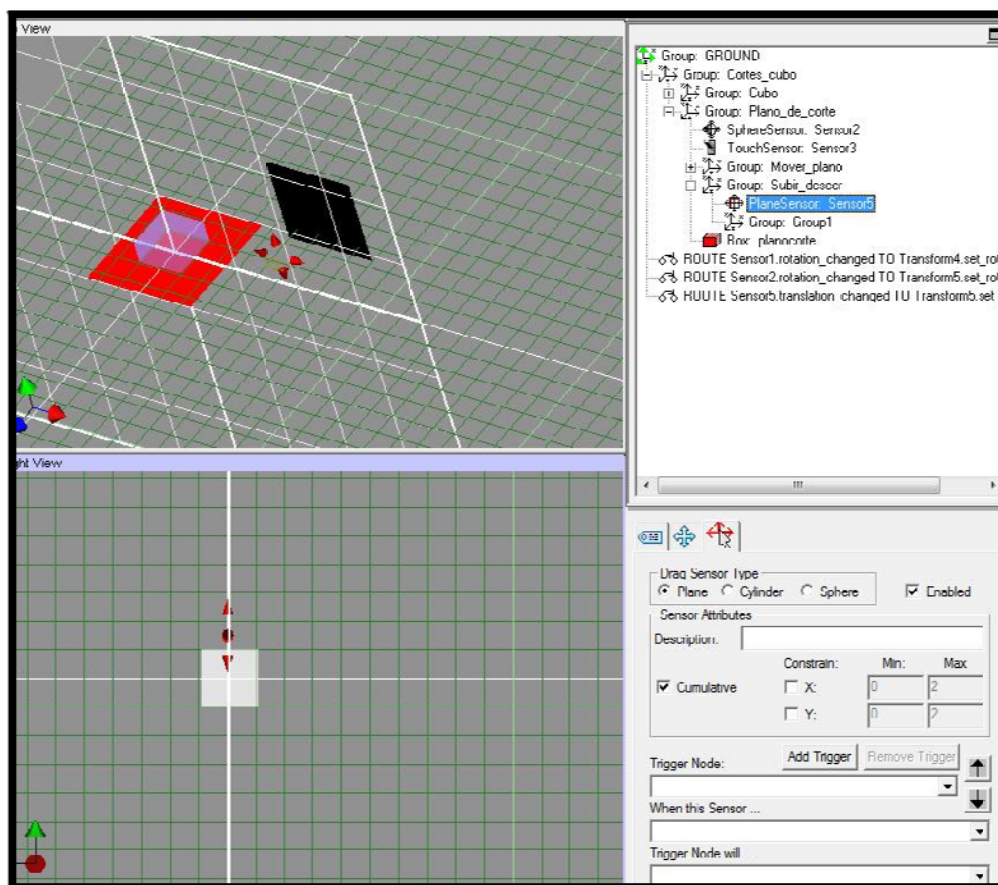


Figura 32 – Criação dos movimentos de rotação do “plano de corte”

Nesta fase o projecto encontrava-se conforme o planeado. Já satisfazia as condições e objectivos iniciais, mas ainda assim sabíamos que poderia ser melhorado. Tentando encontrar os aspectos mais frágeis do modelo, percebemos que para movimentar o cubo e o “plano”, o aluno teria de arrastar a imagem correspondente. Por isso mesmo, e para uma movimentação mais intuitiva, para conseguir um maior grau de envolvimento e realismo, pensámos criar um “comando” para cada um dos “objectos”.

- Auxiliados pelos sólidos geométricos que o software tem como pré-disponíveis, criou-se um novo grupo com os “botões” necessários à movimentação quer do cubo, quer do “plano” (imagem 33), sem que para isso fosse necessário “tocar” no referido “objecto”;

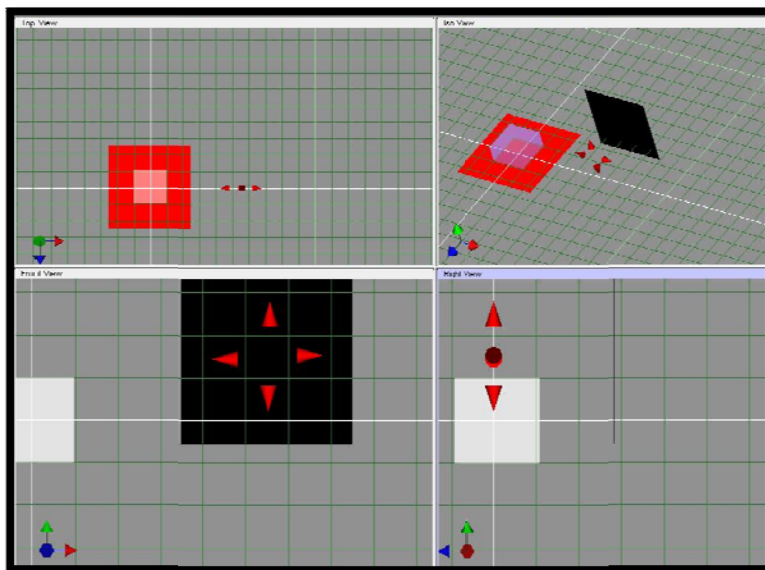


Figura 33 – Criação dos botões do “comando” para movimentar o plano

- Para criar este efeito usou-se o nó *touchSensor* (figura 34).

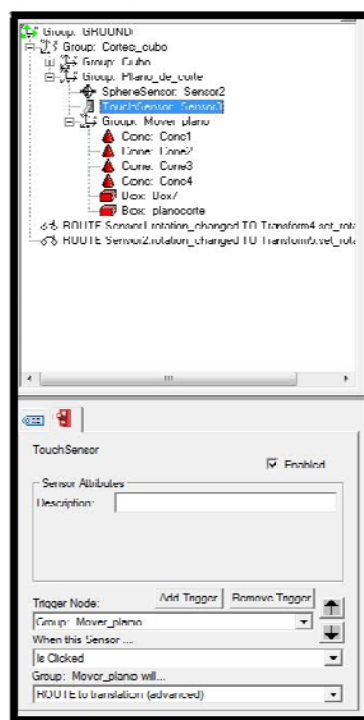


Figura 34 – Desenvolvimento dos instrumentos para a interactividade do “comando”

Este nó é uma forma de criar interactividade com o utilizador. Ao clicar nas formas contidas dentro do grupo ao qual está ligado o nó, o sensor reage de acordo com as ordens exercidas;

- E porque a visualização espacial é a grande dificuldade deste conteúdo programático, tínhamos de proporcionar ao utilizador do modelo as condições mais propícias à percepção das secções obtidas pelo “plano” no cubo. Alterando-se as cores do cubo e do “plano”, usando a transparência, proporcionava-se uma visão e compreensão mais adequadas. Por esta altura recorreu-se ao nó *viewPoint* (figura 35) para conseguir um ângulo de visão mais favorável para o utilizador. Este nó especifica a localização do utilizador e a visualização dos parâmetros do modelo.

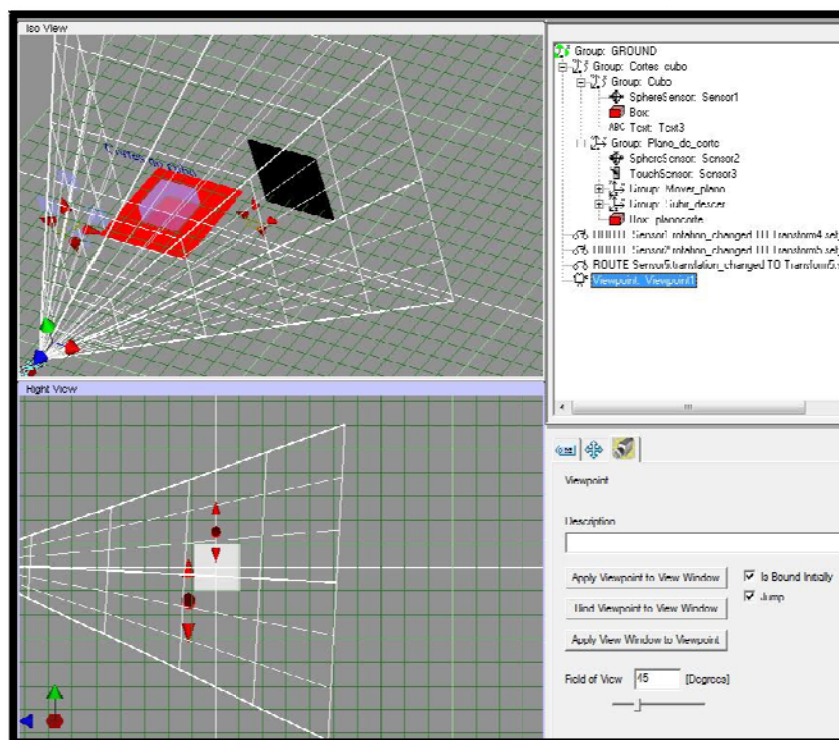


Figura 35 – Criação do nó *Viewpoint*

- Na recta final da conclusão do projecto a ideia de propagação deste modelo começou a ficar patente nas nossas ideias. A ideia de disponibilizar num futuro próximo este material na Internet não é descabida, muito pelo contrário, pelo que a criação de títulos identificando, quer o modelo, quer as opções do mesmo, seriam necessários. Também, como ajuda para um utilizador Web, ou mesmo

outro, o fornecimento de alguns exemplos (figura 36) que ilustrassem a potencialidade/finalidade do mesmo era importante. E assim foi...

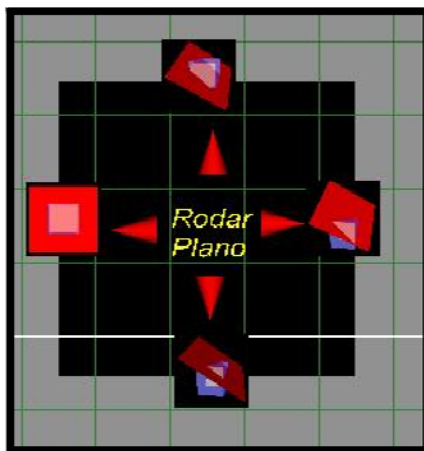


Figura 36 – Controle para accionar exemplos de cortes pré-gerados no modelo

- Finalmente o modelo é gravado em X3D (ou VRML), transformando-se num e-conteúdo pronto a ser utilizado interactivamente pelos estudantes (figura 37), com recurso a um browser Web e plug-in (VRML/X3D).

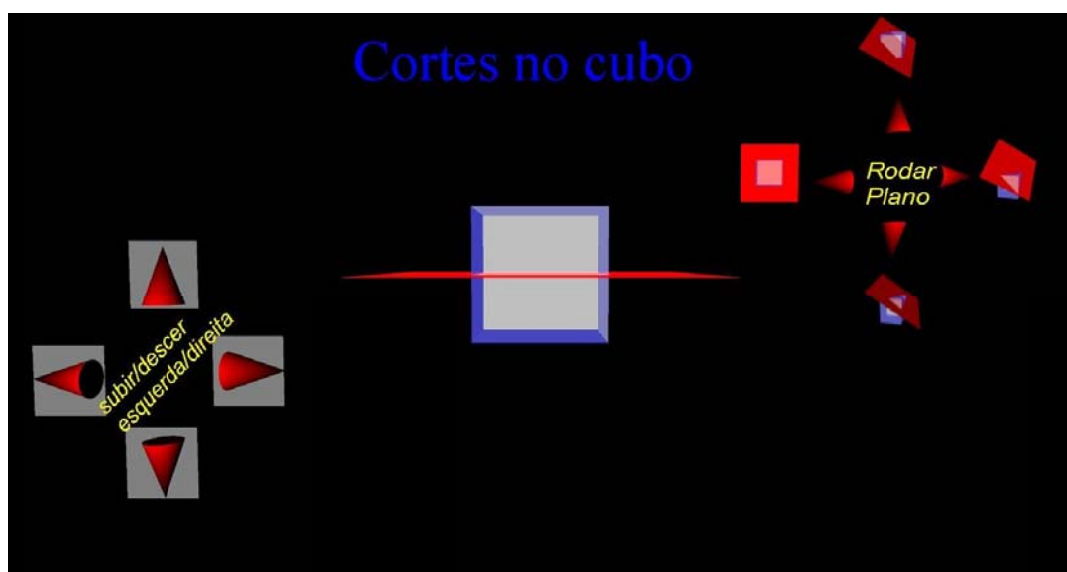


Figura 37 – Interface do e-conteúdo para estudo dos cortes no cubo

4.4. Usabilidade

Já abordámos neste trabalho várias valências para o sucesso do processo do ensino-aprendizagem nas nossas escolas. Diferentes tipos de metodologias, diferentes

abordagens dos conteúdos, não esquecendo o facto de cada aluno ser único e ter o seu ritmo e estilo de aprendizagem, são, sem dúvida, condicionantes para o sucesso.

Sabemos, como é o caso do nosso estudo, que um ambiente virtual de aprendizagem só terá sucesso se for “amigável” para quem o utiliza. Daí, e aquando da construção do modelo, termos uma outra preocupação - a qualidade do modelo. Esta diz respeito a uma boa usabilidade, obtida pelo qualidade do layout, navegação e arquitetura de informação.

Relativamente ao design construímos um mundo virtual em que o utilizador não sai de um mesmo ecrã, não havendo necessidade de se adaptar a diferentes situações. A disponibilização de informação pretendeu-se que não fosse demasiada, de forma a não inundar o utilizador com informações desnecessárias, desviando-o do objectivo. No que diz respeito às opções tomadas na escolha das cores, resta-nos dizer que tentámos que estas permitissem uma boa visualização, tendo em conta o objectivo do estudo, indo de encontro às expectativas dos utilizadores.

Relativamente à navegação, sabemos que usabilidade é sinónimo de facilidade. Usabilidade não é um conceito novo – surge de um outro, ergonomia – tendo sofrido, no entanto, uma massificação na sua utilização pelos utilizadores da Internet. Poder-se-ia classificar, de forma muito simplista, usabilidade como a facilidade com que o utilizador pode operar e aprender com o sistema, ou como o grau de eficiência com que os utilizadores conseguem realizar as tarefas.

Segundo Nielsen (2003), usabilidade é definida segundo cinco atributos:

1. Facilidade de aprendizagem;
2. Eficiência;
3. Memorabilidade;
4. Erros;
5. Satisfação.

Com o primeiro aspecto pretende-se avaliar a facilidade de realizar tarefas na primeira vez que se interage com a interface. No caso da nossa aplicação este aspecto é extremamente importante pois o contacto dos alunos com o modelo RV será realizado num único momento. Aspecto não menos importante é a rapidez na realização de tarefas depois da adaptação do utilizador ao interface. O terceiro aspecto, e menos relevante para o nosso estudo, prende-se com a facilidade de restabelecimento com o nível de proficiência. Os erros são também algo a ter em conta, quer a nível de quantidade de erros, quer a nível da facilidade de recuperação. Por último – não no grau de

importância – aparece a satisfação com que se utiliza a interface. Este aspecto é pertinente, pois, no nosso modelo, por exemplo a percepção das cores e a interpretação das mesmas é extremamente importante para o objectivo final.

Estes aspectos de usabilidade são importantes, pois, embora os alunos saibam que está uma avaliação em causa, se o modelo não lhes despertar curiosidade e vontade de “mexer”, abandonam-no e desistem do trabalho.

Assim, sabendo da importância destas questões “estéticas”, também os botões e as respectivas “legendas” foram uma preocupação nossa, tal como a incorporação de exemplos ilustrativos das potencialidades/objectivos do modelo.

De referir ainda a pertinência do estímulo-resposta, que tendo em conta a tecnologia utilizada sabemos que o tempo de resposta é imediato. A flexibilidade do modelo está patente na possibilidade de movimentação quer do plano, quer do cubo, de forma a permitir aos alunos “tocarem” naquilo que mais lhes convier para o fim desejado.

4.5. Importância da Realidade Virtual no ensino da Matemática

São inúmeras as vantagens da utilização de Realidade Virtual na Educação. No caso particular da Matemática, este benefício acentua-se, pois esta é uma disciplina que, em diversos temas, exige quer um grau elevado de abstracção, quer capacidades a nível da visão espacial, que nem sempre são lineares. No caso particular do nosso estudo, ou seja, relativamente ao estudo das secções do cubo, as vantagens do modelo apresentado parecem-nos evidentes relativamente a outros métodos de ensino, já apresentados.

O nosso modelo de RV não-imersiva para ensino/aprendizagem da Geometria (Secções) tem por objectivos: a) orientar a aprendizagem tendo por base a resolução de problemas; b) possibilitar a exploração do mundo virtual na primeira pessoa, processo fundamental para a aprendizagem.

Deste modo a nossa opção para a implementação deste modelo de RV recai por uma abordagem manifestamente construtivista.

O modelo desenvolvido dá liberdade ao aluno para “mexer”, para aprender “tocando” nos objectos, permitindo, por um lado, mover o cubo e, por outro, possibilitando total flexibilidade de movimentos ao “plano” de corte (figura 38).

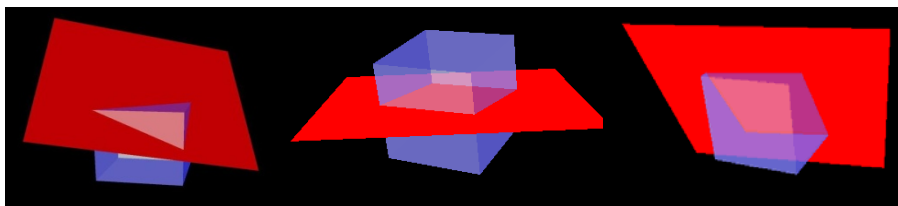


Figura 38 – Distintas posições do plano de “corte” e do cubo

Assim, os alunos são “convidados” a, autonomamente, perceberem de que trata aquele conteúdo matemático, tirando eles próprios as conclusões. Em qualquer uma das situações anteriormente vistas, quer na exploração do manual escolar, dos sites ou do software educativo, falta interactividade e flexibilidade. Com este modelo de RV convidamos os alunos a entrarem no mundo tridimensional da Matemática.

Sabe-se que com diferentes tipos de corte, obtemos diferentes figuras. A experiência mostra que uma mesma figura surge de várias formas, dependendo da posição do plano de corte. Confirmando este facto vemos nas figuras 39 e 40 um trapézio, sendo cada um definido por um plano de “corte” em distintas posições.

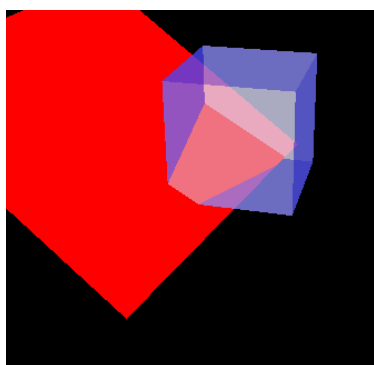


Figura 39 – Trapézio conseguido intersectando a face inferior do cubo

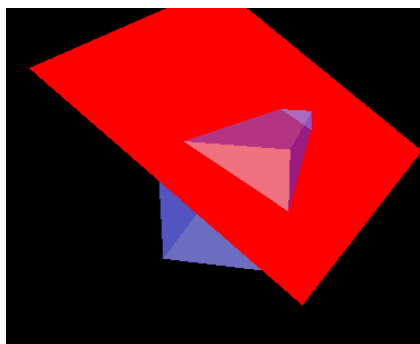
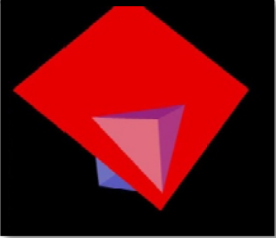
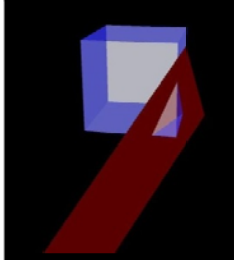
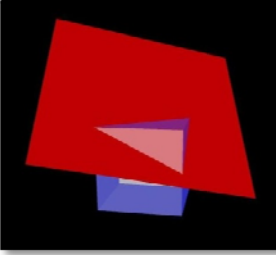
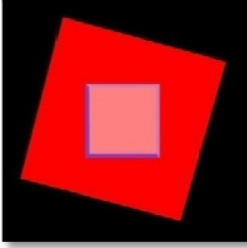
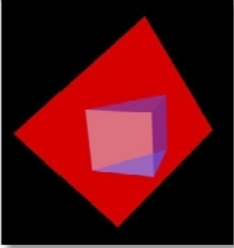


Figura 40 – Trapézio conseguido intersectando a face superior do cubo

No modelo que se apresenta, através da experimentação o aluno consegue distinguir as diferentes figuras, assim como, as distintas formas de as construir.

Com a combinação de cores apresentadas, pretende-se salientar qual a figura que resulta da intersecção do “plano” com o cubo, donde se obtêm as secções que se podem ver na tabela seguinte:

Secção	Esboço
Triângulo Equilátero	
Triângulo Isósceles	
Triângulo Escaleno	
Quadrado	
Rectângulo	

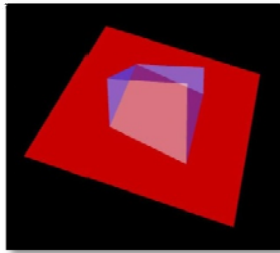
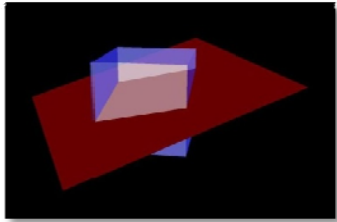
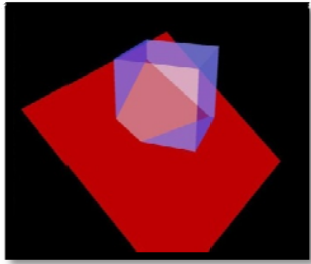
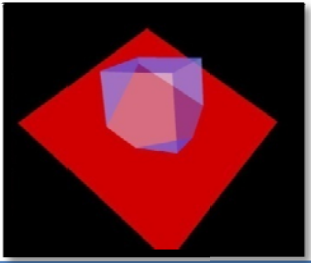
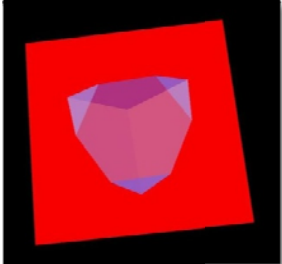
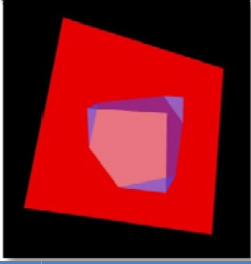
Losango	
Paralelogramo	
Trapézio	
Pentágono irregular	
Hexágono regular	
Hexágono irregular	

Tabela 3 – Secções do cubo

Parece-nos que a Realidade Virtual pode ajudar o estudante a restabelecer a sua autoconfiança, a usufruir de toda a sua capacidade de raciocínio lógico e usufruir de toda a beleza da Matemática.

Condições aparentemente vantajosas para experimentar e colocar em prática inovações que surgem a cada segundo. Este modelo, apesar de ser apresentado como um objecto separado, pode, perfeitamente, ser incorporado na Web. Com este modelo inserido numa realidade cada vez mais determinante no nosso quotidiano e que a maioria dos professores utiliza, retratamos a Web 3.0.

Se era claro que a Web 1.0 e 2.0 disponibilizavam aos seus utilizadores ferramentas para criar, partilhar, comunicar e colaborar, mas onde os utilizadores se sentem isolados, pois comunicam sobretudo de forma assíncrona, a Web 3.0 vem responder a essas dificuldades. Tendo como oficial a utilização do VRML e do X3D, a Web 3.0 ou Web 3D vem propiciar aos seus utilizadores a interacção e o realismo que faltavam (Bidarra & Cardoso, 2007). Se os nossos alunos gostam de jogar (online ou não), e são críticos relativamente ao que vem para o mercado, também nas nossas escolas temos de estar no pelotão da frente, e promover aprendizagens ajustadas à realidade deles, indo este modelo ao encontro disso mesmo.

4.6. Outras aplicações e extensões possíveis do e-conteúdo

Um outro ponto importante para a implementação deste modelo prende-se com a facilidade com que é mudado o sólido (figuras 41 e 42), de forma a responder a outras necessidades.

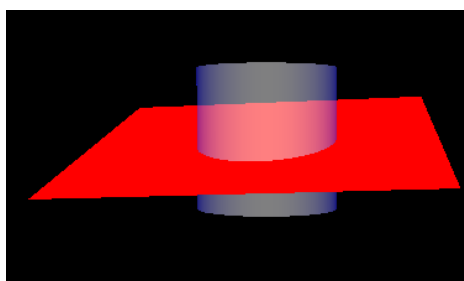


Figura 41 – Plano intersectando um cilindro

A fácil mudança de sólido é vantajosa pois significa criar novas oportunidades de utilização do modelo. Além de ser possível estudar as secções de outro qualquer sólido,

fazendo a troca para um cone, por exemplo, e tendo em conta as secções que se obtêm, pode iniciar-se o estudo do círculo, da parábola ou da elipse com recurso a este modelo.

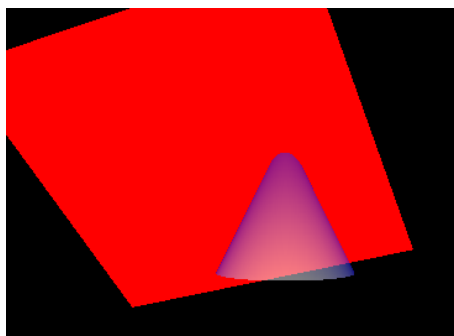


Figura 42 – Plano intersectando um cone

4.7. Resumo do capítulo

As secções do cubo – conteúdo programático de Matemática do 10.º ano de escolaridade, não são uma matéria acessível e de compreensão linear, uma vez que exigem noções espaciais. Ainda assim, o livro e as páginas estáticas da Internet eram as opções mais imediatas e usuais para a leccionação deste conteúdo. Não satisfeitos com estas opções propusemos uma nova opção para este estudo – um e-conteúdo desenvolvido em Realidade Virtual. Proporcionando maior interactividade e mais envolvimento espera-se que com este modelo RV se vá de encontro a expectativas dos alunos, conseguindo uma maior motivação para as aprendizagens e que estas se tornem mais significativas.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. Plano Metodológico

Este estudo, realizado com alunos do ensino profissional, visou analisar a pertinência da utilização da RV, em contexto sala de aula, como ferramenta educativa no apoio ao ensino e aprendizagem de Geometria, nomeadamente no tema “Secções³³ do cubo”. Pretendeu-se, também, perceber da sua relevância quando comparada quer a métodos tradicionais de ensino, quer à utilização de materiais manipuláveis.

Desta forma, pretendeu-se observar, descrever e analisar os processos e procedimentos dos alunos num ambiente natural de sala de aula. Tendo em conta a problemática, e que metodologias qualitativas e quantitativas têm igual valor, pareceu-nos importante optar por uma metodologia mista, de natureza quer qualitativa, quer quantitativa. Com a primeira, pretende-se a obtenção de dados descritivos, obtidos pela intervenção do investigador que observa directamente os alunos, percebendo as suas motivações e participações, tendo em conta o contexto em que estão inseridos. Deste modo, o professor pode promover a mudança de forma a melhorar a “vida” dos alunos. Mudança que não se perspectiva fácil, pois segundo Bogdan e Biklen (1994), esta exige compreender a forma como os indivíduos envolvidos vivenciam a situação e a sua própria implicação, pois serão os próprios a viver com as mudanças. Com a análise quantitativa, pretende-se analisar os resultados, avaliar, tarefa não menos importante, sobretudo se tivermos em conta os maus resultados na disciplina de Matemática. Avaliar, que de acordo com o despacho normativo n.º338/93,

(...) é um elemento integrante da prática educativa que permite a recolha sistemática de informações e a formulação de juízos para a tomada de decisões adequadas às necessidades dos alunos e do sistema educativo.

A avaliação dos alunos no ensino secundário visa prosseguir as seguintes finalidades:

- a) estimular o sucesso educativo dos alunos;
- b) certificar os saberes adquiridos;
- c) promover a qualidade do sistema educativo.

³³ “Chama-se secção ao polígono comum ao sólido e ao plano secante.” In Soveral, A. e Silva, C. (2007). *Matemática A – Geometria no Plano e no Espaço I, volume I*. Lisboa: Texto Editores, Lda.

5.1.1. Participantes no estudo

Este estudo foi realizado no ano lectivo 2007/2008, na Escola Profissional Atlântico, sediada na ilha da Madeira, no concelho do Funchal.

O estudo desenvolvido prende-se com um conteúdo programático do 10.º ano de escolaridade, “Secções do cubo”, da disciplina de Matemática. Para participar neste estudo foram envolvidos os alunos de 5 turmas do referido ano, sendo os respectivos cursos: Técnico de Gestão; Técnico de Contabilidade; Técnico de Informática de Gestão; Técnico de Marketing; Técnico de Higiene e Segurança no Trabalho e Ambiente. Os alunos abrangidos foram-no por pertencerem às turmas leccionadas, no corrente ano, pelo autor da investigação. Sendo uma escola profissional, os alunos envolvidos têm uma idade algo discrepante, compreendida entre os 14 e os 25 anos.

Resta salientar que foi solicitada autorização à Direcção Pedagógica da Escola para realizar o estudo, assim como foram informados da metodologia e objectivos de trabalho, todos os alunos envolvidos no processo.

5.1.2. Breve caracterização das turmas e da Escola

Escola Profissional Atlântico: a Escola Profissional Atlântico é uma escola de ensino profissional, situada bem no centro da cidade do Funchal. Proporciona a toda a comunidade escolar um vasto leque de cursos que visam a formação de técnicos intermédios nas mais diversas áreas.

Dá equivalência ao ensino secundário, e é uma escola que direcciona os cursos, não só para os alunos que terminam o 9.º ano e pretendem ingressar num curso profissional, mas também para um público trabalhador, com cursos em regime pós-laboral.

Como escola profissional que é, as disciplinas estão agrupadas por áreas de componentes de formação geral (25%), científica (25%) e técnica/prática (50%). A escola assegura estágios para todos os alunos nos 2.º e 3.º anos, nas mais diversas instituições.

A nível de infra-estruturas não se pode considerar uma escola muito grande, apesar de já comportar cerca de 500 alunos. Das 17 salas de aula, duas são laboratórios de informática, sendo que existe um laboratório móvel. Dispõe ainda de um refeitório, uma biblioteca, uma reprografia e um átrio.

A equipa docente é uma equipa jovem, que conta com 27 professores internos e um número maior de formadores (em regime de prestação de serviços), tendo em conta a diversidade de cursos e as especificidades de áreas técnicas.

Por fim, salientamos o facto de, por ser escola profissional, muitos dos alunos que entram para o 1.º ano são alunos que terminaram o 9.º ano há já algum tempo. Alguns porque decidiram parar de estudar ou porque não tiveram sucesso no ensino público, ingressam, mais tarde naquela escola, com vista à obtenção de um curso profissional, ainda com a crença que o ensino profissional é “mais fácil”. Assim sendo, muitos destes alunos apresentam falta de bases, lacunas no raciocínio lógico, dificuldades na compreensão de conceitos mais abstractos como é o caso de vários conceitos matemáticos. Desta forma, e apesar de no início do ano lectivo todas as turmas começarem com um número superior a 20 alunos, devido, sobretudo à desmotivação que estes alunos sentem em relação à escola, com anulações de matrícula e exclusão por faltas, as turmas vão ficando mais reduzidas. Por esse motivo a breve caracterização que se seguirá de cada uma das turmas envolvidas na experiência, será tendo em conta o número de alunos que militavam na turma, na data correspondente à actividade aqui descrita.

Técnico de Gestão (turma 1): a turma do 1.º ano do curso Técnico de Gestão – N é composta por 17 alunos, que se distribuem por 8 rapazes e 9 raparigas (figura 43), cujas idades estão compreendidas entre os 15 e os 25 anos.

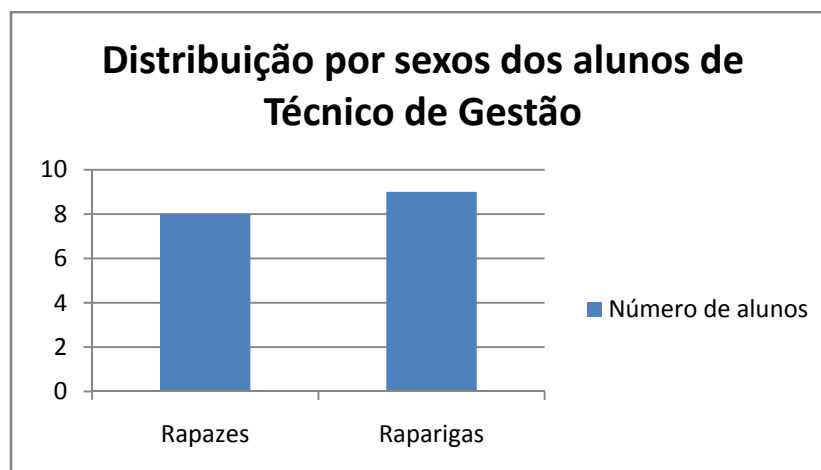


Figura 43 - Distribuição por sexos dos alunos de Técnico de Gestão

Relativamente aos pais verifica-se que predominantemente se encontram numa faixa etária entre os 36 e os 45 anos, sendo que 2 pais já ultrapassaram os 60 anos. A nível de habilitações literárias destaca-se a baixa escolaridade, sendo que a maior parte só frequentou o 1.º ciclo. Escolaridade que se espelha na profissão, uma vez que muitos

pais estão desempregados, destacando-se também os trabalhadores de construção civil, pescadores, sendo alguns já reformados.

No que respeita a repetências dos alunos destacam-se os 7.º e 9.º anos de escolaridade como sendo os mais críticos. São alunos com poucos hábitos de estudo, revelando que, na sua maioria, apenas estudam nas vésperas dos testes. Fazem-no em casa e sozinhos, embora haja quem tenha explicador. Esta turma apresenta um “saldo” positivo no gosto pela Matemática, sendo que 10 alunos consideram esta a sua disciplina favorita, em contrapartida, 6 consideram-na como a disciplina mais difícil.

Realçamos, finalmente, o gosto por ouvir música, ver televisão e ver filmes como os passatempos favoritos.

Técnico de Contabilidade (turma 2): a Turma do 1.º ano do Curso Técnico de Contabilidade, Turma C, é composta por 19 alunos. Maioritariamente do sexo feminino (13) e apenas 6 alunos do sexo masculino (figura 44), as idades destes alunos estão compreendidas entre os 15 e os 22 anos.

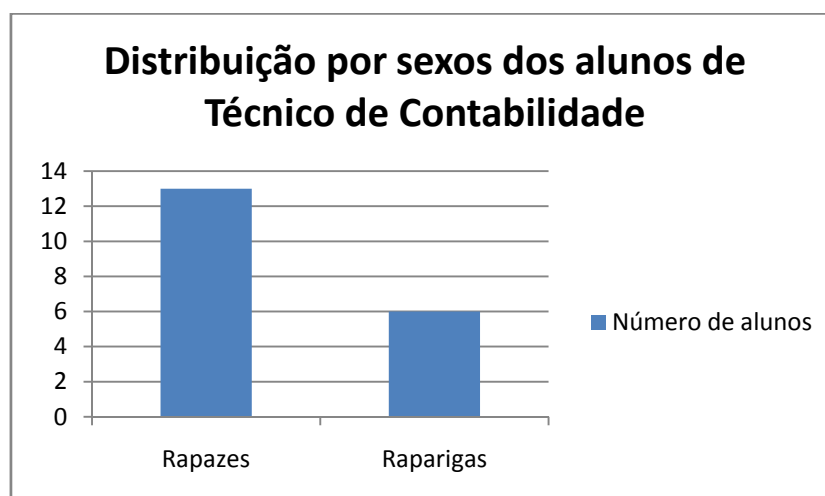


Figura 44 - Distribuição por sexos dos alunos de Técnico de Contabilidade

No tocante à idade dos pais, os homens situam-se predominantemente na faixa etária dos 41 a 46 anos enquanto as mulheres entre os 36-40 anos. Quanto à escolaridade dos pais, a maioria tanto dos homens como das mulheres apresentam o primeiro ciclo completo, sendo que poucos completaram o segundo ciclo.

No que se refere às profissões dos pais podem-se considerar profissões muito distintas. Denota-se, no entanto, uma grande quantidade de mães domésticas.

Muitos dos alunos desta turma já repetiram anos, sendo que o 1.º ciclo foi a etapa onde se deram mais deslizes. Mesmo assim poucos são os que estudam diariamente, sendo que preferencialmente o fazem em casa e sozinhos. Dos alunos desta turma 4 consideram Matemática a sua disciplina favorita, enquanto 11 acham-na a mais difícil. Por fim parece-nos importante realçar que as actividades mais frequentes na ocupação de tempos livres são ouvir música e ver televisão. Alguns, poucos, referiram que navegam na Internet, mas salientamos que mais de metade dos alunos não tem Internet em casa.

Técnico de Informática de Gestão (turma 3): da turma de 1.º ano do curso Técnico de Informática de Gestão, turma B, fazem parte 2 raparigas e 13 rapazes (figura 45) e apresentam idades compreendidas entre os 14 e os 21 anos.

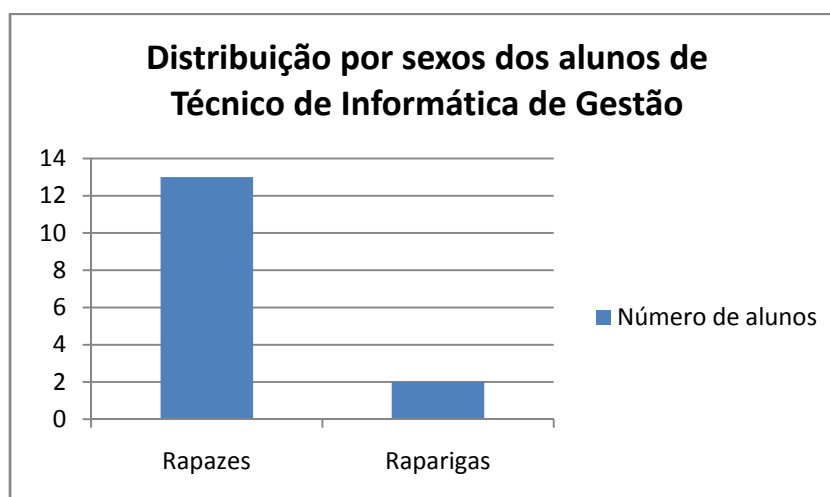


Figura 45 - Distribuição por sexos dos alunos de Técnico de Informática de Gestão

Os pais, a nível de idades, situam-se entre os 31 e os 51 anos, sendo que a predominância é dos 41 aos 45 anos de idade. O agregado familiar é composto, maioritariamente, por 4 ou 5 pessoas.

Ainda sobre os pais salientamos a baixa escolaridade dos mesmos, sendo que a grande maioria apenas apresenta o 1.º ciclo, sendo que nenhum dos alunos tem um pai com o ensino secundário. As profissões dos pais são variadas, mas, uma vez mais, correspondentes às habilitações referidas.

Sobre a vida escolar dos alunos, realçamos o facto de vários elementos já terem reprovações, sendo que a acontecerem foram sobretudo no 3.º ciclo. Dos 15 alunos 3

consideram Matemática a disciplina de eleição, enquanto os restantes 12 a disciplina mais difícil. Ainda assim revelam que só estudam na véspera de testes e menos de uma hora.

Por fim, e sendo estes alunos de Informática, destacamos o esforço dos pais em proporcionarem o melhor aos filhos, uma vez que todos têm computador e acesso à Internet em casa. Todos pretendem trabalhar numa área ligada aos computadores, ainda assim navegar na Internet não é o passatempo favorito, sendo que as preferências recaem sobre ouvir música e ver televisão.

Técnico de Marketing (turma 4): a turma de 1.º ano do curso Técnico de Marketing – A é composta por 21 alunos. As idades dos 16 rapazes e 5 raparigas (figura 46) estão compreendidas entre os 16 e os 23 anos.



Figura 46 - Distribuição por sexos dos alunos de Técnico de Marketing

Relativamente à faixa etária dos pais constata-se que as idades predominam entre os 41 e os 50 anos, sendo de realçar um casal cuja idade de cada elemento já ultrapassou os 60 anos.

Ainda no que diz respeito aos pais conclui-se que a grande maioria frequentou o 3.º ciclo de escolaridade, uma percentagem significativa o ensino secundário e apenas 3 pais concluíram o ensino superior. Referente à profissão dos pais constata-se que a grande maioria trabalha por conta de outrem, sendo as profissões muito diversificadas, desde cozinheiros, secretários, bancários, entre outras.

No que diz respeito à vida escolar dos alunos, há a fixar uma maior taxa de reprovações nos oitavos, nonos e décimos anos. No que toca a disciplinas favoritas salientam-se Marketing, Inglês e Português. Em contrapartida os alunos sentem mais dificuldade a Matemática (17 dos 21).

Quanto aos hábitos de estudo os alunos denotam preferência pelo estudo em casa e sozinhos, sendo que a frequência de estudo é de uma ou duas horas, na maioria dos casos apenas nas vésperas dos testes, embora alguns inquiridos estudem diariamente.

Ouvir música e navegar na Internet são os passatempos favoritos destes jovens.

Técnico de Higiene e Segurança no Trabalho e Ambiente (turma 5): a turma de 1.º ano do curso Técnico de Higiene e Segurança no Trabalho e Ambiente – B é composta por 13 raparigas e 6 rapazes (figura 47), sendo que as idades variam entre os 14 e os 22 anos.

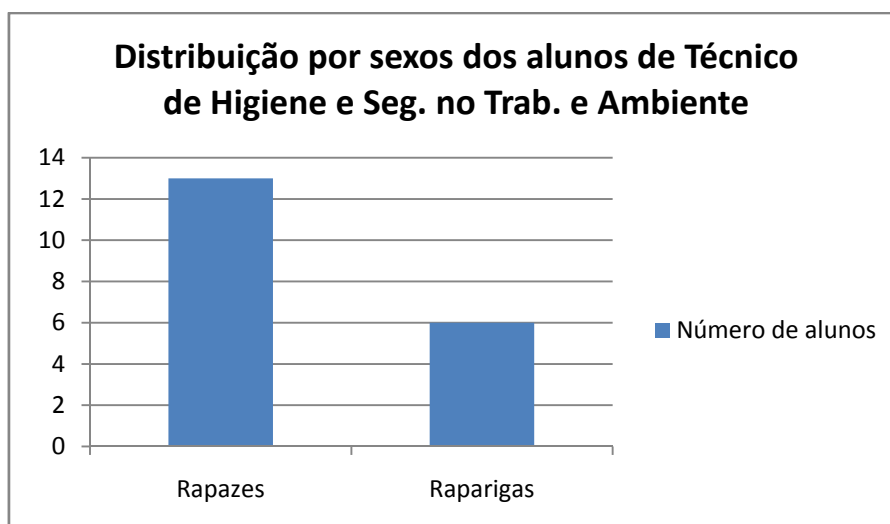


Figura 47 - Distribuição por sexos dos alunos de Técnico de Higiene e Segurança no Trabalho e Ambiente

Relativamente aos pais salientamos a predominância de idades entre os 41 e os 45 anos de idade, podendo concluir-se a nível de habilitações literárias que a grande maioria só frequentou o primeiro ciclo, não tendo possibilidades de ajudar os filhos em casa. As profissões são diversas, e de acordo com as habilitações já referidas, sendo que a grande maioria trabalha por conta de outrem.

No que concerne à vida escolar dos alunos, mais especificamente ao número de repetências, denotamos uma maior taxa de reprovações nos sextos, sétimos, oitavos e

nonos anos. No tocante às disciplinas favoritas destacam-se Inglês e Português, sendo que a Matemática é a disciplina onde sentem mais dificuldade (15 dos 19). Recolheram-se, ainda, dados sobre os hábitos de estudo dos alunos, nomeadamente o local onde estudam, se estudam sozinhos ou acompanhados, bem como a frequência do seu estudo. Concluimos que todos preferem estudar em casa e sozinhos, sendo que este é realizado esporadicamente ou na véspera dos testes.

Para terminar, referimos que as preferências manifestadas relativamente ao que fazem nos tempos livres são ouvir música e ver televisão, sendo que uma percentagem considerável manifestou o gosto por navegar na Internet.

5.1.3. Intervenção Didáctica

Na preparação para o desenvolvimento da experiência ensino/aprendizagem foram definidos os instrumentos de investigação, as tarefas planeadas para implementar com os alunos, as datas e duração de trabalho, a atribuição das actividades pelas diferentes turmas e os critérios de avaliação.

Na preparação das tarefas foi necessário definir os pré-requisitos, identificar objectivos gerais e específicos, os quais se apresentam seguidamente:

Pré-requisitos:

- identificar polígonos;
- classificar triângulos quanto aos lados;
- classificar quadriláteros;
- conhecer o cubo e suas características;
- conhecer os modos de definir um plano;
- conhecer critérios de paralelismo e perpendicularidade.

Objectivos gerais:

- desenvolver o espírito colaborativo e de grupo;
- desenvolver hábitos de trabalho e persistência;
- desenvolver o raciocínio e o pensamento científico;
- desenvolver processos de abstracção e visualização espacial.

Objectivos específicos:

- identificar polígonos obtidos pela intersecção de um plano e um cubo.

A experiência decorreu no terceiro período, sendo que este, na escola profissional em questão, decorre até final de Julho. No ensino profissional não existe um calendário rígido, existe, isso sim, um número de horas a respeitar, motivo que justifica o facto das turmas não se encontrarem todas ao mesmo nível no programa curricular. Desta forma, as sessões, nas diferentes turmas, decorreram em alturas diferentes e algo discrepantes, sendo as datas as que se seguem na tabela 4:

Data	Turma
15 de Maio de 2008	Turma 2
19 de Maio de 2008	Turma 1
29 de Maio de 2008	Turma 5
2 de Julho de 2008 + 14 de Julho de 2008	Turma 4
15 de Julho de 2008	Turma 3

Tabela 4 – Datas das actividades

Estas datas foram definidas tendo em conta o final da leccionação das representações espaciais de pontos, rectas, planos e sólidos geométricos, assim como a data em que era possível requerer o material necessário para desenvolver o trabalho. Quatro das cinco turmas tiveram uma sessão única, aquilo a que os alunos chamaram de “maratona da Matemática”. Rótulo que atribuíram tendo em conta a duração da sessão que foi de 90 + 90 minutos, a qual foi motivada de modo a facilitar a utilização do material, que assim foi requisitado apenas uma só vez para cada turma. O tempo de duração e o facto de ser consecutivo deveu-se também para promover um maior envolvimento dos alunos na actividade de investigação, sem que esta “sofresse um corte”. Na turma 4 dividiu-se esta actividade em duas sessões (dias diferentes), também cada uma de 90 minutos. Este aspecto tem de ser tido em conta uma vez que esta separação foi propositada, sendo que esta turma foi alvo de um ensino à “moda antiga”, com o professor numa aula (1.^a sessão) a “debitar” matéria, mostrando os conteúdos aos alunos, e numa 2.^a sessão os alunos a tentar “imitar”.

5.1.4. Grupos de trabalho

Para estas sessões, tendo os objectivos bem definidos, foram delineadas as estratégias de ensino.

Desenvolveu-se uma ficha de trabalho (anexo I), a qual foi elaborada indo de encontro aos conteúdos e objectivos do programa neste tema, e já referidos. Para a resolução da ficha de trabalho os alunos tinham acesso à documentação que haviam pesquisado anteriormente, tendo em conta os pré-requisitos fornecidos pelo professor. Assim, alguns alunos (não todos) apresentavam-se com documentação sobre polígonos e planos, nomeadamente, modos de definir um plano e os seus critérios de paralelismo e perpendicularidade. Com a realização da ficha pretendia-se, além de identificar conhecimentos que já deviam ter de anos anteriores, ir de encontro às normas do National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (1991), ou seja, encorajar os alunos a explorar, a fazer tentativas, a conjecturar, testar, construir argumentos para sustentar a validade das conjecturas, no fundo, a ler, escrever e discutir Matemática. As tarefas presentes na ficha tinham como objectivo que os alunos explorassem os conteúdos relativos ao tema “secções no cubo”.

Por outro lado era necessário decidir qual o contexto de aprendizagem, pois segundo Figueiredo e Afonso (2006), esta é uma questão tão ou mais importante que o conteúdo, pois são as interacções com o contexto que determinam e promovem a aprendizagem. Apesar da importância que sabemos ter uma aprendizagem autónoma, que segundo Teare, Davies e Sandelands (1998, citado por Carvalho, Gorgulho & Torres, 2003), faz com que o aluno assuma a responsabilidade da sua própria aprendizagem, tomando as decisões e recebendo o feedback das mesmas, pareceu-nos adequada a opção por uma aprendizagem colaborativa, pelo trabalho em grupo.

De acordo com Abrantes (1997), grupos de dois ou três alunos é a opção mais natural para trabalhar no computador, pelo que esta nos pareceu a opção mais sensata e coerente para trabalhar.

Para César, Torres, Caçador e Candeias (1998), as interacções entre pares podem ter na sala de aula de Matemática ganhos nítidos do ponto de vista cognitivo, da apreensão dos conhecimentos e aquisição de competências. Ainda segundo os mesmos autores, as grandes vantagens da implementação de um trabalho deste tipo é que permite desenvolver nos alunos aspectos importantes como “uma auto-estima positiva, atitudes positivas face à Matemática, maior autonomia e sentido crítico, mais solidariedade e respeito pelos pares e professores”.

Ponte (1997), corrobora da mesma opinião quando afirma que o trabalho a pares é mais vantajoso pois a interacção facilita a aprendizagem.

Veloso (1993), diz que o trabalho de grupo deverá ocupar um lugar de relevo na aprendizagem da Matemática. O trabalho de grupo ajuda a desenvolver capacidades fundamentais, tais como a argumentação, a construção de justificações assentes nos seus pontos de vista, a fundamentação da crítica às opiniões dos colegas, e claro, a ouvir, a compreender, a respeitar e a aproveitar as sugestões dos outros.

As normas do NCTM (1991) também destacam a relevância do trabalho em pequenos ou grandes grupos para a aprendizagem. O trabalho de grupo possibilita a interacção, a partilha de diferentes perspectivas, o confronto de medos e ideias, desenvolvendo a habilidade de trabalho em equipa, algo indispensável na nossa sociedade.

Neste contexto, os alunos formaram grupos com as pessoas que bem entenderam, sem que o professor interferisse nas opções, tendo apenas de respeitar a condição de se agruparem, preferencialmente em pares ou como alternativa num conjunto de três ou quatro elementos, também de acordo com a disponibilidade de material.

Desta feita, pode ver-se na tabela 5, e por ordem de realização da actividade, a forma como se agruparam os diferentes elementos das turmas:

Turma	N.º de alunos presentes	Grupos de trabalho
Turma 2	18	6 grupos de 3 elementos
Turma 1	17	3 grupos de 3 elementos 2 grupos de 4 elementos
Turma 5	17	1 grupos de 2 elementos 5 grupo de 3 elementos
Turma 4	16	4 grupos de 4 elementos
Turma 3	15	3 grupos de 4 elementos; 1 grupo de 3 elementos

Tabela 5 – Distribuição dos alunos por grupos

No final dos tempos lectivos, dedicados à realização das tarefas, cada grupo tinha de entregar a ficha de trabalho com a respectiva resolução.

A entrega da ficha correspondia ao término da actividade. Desta feita era necessário avaliar os alunos. Foi necessário definir instrumentos de avaliação, definir os critérios

pelos quais seria regida a avaliação dos estudantes. Critérios esses que foram determinados aquando da preparação das actividades, e que foram, atempadamente, do conhecimento dos alunos, os quais, diga-se, que nada tiveram a opor ao método adoptado.

A opção mais previsível era a realização de um teste onde se abordassem questões relacionadas com a actividade desenvolvida. Sobre a complexa questão da avaliação existem dois lados antagónicos. Existem aqueles que, tal como Marçal Grilo em entrevista no livro de Neto (2001), defendem que o exame só revela que naquele dia, naquela hora, naquelas condições, o aluno respondeu daquela maneira e existem aqueles que defendem a ideia de que: “(...) os exames podem ser bem feitos ou mal feitos. Podem privilegiar a memorização ou podem privilegiar o raciocínio. Podem dirigir-se à solução mecânica de exercícios ou podem dirigir-se à aplicação criativa de técnicas e conceitos” (Crato, 2006, p. 49).

A avaliação dos alunos constitui um dos aspectos mais críticos e problemáticos evidenciados por alguns autores (ver por exemplo Pacheco, 1995) mas também pela própria APM (1998) que no seu diagnóstico do ensino refere, relativamente à avaliação, que “os dados obtidos confirmam tratar-se de uma área extremamente problemática” (p. 89).

Parece-nos que testes e exames são um poderoso instrumento de avaliação, mas na medida certa e não como elemento único. Assim, e porque os alunos seriam alvo de realização de um teste no final de módulo sobre os conteúdos abordados de Geometria, a sensatez indica um caminho diferente. Desta forma, e tendo em conta que diferentes metodologias de ensino exigem critérios diferenciados de avaliação, decidiu-se não sobrecarregar nem sobrevalorizar o teste, e avaliar os alunos, neste conteúdo, de acordo com a actividade desenvolvida, ou seja, de acordo com os resultados obtidos na resolução da ficha de trabalho.

5.1.5. Materiais de ensino utilizados

O estudo realizado visa perceber se o modelo em RV proporciona uma aprendizagem mais significativa - a informação nova consegue ancorar-se a conhecimentos prévios na estrutura do aluno - quando comparado com outros métodos de ensino, funcionando como factor de motivação e participação dos indivíduos na aprendizagem do tema. Desta forma, procedeu-se de diferentes modos, com recursos bem diferenciados, nas diferentes turmas. Observe-se, então, a tabela que se segue:

Turma	Recurso
Turma 1	Barra de sabão/esponja de arranjos florais e xisato
Turma 2	Modelo em RV e computador
Turma 3	Cubo em acrílico para enchimento e líquido colorido
Turma 4	PowerPoint, computador e videoprojector
Turma 5	Modelo em RV e computador

Tabela 6 – Recursos utilizados nas diferentes turmas

5.2. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

As técnicas de investigação são um conjunto de procedimentos bem definidos e destinados a produzir certos resultados na recolha da informação requerida pela actividade de pesquisa (Almeida, 1995). De acordo com isto, as técnicas utilizadas na realização deste estudo de caso foram os documentos produzidos pelos alunos, a observação directa e a aplicação de inquérito por questionário.

Relativamente ao primeiro ponto, estes documentos coincidem com a forma como os alunos iriam ser avaliados neste processo/conteúdo. Assim, nas horas correspondentes a esta actividade, os alunos tinham como objectivo o preenchimento de uma ficha de trabalho. Esta servirá para medir, não o grau de satisfação, motivação ou gosto pela disciplina, mas para ter consciência do que realmente os alunos conseguiram atingir em termos de aquisição de conhecimentos, e neste campo, qual dos métodos estudados, o mais adequado.

Quanto à observação, embora ela não proporcione dados quantificáveis, não deixa de ser uma das mais importantes técnicas de investigação ao nível das Ciências Sociais. Os métodos de observação directa são os únicos métodos de investigação social que captam os comportamentos no momento em que eles se produzem e em si mesmos, sem a mediação de um documento ou de um testemunho (Quivy e Campenhoudt, 1998).

O campo de observação do investigador é, *a priori*, infinitamente amplo, dependendo dos objectivos do seu trabalho.

As principais vantagens para a utilização desta técnica são a apreensão dos comportamentos e dos acontecimentos no próprio momento em que se produzem; a recolha de um material de análise não suscitado pelo investigador e, portanto, relativamente espontâneo; e, a autenticidade relativa dos acontecimentos em comparação com as palavras e com os escritos. É mais simples mentir/omitir com a boca do que com o corpo. E, tendo em conta os limites e problemas que esta técnica pressupõe, ou seja, as dificuldades encontradas para se ser aceite como observador pelos grupos em questão; o problema de registo e o problema da interpretação das observações, a melhor e, no fundo, a única verdadeira formação em observação é a prática (Quivy e Campenhoudt, *ibidem*).

Sendo esta uma técnica mais informal, o investigador optou por ter uma abordagem discreta, intervindo o menor número de vezes possível. Desta forma optou por estar atento a gestos, expressões, palavras, comentários que os alunos iam fazendo, escrevendo o que achava mais pertinente.

Foi utilizado ainda o inquérito por questionário, o qual teve como objectivo a obtenção de dados, mediante informações dadas pelas pessoas (alunos) inquiridas. Para tal levou-se a cabo uma interrogação sistemática a um conjunto de indivíduos (alunos de 5 turmas), a fim de obter informações sobre as suas preferências, relativamente ao tema em questão.

O inquérito por questionário consiste em colocar a um conjunto de inquiridos, geralmente representativo de uma população, uma série de perguntas relativas aos mais diversos temas. Assim, estas podem referir-se à situação profissional ou familiar do inquirido, às suas opiniões, à sua atitude em relação a opções ou a questões humanas e sociais, às suas expectativas, ao seu nível de conhecimento ou consciência de um acontecimento ou de um problema, ou ainda sobre qualquer ponto que interesse aos investigadores.

As principais vantagens de utilizar esta técnica são as seguintes: a possibilidade de quantificar uma multiplicidade de dados e de proceder, por conseguinte, a numerosas análises de correlação; e o facto de a exigência, por vezes essencial, de representatividade do conjunto dos entrevistados poder ser satisfeita por esta técnica. Contudo, esta técnica apresenta alguns limites e problemas, entre os quais, o peso e o custo geralmente elevado do dispositivo; a superficialidade das respostas, que não

permite a análise de certos processos; a individualização dos inquiridos, que são considerados independentemente das suas redes de relações sociais; e, o carácter relativamente frágil da credibilidade do dispositivo (Quivy e Campenhoudt, *ibidem*).

Tendo plena consciência das vantagens e desvantagens desta técnica começámos por delimitar o âmbito do problema a estudar e, conseqüentemente, o tipo de informação a obter. Aplicámos, no questionário, dois tipos de questões: *(i)* questões de resposta fechada, onde os inquiridos apenas têm de escolher o grau de concordância com a respectiva afirmação e *(ii)* questões de resposta aberta, onde os inquiridos expressam livremente a sua opinião.

5.3. Análise de dados

Segundo Dünser, Steinbügl, Kaufmann e Glück (2006), a utilização da Realidade Virtual pode ser uma alternativa eficaz a outros métodos de ensino. Vejamos se os alunos do ensino profissional partilham desta opinião:

5.3.1. Análise dos itens específicos de cada questionário das questões de resposta fechada

Para uma interpretação mais simples chamemos grupo 1, grupo 2 e grupo 3 aos alunos que utilizaram o modelo de RV, que utilizaram materiais manipuláveis e que tiveram uma aula expositiva, respectivamente.

Começemos por caracterizar os indivíduos em estudo, pelo que se distribuem da forma como se pode ver na tabela 7.

Assim, constata-se que o número de alunos se equilibra entre os grupos 1 e 2, sendo substancialmente superior ao do grupo 3, que se denota uma amostra pequena. Observa-se ainda uma supremacia de alunos do sexo feminino no grupo 1, sendo nos restantes grupos o oposto.

As idades (figura 48) como já havia sido referido situam-se num intervalo bastante alargado, sendo que, apesar das diferenças amostrais, se considera haver uma tendência para o grupo 2 ter as idades mais baixas, e pela situação inversa salienta-se o grupo 3.

		Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas	
		n	%	n	%	n	%
Sexo do(a) aluno(a)	Feminino	24	68,6%	11	34,4%	2	12,5%
	Masculino	11	31,4%	21	65,6%	14	87,5%

Tabela 7 – Distribuição e caracterização dos alunos por metodologia

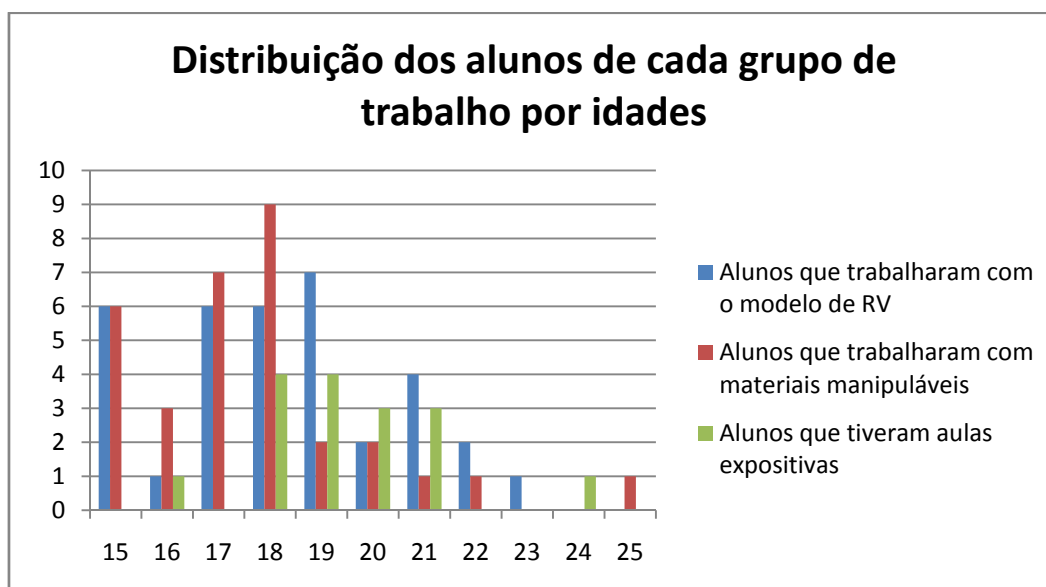


Figura 48 - Distribuição dos alunos de cada grupo de trabalho por idades

Como já foi dito, cada aluno de cada um dos grupos respondeu, no final da actividade, a um questionário, tendo cada grupo um questionário distinto (anexos II, III e IV).

● Realidade Virtual

Afirmação	Totalmente em desacordo	2	3	4	Totalmente de acordo	Sem opinião
É necessário alterar as configurações do computador para visualizar o modelo	77,143	5,714	5,714	2,857	2,857	5,714
Há demasiada informação no ecrã	60	14,286	20	2,857	2,857	0
Gostei das cores utilizadas	20	5,714	17,143	34,286	22,857	0
Há botões em excesso	77,143	17,143	5,714	0	0	0
Senti-me seguro(a) quando usei este recurso	14,286	8,571	28,571	34,286	14,286	0
Acho difícil trabalhar com este recurso	51,429	17,143	25,714	2,857	2,857	0
Há poucas animações	20	20	25,714	20	8,571	5,714
Sinto-me só a aprender utilizando este recurso	51,429	20	22,857	5,714	0	0
O ecrã é agradável	11,429	5,714	25,714	28,571	28,571	0
Preferia exposição da matéria pelo professor	11,429	5,714	20	20	34,286	8,571
Fiquei motivado pelo uso de um modelo em Realidade Virtual	14,286	5,714	22,857	25,714	31,429	0
Preferia aprender utilizando materiais manipuláveis	28,571	5,714	11,429	8,571	34,286	11,429

Tabela 8 – Percentagens de respostas nos itens específicos do modelo de RV

A maioria dos alunos que trabalharam com o modelo de RV considera que não foram necessárias alterações na configuração do computador para conseguir visualizar o modelo, concentrando aproximadamente 77% das respostas. Apenas um aluno ($\cong 2,9\%$) indica que foram necessárias alterações na configuração do computador para visualizar o modelo.

O excesso de informação no ecrã apenas é apontado por dois alunos dos que tiveram a aula com recurso à RV (figura 49). Por expressa maioria, os alunos contrariam a afirmação, ou seja, indicam que a informação não é demasiada. Confirmando este aspecto, o facto de considerarem adequado o número de botões do modelo e que o ecrã é agradável.

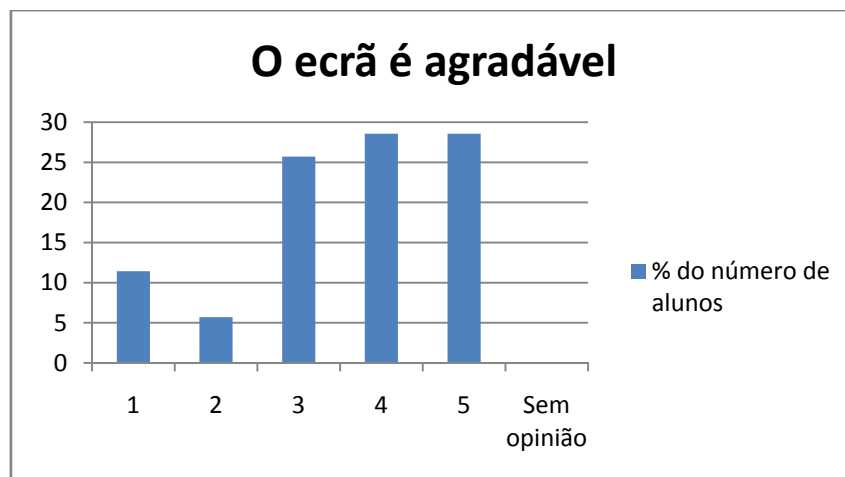


Figura 49 - O ecrã é agradável

A quantidade de animações da aplicação divide os alunos que se espalham pelas várias opções de resposta do questionário.

Relativamente às cores utilizadas, aproximadamente 25% dos alunos não gostaram, em oposição aos 57% que indicam ter gostado.

A utilização da RV é sem dúvida uma novidade em contexto de aula, ainda assim, quase 50% dos alunos sentiram-se seguros com a utilização deste recurso, e mais importante, $\cong 69\%$ são da opinião que é fácil trabalhar com ele.

Como era de esperar a RV motivou a grande maioria dos seus utilizadores, sendo que apenas 7 alunos indicaram que não se sentiram atraídos pelo uso do modelo.

Para o fim, mas não menos importante, quisemos saber se os alunos preferiam alguns dos métodos utilizados nos outros grupos. Relativamente ao uso dos materiais manipuláveis, as opiniões dividem-se entre o sim e o não. Já referente à exposição da matéria pelo professor as respostas convergem no sentido do sim, sendo que aproximadamente 54% manifestaram essa preferência, o que revela hábitos nesse sentido e uma certa resistência a alterações nos métodos de aprendizagem.

● Materiais manipuláveis

Afirmação	Totalmente em desacordo	2	3	4	Totalmente de acordo	Sem opinião
Gostei de utilizar estes materiais manipuláveis	0	12,5	28,125	31,25	28,125	0

Tabela 9 – Percentagens de respostas nos itens específicos das aulas com materiais manipuláveis

Neste questionário apenas a afirmação relativa ao gosto pela utilização dos materiais manipuláveis é específica. Observa-se que o gosto pela utilização do material é bastante acentuado, sendo que cerca de 59% declara estar agradado pela utilização do mesmo, sendo que nenhum aluno revela discordância total com a afirmação. Estes dados são reveladores da importância que o acto de mexer tem no processo de aprendizagem e no gosto que pode desenvolver pela disciplina.

● Aula expositiva

Afirmação	Totalmente em desacordo	2	3	4	Totalmente de acordo	Sem opinião
Preferia ser eu a descobrir as secções do que ouvir o professor a explicar a matéria	75	0	12,5	12,5	0	0
Gostaria de utilizar materiais manipuláveis	18,75	6,25	12,5	18,75	31,25	12,5

Tabela 10 – Percentagens de respostas nos itens específicos das aulas expositivas

Quando questionados sobre se gostariam de utilizar materiais manipuláveis 50% dos inquiridos responde afirmativamente. No entanto, e entrando em incompatibilidade relativamente à opção anteriormente tomada, os alunos não preferem ser eles a descobrir as secções, optando pelo método com o qual trabalharam. Este aspecto não gera qualquer tipo de dúvida, uma vez que 75% dos alunos manifestou essa opinião. Estes dados contraditórios revelam que os alunos não percebem as implicações da utilização de materiais manipuláveis, sendo também informações reveladoras de alguma passividade por parte dos mesmos.

5.3.2. Análise dos itens comuns a pelos menos dois questionários das questões de resposta fechada

Depois de analisado individualmente cada um dos questionários (nas afirmações específicas de cada), temos de analisar os resultados das afirmações comuns aos vários questionários, a fim de identificar se existe uma metodologia melhor que qualquer uma das outras. Para esse efeito utilizámos o teste de independência do Qui-Quadrado³⁴, podendo a hipótese nula ser formulada assim:

$$H_0: \text{As variáveis são independentes}$$

³⁴ Ver explicação do teste no anexo V

Para níveis de significância inferiores a 0,05 (porque estamos a trabalhar com confiança igual a 95%) rejeitamos essa hipótese, isto é, na população dos alunos do ensino profissional devemos esperar que existam diferenças na distribuição pelos níveis de satisfação.

Afirmação: *Com este recurso/material aprendo melhor do que com um livro*

A tabela 11 mostra a distribuição dos alunos de cada amostra pelos níveis de concordância acerca das vantagens dos métodos não convencionais na aprendizagem do conteúdo. Na amostra de alunos que utilizaram o modelo de RV observamos maior número de alunos nos extremos, com aproximadamente 9% de alunos nos níveis de discordância e aproximadamente 51% nos níveis de concordância, enquanto na amostra de alunos que utilizaram materiais manipuláveis, a maioria indica que não concorda nem discorda. Embora estas diferenças sejam importantes não são suficientemente grandes para afirmar que entre os alunos do ensino profissional exista preferência por algum dos dois métodos, uma vez que a significância associada ao teste de independência foi superior a 0,05, o que não permite identificar um método que seja mais eficiente para esta população.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Teste de independência	Sig.
	n	%	n	%	χ^2	
Totalmente em desacordo	2	5,714	0	0,000	4,804	0,440
2	1	2,857	1	3,125		
3	14	40,00	18	56,25		
4	12	34,286	9	28,125		
Totalmente de acordo	6	17,143	3	9,375		
Sem opinião	0	0	1	3,125		

Tabela 11 – Com este recurso/material aprendo melhor do que com um livro

Afirmação: *Aprendi coisas novas*

O resultado do teste de independência permite concluir que perante os três métodos, a distribuição das percentagens pelos níveis é estatisticamente igual. Embora seja notória

maior percentagem de alunos da RV (tabela 12) que consideram que aprenderam coisas novas, essa conclusão não pode ser extrapolada para a população de alunos, até porque os alunos com aulas expositivas apresentam valores semelhantes no nível “Concordo”.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	0	0,000	0	0,000	0	0,000	14,222	0,076
2	1	2,857	6	18,75	4	25		
3	9	25,714	12	37,50	2	12,5		
4	10	28,571	6	18,75	4	25		
Totalmente de acordo	15	42,857	8	25,00	5	31,25		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000	1	6,25		

Tabela 12 – Aprendi coisas novas

Afirmação: *As actividades de investigação são interessantes e despertam a minha curiosidade*

Relativamente a este ponto de estudo, verifica-se que independentemente do método utilizado, a maioria dos alunos considera que as actividades de investigação são interessantes e despertam a curiosidade.

Analisando a tabela que se segue (tabela 13), observa-se que o nível de significância do teste de independência foi de $0,318 > 0,05$, valor que não permite rejeitar a hipótese de que o método é independente da opinião que os alunos têm acerca do interesse por actividades de descoberta e investigação.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	Sig.
	n	%	n	%	n	%		
Totalmente em desacordo	2	5,714	0	0	0	0	11,532	0,318
2	1	2,857	1	3,125	1	6,25		
3	12	34,286	8	25,00	3	18,75		
4	11	31,429	12	37,5	3	18,75		
Totalmente de acordo	9	25,714	11	34,375	8	50		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000	1	6,25		

Tabela 13 – As actividades de investigação são interessantes e despertam a minha curiosidade

Afirmação: *Estou habituado a utilizar o computador nas aulas*

Os alunos que utilizaram a RV poucas vezes utilizam o computador no contexto de aula, menos de 6% (tabela 14) é que apontam a sua utilização, enquanto os alunos das outras metodologias, a utilização de computadores na aula ronda os 20%. Estas diferenças permitem afirmar que existem diferenças significativas no número de alunos que utiliza o computador nas aulas, pois a significância é inferior a 0,05.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	Sig.
	n	%	n	%	n	%		
Totalmente em desacordo	25	71,429	9	28,125	2	12,5	29,952	0,001
2	5	14,286	14	43,75	4	25		
3	3	8,571	3	9,375	5	31,25		
4	2	5,714	4	12,50	3	18,75		
Totalmente de acordo	0	0,00	2	6,25	1	6,25		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000	1	6,25		

Tabela 14 – Estou habituado a utilizar o computador nas aulas

Afirmação: *Tive um papel activo na aprendizagem*

O número de alunos que consideram que tiveram um papel activo na aprendizagem é superior entre os que utilizaram a RV ($\cong 63\%$) (tabela 15). Os alunos dos restantes grupos representam bem menos nesta opção, sendo que no grupo 2 não atingem os 25% e no grupo 3 os 45%, facto que explica a significância reduzida e consequente rejeição da hipótese de independência.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	Sig.
	n	%	n	%	n	%	χ^2	
Totalmente em desacordo	0	0,00	1	3,125	2	12,5	34,595	0,000
2	1	2,857	5	15,625	2	12,5		
3	12	34,286	19	59,375	3	18,75		
4	8	22,857	5	15,625	6	37,5		
Totalmente de acordo	14	40,00	2	6,25	1	6,25		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000	2	12,5		

Tabela 15 – Tive um papel activo na aprendizagem

Afirmação: *Este método é eficaz*

A eficácia do método não apresenta igualdade de distribuição para os três grupos de alunos, havendo uma maior similaridade entre os grupos 1 e 3 (figura 50), que em ambos os casos ultrapassam os 50% na concordância com a afirmação.

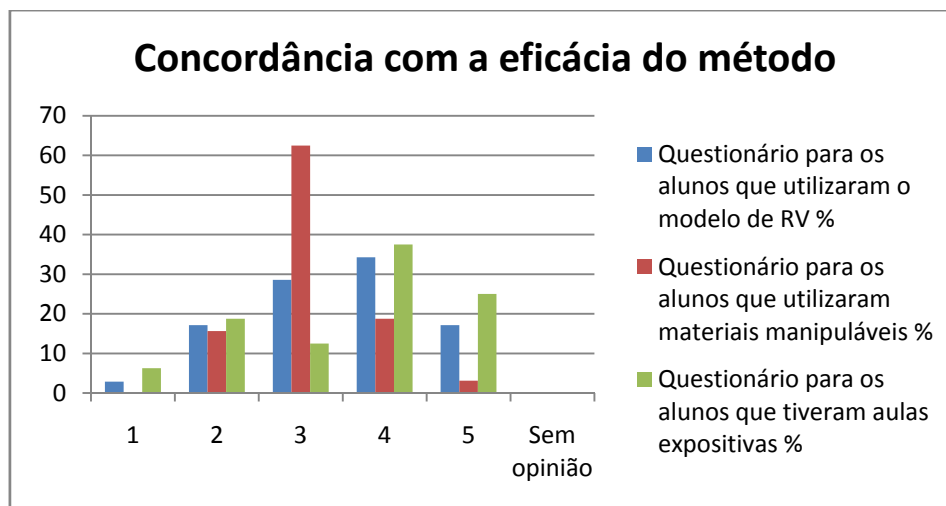


Figura 50 - Concordância com a eficácia do método

Sobre a eficácia do método, podemos afirmar que depende da metodologia adotada (sig=0,033) (tabela 16).

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência χ^2	Sig.
	n	%	n	%	n	%		
Totalmente em desacordo	1	2,857	0	0,00	1	6,25	16,768	0,033
2	6	17,143	5	15,625	3	18,75		
3	10	28,571	20	62,5	2	12,5		
4	12	34,286	6	18,75	6	37,5		
Totalmente de acordo	6	17,143	1	3,125	4	25		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000	0	0,000		

Tabela 16 – Este método é eficaz

Afirmação: *Ganhei gosto pela Matemática*

Apesar do baixo valor de significância, sendo este superior a 0,05 (tabela 17), não podemos extrapolar para a população que a utilização de um determinado método é capaz de motivar mais os alunos para a aprendizagem da Matemática.

	Questionário para os alunos que utilizaram o modelo de RV		Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	Sig.
	n	%	n	%	n	%		
Totalmente em desacordo	9	25,714	4	12,5	3	18,75	17,398	0,066
2	2	5,714	10	31,25	4	25		
3	11	31,429	10	31,25	2	12,5		
4	4	11,429	7	21,875	4	25		
Totalmente de acordo	8	22,857	1	3,125	2	12,5		
Sem opinião	1	2,857	0	0,000	1	6,25		

Tabela 17 – Ganhei gosto pela Matemática

Ainda assim, devemos referir que as percentagens mais elevadas no que respeita à concordância com a afirmação se englobam nos grupos 1 e 3 (figura 51).

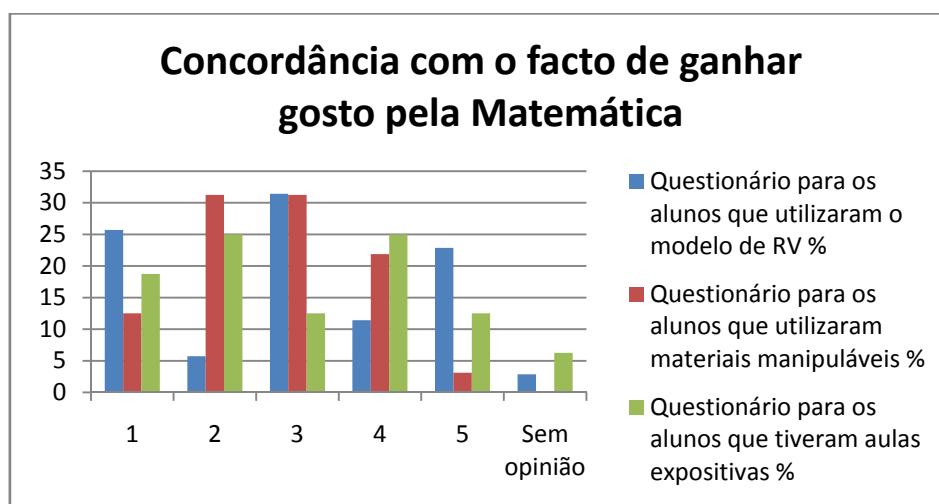


Figura 51 - Concordância com o facto de ganhar gosto pela Matemática

Afirmação: *Não posso estudar ao meu ritmo*

Independentemente de utilizarem materiais manipuláveis ou terem sido alvo do método tradicional, a maioria dos alunos (tabela 18) está indecisa relativamente ao facto do método obrigar a um ritmo diferente para acompanhar as matérias.

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	6	18,75	2	12,5	8,681	0,122
2	6	18,75	2	12,5		
3	11	34,375	5	31,25		
4	5	15,625	0	0		
Totalmente de acordo	3	9,375	3	18,75		
Sem opinião	1	3,125	4	25		

Tabela 18 – Não posso estudar ao meu ritmo

Afirmação: *Gostaria de usar o computador nesta parte da matéria*

Os alunos de ambos os grupos admitem que gostariam de ter usado o computador nesta parte da matéria (tabela 19).

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	1	3,125	0	0,000	4,077	0,538
2	2	6,25	0	0,000		
3	5	15,625	3	18,75		
4	11	34,375	4	25		
Totalmente de acordo	13	40,625	8	50		
Sem opinião	0	0,000	1	6,25		

Tabela 19 – Gostaria de usar o computador nesta parte da matéria

Com percentagens claras ($\cong 75\%$), os alunos manifestam a sua vontade de modificar a metodologia adoptada para este conteúdo. Vimos anteriormente que os alunos do grupo

1 declararam a sua vontade de ter uma explicação pelo professor, ou que preferiam mesmo a utilização de materiais manipuláveis. Ainda assim, as percentagens de concordância com qualquer uma dessas afirmações foram bem menos expressivas que estas, o que vinca de sobremaneira a vontade da utilização do computador, e a utilização de algo inovador na sala de aula, por parte dos alunos.

Afirmação: *Continuo sem perceber para que serve esta matéria*

Uma vez mais, sendo a significância superior a 0,05 (tabela 20), não constatamos diferenças entre os métodos relativamente à percepção da utilidade destes conteúdos. Realça-se a forte percentagem de alunos que não emitiu opinião sobre este assunto, sendo que os alunos do grupo 3, percentualmente, admitem mais facilmente perceber a aplicação desta matéria.

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	10	31,25	7	43,75	6,944	0,225
2	5	15,625	3	18,75		
3	9	28,125	0	0,000		
4	2	6,25	1	6,25		
Totalmente de acordo	3	9,375	1	6,25		
Sem opinião	3	9,375	4	25		

Tabela 20 – Continuo sem perceber para que serve esta matéria

Afirmação: *O professor apoiou e estimulou o uso das TIC*

Para aproximadamente 72% (tabela 21) dos alunos que utilizaram manipuláveis, o professor não incentivou o uso das TIC, sendo essa percentagem por volta dos 50% entre os alunos que tiveram a aula expositiva. Estas diferenças continuam a surgir entre as amostras, mas, mesmo sendo uma situação limite, continuam sem justificar a existência de associação entre o método e a opinião dos alunos ($\text{sig}=0,051 > 0,05$).

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	23	71,875	6	37,5	10,997	0,051
2	0	0,000	2	12,5		
3	4	12,5	3	18,75		
4	2	6,25	2	12,5		
Totalmente de acordo	0	0,000	2	12,5		
Sem opinião	3	9,375	1	6,25		

Tabela 21 – O professor apoiou e estimulou o uso das TIC

Afirmção: *Os computadores e a Internet vão substituir os livros*

Quer tenham trabalhado com manipuláveis quer têm ouvido a explicação do professor com recurso a um PowerPoint, os alunos consideram que os livros vão ser substituídos pelos computadores e Internet (tabela 22), confirmação que vem do nível de significância associado ao teste de independência ser superior a 0,05.

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	3	9,375	2	12,5	2,600	0,0627
2	3	9,375	1	6,25		
3	9	28,125	2	12,5		
4	9	28,125	4	25		
Totalmente de acordo	8	25	7	43,75		
Sem opinião	0	0,000	0	0,000		

Tabela 22 – Os computadores e a Internet vão substituir os livros

Afirmação: *O computador torna a aprendizagem mais interessante*

A maioria destes alunos considera que o uso de computadores pode tornar as aulas mais interessantes (tabela 23). No entanto, não podemos esquecer que anteriormente estes mesmos alunos indicaram que raras vezes o computador é utilizado na sala de aula, pelo que podem ter uma expectativa muito grande quanto aos seus benefícios. Por outro lado é necessário saber se os professores estão abertos a essa utilização, pois existem experiências em que o professor utiliza o computador como se de um livro se tratasse, sem incorporar ferramentas de interactividade, pelo que é possível que os alunos não tenham considerado isso. Contudo, e de acordo com o número de significância, os alunos do grupo 3 acreditam mais nas capacidades do computador do que os alunos do grupo 2.

	Questionário para os alunos que utilizaram materiais manipuláveis		Questionário para os alunos que tiveram aulas expositivas		Teste de independência	
	n	%	n	%	χ^2	Sig.
Totalmente em desacordo	1	3,125	0	0,000	12,450	0,029
2	0	0,000	2	12,50		
3	15	48,39	1	6,25		
4	6	19,35	5	31,25		
Totalmente de acordo	9	29,03	8	50,00		
Sem opinião	1	3,125	0	0,000		

Tabela 23 – O computador torna a aprendizagem mais interessante

Perante estes resultados tentámos encontrar possíveis explicações, sendo que, para isso, pretendemos saber se existe associação entre todos os pares de pontuações que os alunos atribuíram a cada item da escala. Desta forma determinámos o coeficiente de correlação de Spearman³⁵, pelo que as principais conclusões são:

1. Relativamente aos alunos que não vivenciaram aulas de exposição de conteúdos, os que trabalharam com o modelo de RV dão justificações mais claras relativamente ao facto de acharem que aprenderam melhor do que se ouvissem o

³⁵ Ver explicação do coeficiente de correlação no anexo V; Consultar a tabela de valores no anexo VI.

Professor. Segundo estes, e tendo por base os resultados de correlação, este facto deve-se à motivação ganha pela utilização da RV ($\rho=0,402$), mas também às cores utilizadas no respectivo modelo ($\rho=0,347$).

2. O facto de aprender coisas novas está correlacionado com o facto das actividades de investigação serem interessantes e despertarem a curiosidade ($\rho=0,300$) e com o facto de sentirem que tiveram um papel activo na aprendizagem ($\rho=0,454$).
3. O facto de terem gostado das cores da aplicação não despertou o gosto pela Matemática ($\rho=-0,408$). Fez, no entanto, com que se tenham sentido seguros aquando da sua utilização ($\rho=0,396$), o que motivou a percepção de não ser difícil trabalhar com o recurso disponibilizado ($\rho=-0,401$).
4. As actividades de investigação serem interessantes, tal como já vimos, faz com que os alunos aprendam coisas novas. A correlação negativa ($\rho=-0,440$) com a afirmação “continuo sem perceber para que serve esta matéria”, diz-nos que quanto mais as actividades despertam a curiosidade, mais se verifica a aplicabilidade dos conteúdos.
5. Os alunos que trabalharam com RV admitem que ficaram motivados pelo facto de aprenderem melhor do que com o livro ($\rho=0,402$), por terem aprendido coisas novas ($\rho=0,349$), mas sobretudo, e tendo em conta o nível de correlação, pela eficácia do método ($\rho=0,663$).
6. Dentro do grupo 1, os alunos que revelaram preferência por ser o professor a explicar a matéria não o demonstram pela falta de qualidade do modelo, pois segundo eles não há poucas animações ($\rho=-0,416$), nem tão pouco se sentiram inseguros na utilização do modelo ($\rho=-0,354$). Uma das possíveis explicações para essa preferência poderá ser o facto destes alunos não terem ganho gosto pela Matemática ($\rho=-0,405$).
7. Relativamente aos alunos do grupo 2 e 3 percebe-se que os que gostariam de usar o computador se deve sobretudo ao facto de acharem que o computador torna a aprendizagem mais interessante ($\rho=0,380$), e que por sua vez os computadores e a Internet vão substituir os livros ($\rho=0,397$).

5.3.3. Questões de respostas abertas dos questionários

● Realidade Virtual

Relativamente às questões de resposta aberta, nomeadamente a opinião dos alunos no que mais gostaram no modelo utilizado, salientam-se respostas como “apresentação do modelo”, a “facilidade de manuseamento” e o facto do modelo apresentado ser uma “novidade/inação”. Obviamente tivemos respostas, a que chamaria de “politicamente correctas” como é o caso do “gostei de tudo”. No entanto parece-nos importante realçar a opinião, que apenas um aluno transmitiu, que foi a “facilidade de ver no espaço” – objectivo para o qual construímos o modelo.

Se por um lado estas foram as opiniões favoráveis, alguns alunos emitiram descontentamento relativamente às “cores apresentadas”, por estas “serem parecidas”, o que se traduziu, segundo os próprios, numa maior “dificuldade de perceber as secções”. Um aluno evidenciou como o que menos gostou a forma de “controlar o plano”.

Desta forma percebe-se que os mesmos aspectos agradam a uns e não a outros – pluralidade do ensino. Numa procura de melhorias do modelo construído, e por isso mesmo, em busca de um ensino com mais qualidade, quisemos saber o que poderia ser feito para o melhorar. Nesta fase parecem-nos pertinentes as opiniões dos 2 alunos que referiram que o plano ao intersectar o cubo devia separá-lo em duas partes; do aluno que referiu que o modelo devia apresentar um botão para colocar o cubo na posição inicial; de outros dois alunos que referiram a importância de ter uma régua para medir os lados das secções, identificando a regularidade ou não das secções obtidas; e por fim dois alunos que referiram a necessidade de uma maior quantidade de sólidos.

● Materiais manipuláveis

No que respeita aos alunos que utilizaram materiais manipuláveis sabe-se que estes se dividiram entre aqueles que trabalharam com os cubos em acrílico, colocando líquido no seu interior, e os que executaram a tarefa com sabão ou esponjas. Pretendeu-se perceber o que mais tinham gostado e o que menos havia agradado nas aulas em que decorreu este estudo, assim como, foi-lhes pedido a opinião sobre o que fazer para melhorar as aulas neste conteúdo em particular.

Relativamente ao que mais gostaram, referiram o facto de ser uma aula “dinâmica/diferente” em que podiam “interagir com os colegas”. Manifestaram a

satisfação por não ser uma aula expositiva, e o facto de terem trabalhado com os respectivos materiais.

Quanto ao lado menos bom destas aulas referiram a dificuldade em passar as imagens para o papel, manifestando também, os alunos correspondentes, a dificuldade em trabalhar com o sabão.

Por fim, salientam-se as opiniões de vários alunos sobre como melhorar estas aulas. A saber: a “utilização do computador” e uma “maior ajuda do professor”. Não respondendo especificamente ao que era pedido, vários alunos disseram que seria interessante “mais aulas assim”, ou seja, “trabalhar mais em grupo”.

● Aula expositiva

O método tradicional, o método de exposição de matéria, apesar da convergência de opiniões num sentido contrário, continua a ser fulcral e possivelmente o mais utilizado nas nossas salas de aula. Estes alunos, durante este estudo tiveram 90 minutos de aula puramente expositivos, numa matéria que nos parece pouco convidativa para esse efeito. O que mais despertou o interesse e o gosto nestas aulas foi o “trabalho de grupo”, mas também a “maneira de explicar do professor”.

Sendo estes os aspectos salientados como positivos no decorrer destas aulas, relativamente aos aspectos negativos pouco foi referido, a não ser um aluno que referiu o seu descontentamento pelo facto de ter “trabalhado em grupo” e um outro que gostaria que as aulas tivessem “algo motivador”.

Relativamente ao que se poderia melhorar nestas aulas, a expectativa relativamente às respostas era grande, mas a grande maioria nada sugeriu, 3 disseram que o uso do computador poderia ajudar, tornando as “aulas mais interessantes” e um aluno exprimiu a necessidade de mais exercícios.

5.3.4. Resultados das fichas de trabalho

Claramente definidos os objectivos deste estudo, estes não pressupunham apenas avaliar os factores gosto e motivação pela disciplina da Matemática. Parece-nos claro que estes são dois aspectos importantes para uma educação de sucesso, para uma escola interessante e rica no que respeita ao desenvolvimento pessoal e social dos alunos. No entanto, um dos pressupostos do processo ensino/aprendizagem é proporcionar novas experiências e novos conhecimentos aos alunos. Desta forma, apraz-nos conhecer os resultados destas actividades desenvolvidas – resultados quantitativos da ficha de

trabalho, de forma a percebermos que metodologia é mais eficaz a nível de resultados da aprendizagem. A tabela³⁶ 24 mostra dados conclusivos acerca da forma como os alunos atingiram níveis mais altos:

	Alunos – Modelo RV	Alunos – Materiais Manipuláveis	Alunos - Método Tradicional
Média	6,52	4,61	5,88
Mediana	6,75	5	6,25
Máximo	8,7	7	7,5
Mínimo	4,1	2,7	3,5
Desvio Padrão	1,39	1,6	1,97

Tabela 24 – Dados estatísticos dos resultados das fichas de trabalho por metodologia

Como sabemos o trabalho foi desenvolvido em grupo, pelo que estas classificações são os valores atingidos pelos mesmos. Feita esta ressalva, e observando a tabela, facilmente se percebe que os alunos do grupo 2 perdem claramente o confronto quando comparados os resultados com os alunos de qualquer um dos outros grupos. Sendo o único grupo com um valor médio negativo, o grupo 2 obtém valores pouco abonatórios, como se vê pelo baixo valor máximo e pelo reduzido valor mínimo. O valor central (mediana) apesar de ser positivo está na fronteira entre o positivo e o negativo, pelo que também não é um sinal de sucesso.

Por tudo o que foi dito neste trabalho, e seguindo indicações/estudos de diversos autores, seria de esperar resultados mais elevados nos grupos de alunos 1 e 2. Este facto não foi verificado, uma vez que, como já se disse, o grupo que apresenta piores classificações é o grupo 2.

Confrontados os valores expressos na tabela dos grupos 1 e 3, os alunos do modelo RV destacam-se positivamente em todos os aspectos, média, mediana, valores máximo e mínimo, o que nos agrada de sobremaneira, uma vez que vai de encontro ao objectivo do desenvolvimento do nosso modelo, ou seja, o de criar um modo facilitador da visualização espacial (3D).

Os resultados do desvio padrão revelam-nos valores mais próximos nos casos do grupo 1 e 2, o que no caso do segundo não é positivo, pois este valor deve-se a classificações baixas. Como se sabe estes valores estatísticos, apesar do seu interesse, podiam ser enganadores, pois como sabemos, qualquer uma das medidas abordadas altera-se significativamente com a mudança/aparecimento de um novo valor. Com a ideia de

³⁶ Ver explicação das medidas estatísticas no anexo V

minimizar estas hipotéticas falhas, construímos os gráficos que se seguem (figura 52), onde podemos observar a relação positivas/negativas de cada um dos grupos de alunos:

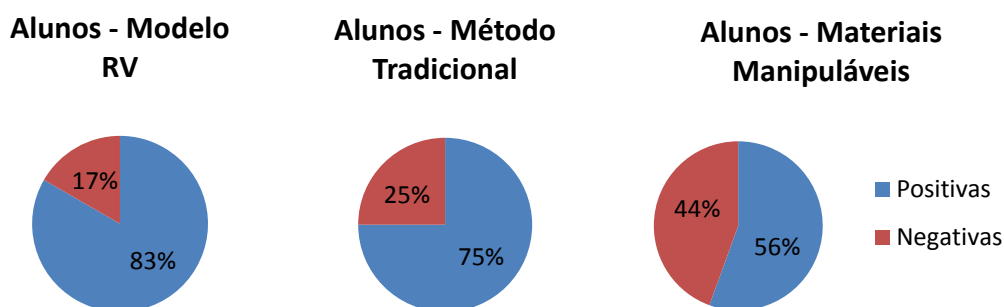


Figura 52 – Análise percentual comparativa, positivas/negativas, entre os três métodos de ensino

Através da observação destes gráficos torna-se claro que mesmo em termos percentuais de positivas/negativas, os resultados são significativamente melhores nos alunos do grupo 1 do que qualquer um dos restantes grupos.

5.3.5. Observação das aulas e interpretação dos dados

O investigador, no caso deste estudo, coincidia com o Professor das turmas envolvidas. Quer a metodologia do grupo 1, quer a do grupo 2 eram inovações para aqueles alunos, pois, embora já estivessem habituados a trabalhar em grupo, quer a Realidade Virtual, quer aqueles materiais manipuláveis eram novidade. Desta forma, e pela experiência acumulada ao longo do ano lectivo, esperava-se um recurso ao professor muito sistemático. Obviamente nunca se negando a esclarecer, o docente incentivava à descoberta e usou inúmeras vezes as expressões “Pensem mais um bocadinho” e “Não tenham medo de mexer”. Sentimos, nesta posição de observador, o medo de experimentar, de mexer em algo desconhecido.

No início da aula os alunos que iam formando os grupos para trabalharem com o modelo de RV estavam curiosos para saber que tipo de trabalho iria ser feito. Alguns receosos, outros entusiasmados pelo uso do computador, mais esses estados de espírito se consolidaram quando se falou em RV e numa experiência inovadora. Distribuídas as actividades, agrupados e distribuídos pela sala, muito rapidamente ouvimos a expressão “Isto não mexe”, frase proferida instantes depois da demonstração feita pelo professor, grupo a grupo, de como funcionava o modelo. As faltas de bases que ficaram evidentes

no decurso do trabalho, a juntar com o facto de não conseguirem tirar partido daquilo que utilizavam criaram problemas que poderiam ter sido evitados. Desde logo a começar pela falta de exploração da Internet para, por exemplo, explorar o nome das secções obtidas, evitando erros na resolução da ficha proposta. O facto de não se terem lembrado de perguntar se podiam gravar as imagens em formato digital de forma a acautelar dificuldades, expressas no comentário: “É difícil para desenhar!”. Neste mesmo grupo de alunos ainda evidenciámos uma outra curiosidade, que foi o facto de muitos dos grupos só utilizarem o modelo para a pergunta 1 da ficha, sendo que na resolução das outras usavam o papel ou tentavam descobrir a resposta apenas apelando à imaginação.

Por seu lado, também numa fase inicial, os alunos que trabalharam com materiais manipuláveis sentiam a mesma curiosidade para saber o motivo do docente ter pedido aquele material (sabão e esponjas) ou por ver um monte de cubos e jarros com líquido. Aquando da explicação da actividade, os alunos reagiram de forma positiva, mas receosa: “Podemos chamá-lo quando tivermos dúvidas?”. Colocaram mãos à obra e sempre com grande vontade de descobrir mais, proferiam comentários como os que se seguem: “Isto é mais complicado do que parece!”, “Isto dá sempre 1 triângulo!” e “Como faço para dar um quadrado?”. Estes elementos, ao contrário dos do grupo anterior, apenas podiam consultar os apontamentos que haviam levado para a sala de aula, não tinham qualquer ajuda a nível da construção de figuras no papel, pelo que se cansaram e desistiram mais rapidamente. Assim, e fruto da falta de ideias/soluções, já colocavam questões: “Depois é preciso limpar isto?”.

Sobre os grupos de alunos do método tradicional, os únicos a terem sessões divididas, tecem-se comentários também eles repartidos. Numa primeira sessão onde se deu a visualização do PowerPoint, a apatia era generalizada, sendo que apenas ouviam o Professor a falar. Obviamente colocando as suas dúvidas e ou ideias, mas a acção destes alunos resumia-se a isso. Numa segunda sessão, o objectivo era transpor para o papel o que haviam aprendido na aula anterior. Registamos o facto de estes alunos serem os mais rápidos, não demonstrando qualquer curiosidade sobre o assunto, sendo para eles apenas mais uma fase de avaliação de conhecimentos.

Pela observação realizada e limitando-nos apenas a esse aspecto, parece-nos claro que os alunos se desnivelam pelo empenho, motivação e curiosidade, e claramente formam uma escala descendente, começando pela metodologia da Realidade Virtual, passando pela dos materiais manipuláveis, terminando na tradicional.

Estes factores não são condizentes com os resultados quantitativos, no que toca aos métodos dos materiais e tradicional, mas são causas suficientes para que a metodologia da RV seja a primeira nesse processo avaliativo. Também a este respeito, e porque nos parece importante fazer esta referência, a qualidade do modelo desenvolvido desempenhou, certamente, um papel preponderante. Apesar das críticas apontadas, a maioria dos alunos concorda na qualidade do modelo para os fins a que se destinava.

Relativamente a desejos e vontades manifestadas, relembramos o ditado: “A galinha da vizinha é melhor que a minha”. Esta será uma possível explicação para que em todos os métodos houvesse alunos a preferir métodos alternativos, e que não aquele que havia utilizado. Ainda assim, não devemos esquecer o que já foi referido em capítulos anteriores relativamente ao estilo de aprendizagem de cada aluno. Este aspecto é extremamente relevante pois poderá ser o condicionador para as respostas obtidas. Congratulamo-nos, no entanto, pois em termos percentuais os que utilizaram o computador foram aqueles que menos manifestaram vontade de mudar.

Um último desejo, e que se prende com a utilização de computadores e de Realidade Virtual nas salas de aula de Matemática, é que os Professores estejam abertos a isso, pois tem de partir de nós, educadores, a abrir a porta, para que não nos possamos queixar da apatia e falta de motivação dos nossos alunos.

5.4. Resumo do capítulo

Este estudo incidiu sobre a utilização de um e-conteúdo em 3D que concebemos para a leccionação das secções do cubo. Visando comparar metodologias, quer a utilização do modelo de RV, quer a utilização de materiais manipuláveis, quer a exposição de matéria, foi recolhida informação relativa à participação de alunos de cinco turmas do ensino profissional.

Adoptando abordagens qualitativas (observação participante na sala de aula e análise de questionários) e quantitativas (análise dos resultados de uma ficha de trabalho), pretendeu-se “medir” os níveis de motivação e gosto pela disciplina após a utilização da metodologia correspondente a cada grupo. Da mesma forma pretendeu-se retirar conclusões sobre a aprendizagem dos referidos conteúdos.

Depois de todas as variáveis analisadas, conclui-se que o grupo de alunos que utilizou o modelo RV se sentiu mais motivado do que qualquer um dos outros, que desenvolveram

o gosto pela Matemática mas também apresentaram resultados mais elevados na aquisição de conhecimento.

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho salientamos a importância da Realidade Virtual na aprendizagem de conceitos matemáticos e exemplificamos a sua utilização na leccionação da Geometria. Procurou-se também apresentar, ainda que de forma sucinta, as várias vertentes e contribuições que a Realidade Virtual proporciona, cada vez mais, no dia-a-dia da nossa sociedade.

No estudo de caso apresentado, visamos a leccionação de secções do cubo, no 10.º ano de escolaridade. Para o efeito (1) desenvolveu-se um modelo de RV que foi (2) aplicado de forma a possibilitar a comparação de diferentes abordagens/metodologias no ensino desse conteúdo programático.

Torna-se pertinente, depois deste “caminho percorrido”, retirar conclusões de forma a reflectir sobre estratégias da sala de aula, contribuindo assim, para a melhoria do processo ensino/aprendizagem no campo da Geometria. Facto este que nos motiva a, neste último capítulo, reconhecer limitações do trabalho, apresentar propostas para trabalhos futuros e fazer as últimas considerações sobre toda a execução do trabalho.

6.1. Considerações finais

Em 1957, De Forest disse que “O Homem nunca atingirá a Lua, independentemente de todos os avanços científicos.” (n.d., “Hip, Hype, and Hope: The faces of Virtual Reality”). Pois bem, o que vemos hoje é uma realidade completamente diferente, com avanços tecnológicos inacreditáveis e em que a sociedade evolui a cada segundo.

Sinais de fumo, bandeiras, pombos-correios, livros, revistas, jornais, rádio, telefone, televisão, computador...chegámos à era da Realidade Virtual.

E é neste contexto que pretendemos perceber a relevância que a RV poderá ter no percurso escolar dos alunos do ensino profissional, em particular na Matemática. Deste modo, desenvolvemos um modelo de RV com vista a identificar as vantagens e desvantagens desse modelo comparativamente a outros métodos de ensino, na aprendizagem de um conteúdo muito específico da Geometria – secções do cubo.

Pela literatura encontrada, pelas opiniões manifestadas, transparece a ideia de que a escola tem de adoptar novas estratégias de forma a conseguir cativar e despertar o interesse dos alunos nas matérias. O ensino baseado em giz, quadro e livro está em grande medida ultrapassado, é quase um anacronismo e daqui para o futuro as novas

tecnologias terão de ter um papel cada vez maior, defendem inúmeros autores e parece ser uma inevitabilidade.

Acreditamos que o ensino precisa de uma reestruturação, precisa de se “actualizar”, indo de encontro às novas motivações dos alunos, e usufruindo das inúmeras ferramentas que se vão desenvolvendo. Segundo Cardoso (2005), agora vemos muito o “velho livro” transformar-se em PDF’s e os vídeos em hiperligações HTML, ou simplesmente em pequenos clips de vídeo. Segundo o mesmo autor, fala-se muito em conteúdos multimédia ricos, mas encontrá-los é bem mais difícil.

Deste modo o trabalho aqui apresentado, visou fornecer um material *diferente*, que permitisse criar um ambiente de aprendizagem inovador e enriquecedor para o estudo da Matemática e permitiu perceber algumas das vantagens que podemos conseguir com a utilização da RV na sala de aula.

Não somos, por enquanto, defensores de um ensino totalmente virtual sem exposição de matéria e não acreditamos no sucesso do ensino se os alunos não tiverem de se dedicar e concentrar no estudo individual. Acreditamos, pela nossa experiência pessoal, que apesar das vantagens da interactividade dos novos meios, por razões práticas e para algumas matérias, o ensino/aprendizagem com recurso ao quadro tradicional continua a fazer algum sentido. O melhor caminho não será certamente a opção exclusiva por um tipo qualquer de ensino ou de meios e materiais de aprendizagem, mas pela complementaridade, diversidade e possibilidade alargada de escolha. O bom senso terá sempre um papel importante a desempenhar.

Não defendemos a RV como substituta do professor, nem como substituta dos famosos giz, quadro e livro, mas sustentamos a ideia de que esta pode auxiliar a aprendizagem em diversos contextos, em variadas matérias.

A Geometria será um caso flagrante de como a RV pode ser preciosa para atingir um elevado grau de abstracção e exigências de um estudo 3D. Acreditando que o papel e o lápis poderão ser limitadores nestes estudos, construímos um modelo que, segundo os próprios alunos, é apelativo, simples de trabalhar e que facilita a visão espacial. No entanto, e como era de esperar surgiram críticas e foram, sobretudo, no sentido da necessidade de ter uma forma de medir os lados das secções, o que é um desenvolvimento/melhoria possível.

Desenvolvido o modelo e implementadas várias metodologias é necessário retirar conclusões sobre quais as melhores opções para trabalhar as secções do cubo na sala de

aula de Matemática, tendo em conta questões como motivação, gosto pela disciplina e eficácia, com os alunos do ensino profissional.

Relativamente à motivação, maioritariamente ($\cong 80\%$), os alunos que utilizaram a RV mostraram opinião favorável relativamente a este aspecto. Quanto ao despertar do gosto pela disciplina, percentualmente ($\cong 66\%$), os resultados são mais elevados nos alunos que utilizaram a RV comparativamente aos que utilizaram materiais manipuláveis ou tiveram uma aula expositiva. Apesar de todas as condicionantes no processo ensino/aprendizagem, este grupo de alunos é, também, o que mais considera ter aprendido coisas novas ($\cong 97\%$) e o que mais manifesta ter tido um papel activo na aprendizagem ($\cong 97\%$), por comparação aos restantes.

Reflectindo nestes dados e aliando a estes últimos a falta de experiência de utilização do computador por parte dos alunos pensamos estar a contribuir positivamente para o processo ensino/aprendizagem da Matemática.

Notamos uma apatia geral nos alunos, que estão familiarizados com as explicações do professor, não demonstrando grandes capacidades de domínios sociais como são o “desenrascar” e o “ir em busca de”. Os alunos que trabalharam com o modelo RV tinham disponível a Internet, mas ainda assim escreveram “losangulo” em vez de “losango”. Os mesmos alunos apresentaram queixas da dificuldade de desenhar as figuras, não se lembrando de gravar o ecrã e depois copiar na ficha de trabalho.

Quando confrontados com o trabalho, os alunos que trabalharam com o modelo foram mais eficazes do que os outros, ou porque se empenharam mais devido à utilização de algo inovador para eles, ou porque a RV lhes proporcionou uma ideia diferente - mais simples - dos conteúdos a trabalhar. Este aspecto quantitativo dá-nos, no mínimo, uma maior motivação para trabalhar num futuro próximo, com vista ao sucesso da disciplina, uma vez que nos revelam aprendizagens mais significativas e autónomas.

Pedir a um e-conteúdo para desenvolver o gosto pela Matemática terá sido exagerado, este tem de ser conquistado ao longo de todo o percurso escolar. Este estudo serve para reflectirmos, com vista ao prazer de “fazer” Matemática e, só assim, com tentativas, mudanças de comportamentos e metodologias se poderá caminhar/atingir o sucesso.

6.2. Trabalhos futuros

Reflectindo sobre o trabalho desenvolvido e nas conclusões apresentadas, fazemos um balanço muito positivo da experiência realizada. Sabemos, no entanto, que o campo de aplicações é vasto e que existem diversos factores que de forma directa ou indirecta limitam o alcance e a generalização dos resultados obtidos.

Indo de encontro a diversos autores, é importante continuar a centrar estudos nesta área da RV aplicada à Educação Matemática e à Geometria. Deixamos assim, abaixo, algumas sugestões para trabalhos que venham a ser realizados neste campo.

- Desde logo a realização de um estudo similar a este, mas com uma amostra substancialmente mais numerosa.
- Sugerimos também o desenvolvimento de novos modelos RV proporcionando aos alunos um estudo mais autónomo, mais criativo e autêntico, num leque mais alargado de temas da Geometria.
- Por fim, mas não menos sugestiva, a ideia de trabalhar a Geometria com Realidade Aumentada, proporcionando sem monitores, teclados ou ratos, uma autenticidade única na percepção de conteúdos tridimensionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, P. (1997). A tecnologia no currículo de Matemática: Dez anos de investigação em Portugal. *Educação e Matemática*, 45, 27-31.
- Adams, L. (1994). *Visualization & Virtual Reality - 3D Programming with Visual Basic for Windows*. New York, Windcrest/McGrawHill.
- Almeida, C. e Viseu, F. (2002). Interpretação gráfica das derivadas de uma função por professores estagiários de matemática. *Revista Portuguesa de Educação*, 15 (1), pp. 193-219.
- Almeida, J. e Pinto, J. M., (1995). *A Investigação nas ciências sociais*. Lisboa: Editorial Presença.
- Ames, A., Nadeau, D. e Moreland, J. (1996). *The VRML sourcebook*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- APM (1988). *Renovação do currículo de Matemática*. Lisboa: APM.
- APM (1998). *Matemática 2001: Diagnóstico e recomendações para o ensino e aprendizagem da Matemática*. Lisboa: APM.
- Aquino, M. (2007). *VEPersonal – Uma infraestrutura para geração e manutenção de ambientes virtuais adaptativos*. Tese de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 187 pp.
- Barros, D. e Amaral, S. (2007). *Instrumento de investigação sobre os estilos de uso do espaço virtual*. Retirado a 29 de Novembro de 2008, de <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/53-DVM.pdf>
- Bell, J. e Fogler, H. (1998). Virtual Reality in chemical engineering education. *Proceedings of the 1998 ASEE North Central Meeting*, University of Detroit Mercy, Detroit, MI, 3-4 April, 1998.

- Bidarra, J. (2007). *Apontamentos da Unidade 2 - A Criação de Materiais Multimédia*. Duração de 2 de Outubro a 14 de Dezembro de 2007. Curso de Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia da Universidade Aberta, Lisboa.
- Bidarra, J. (2007). *Apontamentos da Unidade 3 - Os Sistemas Hipermedia Interactivos da Disciplina de Concepção de Hiperespaços para Aprendizagem*. Duração de 2 de Outubro a 14 de Dezembro de 2007. Curso de Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia da Universidade Aberta, Lisboa.
- Bidarra, J. e Cardoso, V. (2007). The emergence of the exciting new Web 3.0 and the future of Open Educational Resources. *Proceedings of the EADTU's 20th Anniversary Conference*, Universidade Aberta, Lisboa, Portugal, 8-9 Novembro, 2007. Retirado a 3 de Dezembro de 2008, de <http://www.eadtu.nl/conference-2007/files/OER6.pdf>
- Bimber, O. e Raskar, R. (2005). *Spatial augmented reality Merging real and virtual worlds*. Retirado a 19 de Abril de 2008, de <http://www.uniweimar.de/medien/ar/SpatialAR/book.htm>
- Bogdan, R. e Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação – Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Briggs, John. (1996). *The promise of Virtual Reality*. Retirado a 12 de Maio de 2008, de http://project.cyberpunk.ru/idb/virtualreality_promise.html
- Brutzman, D. e Daly, L. (2007). *X3D: Extensible 3D graphics for Web authors*. [versão electrónica]. Morgan Kaufmann Publishers.
- Burdea, G. C. e Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality technology*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- *Calculadoras gráficas: mais um elo na cadeia da evolução da tecnologia educativa*. (n.d.). Retirado a 26 de Março de 2008, de http://www.mat.uc.pt/~jaimecs/calc_graf1.html

- Cardoso, A. e Machado, L. (2006). Fundamentos de Realidade Virtual. In Kirner, C., Siscouto, R. e Tori, R. (Eds.). *Dispositivos de entrada e saída para sistemas de Realidade Virtual*, pp. 39-50. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação.
- Cardoso, M. (1995). *O papel da calculadora gráfica na aprendizagem de conceitos de análise matemática*. Lisboa: APM.
- Cardoso, V. (2005). New roles for synchronous communication in on-line education: the Odisseia model for site structure integration. *INNET'05 – First International Conference of Innovative Views of NET Technologies*, Porto, 21-22 Junho, Instituto Superior de Engenharia do Porto/Microsoft. Retirado a 3 de Dezembro de 2008, de http://w2ks.dei.isep.ipp.pt/labdotnet/files/IVNET/Odisseia_p.pdf
- Cardoso, V., Cardoso, C. e Sorensen, M. (2006). Grand Prix Race Teams: Mundo virtual multiutilizador de corridas de automóveis. *Revista de Ciências da Computação, Vol. I, Ano I, 2006, n.º 1*. Retirado a 3 de Dezembro de <http://www.moodle.univ-ab.pt/moodle/mod/resource/view.php?id=7092>
- Carey, R. e Bell, G. (1997). *The annotated VRML 2.0 reference manual*. USA: Addison-Wesley Developers Press.
- Carvalho, A., Simões, A. e Silva, J. (2004). Indicadores de Qualidade e de Confiança de um Site. In Alves, M. P. e Machado, E. A. (Eds.). *Actas das II Jornadas da Secção Portuguesa da ADMEE: A avaliação e a validação das competências em contextos escolares e profissionais*, pp. 19-21. Braga, Portugal: CIED, IEP.
- Carvalho, C., Gorgulho, I. e Torres, J. (2003). *Formação a distância*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Departamento de Educação.
- Castro, E. e Castro, E. (1997). Representaciones y Modelización. In Rico, L. (Ed.). *La educación matemática en la enseñanza secundaria*, pp. 95-124. Espanha: Horsori Editorial.

- César, M., Torres, M., Caçador, F. e Candeias, N. (1998). *E se eu aprender contigo? A interação entre pares e a apreensão de conhecimentos matemáticos*. Retirado a 26 de Setembro de 2008, de <http://www.spce.org.pt/sem/MCe.pdf>
- Clements, K. (1981). Visual imagery and school mathematics. In *Proceedings of the 5th Annual Conference of MERGA* (pp. 21-24). Adelaide, Austrália.
- Coombs, N. (1992). Teaching in the information age. (Coutinho, L., Tradução portuguesa). *EDUCOM Review*, 27 (2), Março-Abril. Retirado a 26 de Março de 2008, de http://edutec.net/Textos/Alia/PROINFO/prf_txtie03.htm
- Costa, C. (2000). *Visualização, veículo para a educação em Geometria*. Retirado a 28 de Julho de 2008, de <http://www.spce.org.pt/sem/cc.pdf>
- Costa, C. (2002). *Processos mentais associados ao pensamento matemático avançado: Visualização*. Retirado a 28 de Julho de 2008, de <http://www.spce.org.pt/sem/17conceicao-costa.pdf>
- Couch, J. (1997). The basics. In Roehl, B. (Ed.). *Late night VRML 2.0 with Java*. U.S.A.: MacWilliam Computer Publishing.
- Coutinho, C. (2005). Construtivismo e investigação em hipermédia: aspectos teóricos e metodológicos, expectativas e resultados. In Baralt, J., Callaos, N. e Sánchez, B. (Eds.). *Memórias da 4^a Conferência Iberoamericana em Sistemas, Cibernética e Informática - CИСCI 2005*, Vol. I, Orlando, FL, 68-73. Retirado a 8 de Outubro de 2008, de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4386/1/CИСCI%202005.pdf>
- Crato, N. (2006). *O 'eduquês' em discurso directo - Uma crítica da pedagogia romântica e construtivista* (3^aed.). Lisboa: Gradiva.
- Crook, C. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. Madrid: Ministério de Educación y Cultura, Ediciones Morata, S.L.

- Davis, P. e Hersh, R. (1995). *A experiência matemática*. Lisboa: Gradiva.
- DelGrande, J. (1990). Spatial Sense. *Arithmetic Teacher*, Fev, pp. 14-20.
- Dias, P. (2000). Hipertexto, hipermédia e média do conhecimento: representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na Web. *Revista Portuguesa de Educação*, 13 (1), pp. 141-167.
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H. e Glück, J. (2006). Virtual and Augmented Reality as spatial ability training tools. In *Proceedings of the CHINZ 2006*. Christchurch, Nova Zelândia 6-7 Julho, pp. 125-132, University of Canterbury. Retirado a 30 de Setembro de 2008, de http://www.ims.tuwien.ac.at/publication_detail.php?ims_id=214
- Feiner, S., Rosenblum, L. J. e Bryson, S. (1995). Virtual Reality unbound. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 15 (5), pp. 19-21.
- Feldman, R., Papalia, D. e Olds, S. (2001). *O Mundo da criança*. McGraw Hill.
- Fernandes, A. (n.d.). *VRML Interactive Tutorial*. Retirado a 3 de Julho de 2008, de <http://www.lighthouse3d.com/vrml/tutorial/index.shtml?intro>
- Fernandes, J. e Vaz, O. (1998). Porquê usar tecnologias nas aulas de Matemática. *Boletim da SPM*, 39, pp. 43-55.
- Figueiredo, A. e Afonso, A. (2006). Context and learning: A philosophical Framework. In Figueiredo, A. e Afonso, A. (Eds.). *Managing learning in virtual settings: The role of context*. USA: Ideia Group Inc.
- Fino, C. (2001). Vygotsky e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, 14 (2), pp. 273-291.

- Fiolhais, C. e Trindade, J. (1999). *Concepção de Ambientes Virtuais: descrição e apresentação de um caso prático. 1.º Simpósio Ibérico de Informática Educativa*. Universidade de Aveiro. Retirado a 15 de Maio de 2008, de http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art9/art9.htm
- Freitas, C. V. (2003). *O projecto Valnet-itcole, Teorias da aprendizagem: a teoria que fundamenta o projecto*. Retirado a 23 de Novembro de 2007, de http://www.nonio.uminho.pt/fle3_manual/teorias_valnet.pdf
- Gorgorio, N. e Jones, K. (1996). Elements of the visualization process within a dynamic geometry environment. Invited paper presented to *Topic group on The Future of Geometry at the 18th International Congress on Mathematical Education*, Seville, Spain, 14-21 Julho, 1996, 6pp.
- Gradecki, J. (1994). *The Virtual Reality construction kit*. New York: John Wiley and Sons.
- Gravina, M. e Santarosa, L. (1998). *A aprendizagem da matemática em ambientes informatizados*. Retirado a 28 de Abril de 2008, de http://www.miniweb.com.br/Ciencias/artigos/aprendizagem_mat.pdf
- *Hip, Hype, and Hope: The faces of Virtual Reality*. (n.d.). Retirado a 3 de Setembro de 2008, de <http://www.cs.virginia.edu/csnews/show.php?artID=203>
- Jófili, Z. (2002, Dezembro). Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. *Educação: Teorias e Práticas*, Ano 2, n.º 2, pp. 191-208.
- Karagiorgi, Y. e Symeou, L. (2005). Translating Constructivism into instructional design: Potential and limitations. *Educational Technology & Society*, 8 (1), 17-27.
- Kerckhove, D. de (1995). *A pele da cultura*. Lisboa: Relógio d'Água, Editores.

- ✚ Kirner, C. e Tori, R. (2006). Fundamentos de Realidade Virtual. In Kirner, C., Siscouto, R. e Tori, R. (Eds.). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada* (pp. 2-21). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação.
- ✚ Kishino, F. e Milgram, P. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, **E77-D**, 12. Retirado a 6 de Maio de 2008, de http://etclab.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html
- ✚ Laborde, C. (1993). The computer as part of learning environment: the case of Geometry. In Keitel, C. e Ruthen, K. (Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and tecnologia*, pp 48-67. Berlin: Springer-Verlag.
- ✚ Latta, J. N. e Oberg, David J. (1994). A Conceptual Virtual Reality Model. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 23-29.
- ✚ Leston, J. (1996). Virtual Reality: The It Perspective. *Computer Bulletin*, pp. 12- 13.
- ✚ Levy, P. (1996). *O que é o Virtual?* São Paulo: Editora 34.
- ✚ Lima, J. e Capitão, Z. (2003). *e-learning e e-conteúdos* (1.^a ed.). Lisboa: Centro Atlântico.
- ✚ Lockitt, B. (1999). *Right tools for the job: evaluating multimedia, flexible and open learning materials*. [Versão electrónica]. London: FEDA. Retirado a 20 de Julho de 2008, de http://www.12watchconsultancy.co.uk/index_files/Publications.htm
- ✚ Manssour, I. e Freitas, C. (2002). Visualização Volumétrica. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, **9** (2), pp. 97-126. Retirado a 14 de Julho de 2008, de <http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/manssour/Manssour-RITA2002.pdf>
- ✚ Miller, J. (1993). *Exploring the New World*. Retirado a 2 de Maio de 2008, de <http://www.cs.virginia.edu/csnews/show.php?artID=208>

- ME e GAVE. (2002). *Conceitos fundamentais em jogo na avaliação da literacia matemática e competências dos alunos portugueses*. PISA 2000 (Programme for International Student Assessment). Retirado a 14 de Julho de 2008, de http://www.gave.min-edu.pt/np3content/?newsId=33&fileName=conceitos_literacia_matematica.pdf
- Mitchelmore, M. (1976). Cross-cultural on concepts of space and geometry. In Martin, J. (Ed.), *Space and Geometry*, pp. 143-184. Georgia: The Georgia Center for the study of learning and teaching mathematics and the Department of Mathematics Education, University of Georgia.
- Morais, C. e Miranda, L. (2008). *Estilos e percepções dos alunos sobre o ensino e aprendizagem da Matemática*. Retirado a 29 de Novembro de 2008, de <http://www.seiem.es/publicaciones/archivospublicaciones/actas/Actas12SEIEM/Appendix23MoraisMiranda.pdf>
- Moran, J. M. (1994). Interferências dos meios de comunicação no nosso conhecimento [Versão electrónica]. *Revista Brasileira de Comunicação*. **17**: 38-49.
- Naeve, A. e Nilsson, M. (2004). *ICT Enhanced Mathematics Education*. Retirado a 17 de Julho de 2008, de <http://kmr.nada.kth.se/papers/MathematicsEducation/ICME2004-ICT-enhanced-math-ed.pdf>
- NCTM (1991). *Normas para o currículo e a avaliação em Matemática escolar* (Tradução portuguesa). Lisboa: APM e Instituto de Inovação Educacional. (Obra original publicada 1989).
- Neto, D. (2001). *Difícil é sentá-los. A educação de Marçal Grilo*. Lisboa: Oficina do Livro.
- Nielsen, J. (2003). *Usability 101: Introduction to usability*. Retirado a 27 de Novembro de 2008, de <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>

- Niesslein, J. (1993). *No Sex, Just Bunny*. Retirado a 25 de Abril de 2008, de <http://www.cs.virginia.edu/csnews/show.php?artID=210>
- Okada, A., Barros, D. e Santos, L. (2008). Discutindo estilos de aprendizagem com tecnologias do projeto OpenLearn para videoconferência e mapeamento do conhecimento. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 2 (2), pp.2-19. Retirado a 29 de Novembro de 2008, de http://www.uned.es/revistaestilosdeaprendizaje/numero_2/artigos/lsr_2_octubre_2008.pdf
- Oliveira, V. e Fischer, M. (1996). A microinformática como instrumento de construção simbólica. In Oliveira, V. (Org.). *Informática em Psicopedagogia*, São Paulo, SENAC V. e Bossa, N. (Orgs.). *Avaliação psicopedagógica do adolescente*. Petrópolis, Vozes.
- Othman, F. (submetido a 07/01/2002). History of VR. In *Virtual Reality TVR 3101*. Retirado a 16 de Novembro de 2008, de http://pesona.mmu.edu.my/~ypwong/yr2001sem3/tvr3101vr/assignment1/VR_partA.doc
- Pacheco, J. A. (1995). *A Avaliação dos alunos na perspectiva da reforma: Propostas de trabalho*. Porto: Porto Editora.
- Packer, R. e Jordan, K. (Ed). (2001). *Multimedia: From Wagner to Virtual Reality*. USA: W. W. Norton & Company.
- Pantelidis, V. e Vinciguerra, D. (Eds.). (1995). What is Virtual Reality? [Versão electrónica]. *VR in the Schools*, 1, 1. Retirado a 12 de Maio de 2008, de <http://vr.coe.ecu.edu/pub.htm>
- Pimentel, K. e Teixeira, K. (1993). *Virtual Reality through the new looking glass*. New York: McGraw-Hill.

- ✚ Pinho, M. e Kirner, C. (1997). Uma Introdução à Realidade Virtual. Minicurso do X *Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*, 14-17 Outubro 1997, São Paulo: Campos de Jordão. Retirado a 3 de Julho de 2008, de <http://mirrorimpa.br/sibgrapi97/cursos/rvirtual.html>
- ✚ Pollo, L. (1997). *Software para a geração automática de modelos 3D em VRML*. Retirado a 3 de Julho de 2008, de <http://www-usr.inf.ufsm.br/~pollo/TG/>
- ✚ Ponte, J. P. (1997). *As novas tecnologias e a educação*. Lisboa: Texto Editora.
- ✚ Ponte, J. P. (1997). O ensino da Matemática na Sociedade da Informação (Editorial). *Educação e Matemática*, **45**: 1-2.
- ✚ Ponte, J. P. (2002). O ensino da matemática em Portugal: Uma prioridade educativa? *Conferência realizada no seminário "O ensino da Matemática: Situação e Perspectivas"*. Conselho Nacional de Educação, Lisboa, 28 de Novembro de 2002.
- ✚ Pouts-Lajus, S. e Riché-Magnier, M. (1998). *A escola na era da Internet: os desafios do multimédia na educação*. Lisboa: Instituto Piaget.
- ✚ Presmeg, N. (1992). Prototypes, metaphors, metonymies and imaginative rationality in high school mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, *23*, 595-610.
- ✚ Presmeg, N. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, *6* (3), 42-46.
- ✚ Quivy, R. e Campenhoudt, L. (1998). *Manual de investigação em ciências sociais* (2ªed). Lisboa: Editora Gradiva, 2.ª Edição.
- ✚ Ralha, E. (n.d.). Metodologia da Geometria. In Ralha, E., Oliveira, A., Loureiro, C. e Bastos, R. *Brochura de Geometria 10º ano*. Ministério da Educação, Departamento do ensino Secundário. Retirado a 21 de Setembro de 2008, de http://www.dgicd.min-edu.pt/mat-no-sec/brochuras.htm#Geometria_10

- Rheingold, H. (1997). *Realidade Virtual*. Lisboa: Vega, Lda.
- Rosenblum, L., Burdea, G. e Tachi, S. (1998). VR Reborn. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 21-23.
- Russel, S. e Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. New Jersey: Prentice Hall.
- Salisbury, K., Conti, F. e Barbagli, F. (2004). Haptic rendering: introductory concepts. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24 (2), pp. 24-32.
- Santos, L., Serrazina, L., Veloso, E., Rocha, I., Albuquerque, C. e Nápoles, S. (2005). *A matemática na formação inicial de professores. Documento para discussão*. Retirado a 20 de Setembro de 2008, de <http://www.eduardoveloso.com/pdfs/matprof.pdf>
- Schweber, Erik Von. e Schweber, Linda Von. (1995). *Virtual Reality-Virtual Here*. Retirado a 12 de Maio de 2008, de <http://www.infomaniacs.com/VR/VR-Virtually-Here.htm>
- Shaffer, J. (n.d.) *Virtual Reality in Education*. Retirado a 16 de Julho de 2008, da Web site da New Horizons for Learning: <http://www.newhorizons.org/strategies/technology/shaffer.htm>
- Shaw, C., Green, M., Liang, J. e Sun, Y. (1993). *Decoupled Simulation in Virtual Reality with the MR Toolkit*. *ACM Transactions on Information Systems*, 11 (3), pp. 287-317.
- Silva, J. (1999). *O desafio da Matemática experimental*. Retirado a 16 de Julho de 2008, da Web site da Universidade de Coimbra: <http://www.mat.uc.pt/~jaimecs/pessoal/experim.html>

- ✚ Silva, J., Fonseca, M., Martins, A., Fonseca, C. e Lopes, I. (2001). *Matemática B 10 ou 11º anos*. Ministério da Educação, Departamento do ensino Secundário. Retirado a 20 de Setembro de 2008, de http://www.dgide.min-edu.pt/programs/prog_hom/matematica_b_10_homol.pdf
- ✚ Silva, J. (2003). A matemática, a tecnologia e a escola. *Educação e Matemática*, 71, 1.
- ✚ Silva, M. (1997). *Diagnóstico sistémico da sociedade pós-industrial*. Universidade de Lisboa. Retirado a 2 de Setembro de 2008, de <http://bocc.ubi.pt/pag/silva-lobes-DIAGNoSTICO-SISTeMICO.pdf>
- ✚ Silva, R. e Silva, A. (2005). *Educação, Aprendizagem e Tecnologia. Um paradigma para professores do Séc. XXI*. Lisboa: Edições Sílabo.
- ✚ Silva, R. e Andrade, A. (2008). Gestão de estilos de aprendizagem. Retirado a 29 de Novembro de 2008, de http://www.porto.ucp.pt/feg/docentes/aandrade/publicacoes/sii08/SIIE_08-3-AA-RS.pdf
- ✚ Solano, A. e Presmeg, N. (1995). Visualization as a relation of images. *Proceedings of PME XIX*, Recife, 3, pp. 66-73.
- ✚ Soveral, A. e Silva, C. (2007). *Matemática A – Geometria no Plano e no Espaço I, volume 1*. Lisboa: Texto Editores, Lda.
- ✚ Sprinthal, N. e Sprinthal, R. (2001). *Psicologia Educacional*. McGraw Hill.
- ✚ Sulbaran, T. e Smith, T. (2003). A proposed pedagogical approach to secondary math and science utilizing distributed Virtual Reality environments. In Crawford, C. (Eds.). *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2003*, pp. 2958-2960. Chesapeake, VA: AACE.

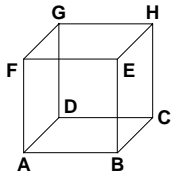
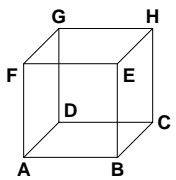
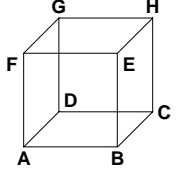
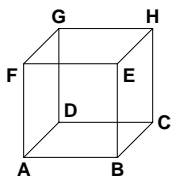
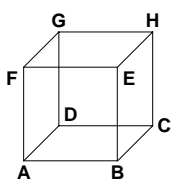
- ☛ Thomasson, L. (1991). *Computer-made “Virtual Reality” Opening Unlimited Possibilities*. Retirado a 2 de Maio de 2008, de <http://www.cs.virginia.edu/csnews/show.php?artID=216>
- ☛ Veloso, E. (1993). *Problemas e actividades em Geometria elementar*. Lisboa: Ministério da Educação: Gabinete de Estudos e Planeamento (GEP).
- ☛ Vendruscolo, F., Dias, J., Bernardi, G. & Cassal, M. (2005). Escola TRI-Legal – Um ambiente virtual como ferramenta de apoio ao ensino fundamental através de jogos educacionais. *Colabor@*, 3 (9). Retirado a 2 de Janeiro de 2008, de http://www.ricesu.com.br/colabora/n9/artigos/n_9/pdf/id_03.pdf
- ☛ Verne, J. (1995). *O dia de um jornalista americano no ano 2889*. Lisboa: Editor Vega.
- ☛ Vince, J. (1995). *Virtual Reality Systems*. USA: Addison-Wesley Longman.
- ☛ Vince, J. (2004). *Introduction to Virtual Reality*. London: Spring-Verlag.
- ☛ Viseu, F. (2000). *Representações gráficas da derivada de uma função*. Braga: Universidade do Minho.
- ☛ Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development (pp. 79-91). In *Mind Society*. (M. Cole, Trans.). Cambridge, MA: Harvard University Press. Retirado a 9 de Outubro de 2008, de [http://www.comnet.ca/~pballan/Vygotsky\(1978\).htm](http://www.comnet.ca/~pballan/Vygotsky(1978).htm)
- ☛ Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design*. Morgan Kaufmann Publishers.
- ☛ Despacho Normativo 338/93 – Avaliação dos alunos do ensino secundário. Retirado a 20 de Setembro de 2008, de <http://site.esccb.pt/LinkClick.aspx?fileticket=v%2BPxCCK7IWA%3D&tabid=54&mid=496>

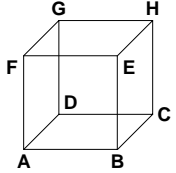
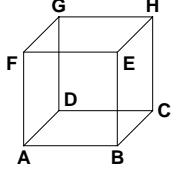
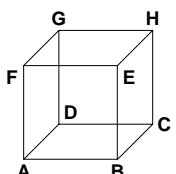
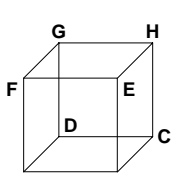
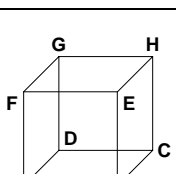
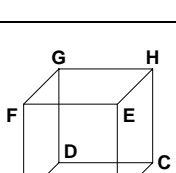
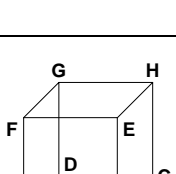
8. ANEXOS

ANEXO I

Secções do cubo

1. O cubo é um poliedro que, apesar da sua simplicidade, permite uma enorme diversidade no que diz respeito às secções nele obtidas, produzidas por um plano. Assim, o que te é proposto é que registes no quadro seguinte as conclusões que obtiveres, indicando a posição do plano de corte relativamente a um ou mais elementos do cubo (arestas, faces, diagonais faciais e diagonais espaciais).

Secção	Esboço da figura obtida	Posição do Plano de Corte
		
		
		
		
		

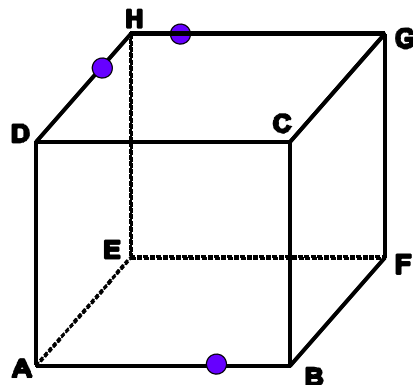
		
		
		
		
		
		
		

2. Haverá alguma posição do plano de corte, para que a secção obtida num cubo seja um pentágono regular? Justifica a resposta.

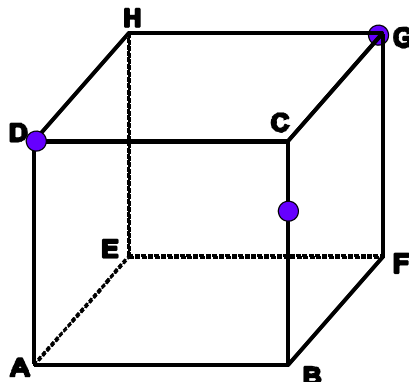
3. É possível obter polígonos com mais de seis lados? Justifica a resposta.

4. Desenha a secção do cubo segundo um plano que contenha os pontos assinalados.

4.1.



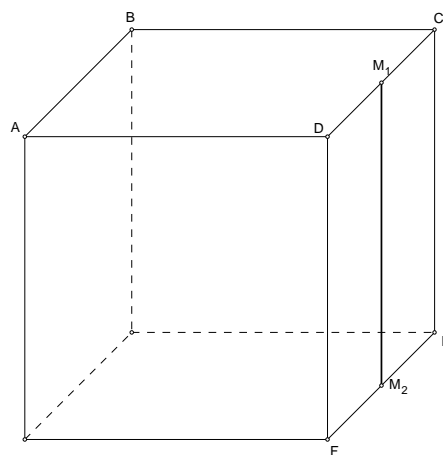
4.2.



5. Na figura está representado um cubo. M_1 e M_2 são pontos médios das respectivas arestas. Seja P um ponto situado algures na face $[ABCD]$. Numa pequena composição indica, justificando, que tipo de polígonos se podem obter quando “cortamos” o cubo pelo plano $M_1 M_2 P$, dependendo da posição de P .

Não deixes de referir:

- se a secção pode ser um quadrado;
- quais as secções com a maior área possível.



BOM TRABALHO!

ANEXO II

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para fins educativos é um desafio que se coloca cada vez mais e a todos os que directamente intervêm no processo ensino e aprendizagem. Este projecto visa perceber se a utilização de um modelo em Realidade Virtual melhora a aprendizagem no tema “Secções do Cubo”.

De modo a percebermos a tua opinião sobre este tipo de iniciativas gostaríamos que respondesses às questões a seguir colocadas.

O questionário é anónimo e é assegurada a total confidencialidade das tuas respostas. Obrigado!

Dados biográficos:

Curso: _____

Ano: _____

Idade: _____

Sexo: Feminino
 Masculino

De seguida encontrarás um conjunto de afirmações sobre o recurso produzido e a sua relevância no processo de aprendizagem. Indica, por favor, a intensidade com que concordas ou discordas de cada uma das afirmações, utilizando a escala seguinte:

Totalmente em desacordo 1 2 3 4 5 Totalmente de acordo

	1	2	3	4	5	Não tenho opinião
Com este recurso aprendo melhor do que com um livro						
É necessário alterar as configurações do computador para visualizar o modelo						
Aprendi coisas novas						
Há demasiada informação no ecrã						
Gostei das cores utilizadas						
Há botões em excesso						
As actividades de investigação são interessantes e despertam a minha curiosidade						
Senti-me seguro(a) quando usei este recurso						

Estou habituado a utilizar o computador nas aulas						
Acho difícil trabalhar com este recurso						
Tive um papel activo na aprendizagem						
Há poucas animações						
Sinto-me só a aprender utilizando este recurso						
O ecrã é agradável						
Preferia exposição da matéria pelo professor						
Fiquei motivado pelo uso de um modelo em Realidade Virtual						
Este método é eficaz						
Ganhei gosto pela Matemática						
Preferia aprender utilizando materiais manipuláveis						

O que mais gostaste no modelo apresentado? _____

E o que menos gostaste? _____

Que sugestões fazes para melhorar o modelo? _____

Acabaste o questionário. Por favor verifica que respondeste a todas as questões.

Obrigado pela tua colaboração! 😊

ANEXO III

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para fins educativos é um desafio que se coloca cada vez mais e a todos os que directamente intervêm no processo ensino e aprendizagem. Este projecto visa perceber se a utilização de um modelo em Realidade Virtual melhora a aprendizagem no tema “Secções do Cubo”.

De modo a percebermos a tua opinião sobre este tipo de iniciativas gostaríamos que respondesses às questões a seguir colocadas.

O questionário é anónimo e é assegurada a total confidencialidade das tuas respostas. Obrigado!

Dados biográficos:

Curso: _____

Ano: _____

Idade: _____

Sexo: Feminino
 Masculino

De seguida encontrarás um conjunto de afirmações sobre o recurso produzido e a sua relevância no processo de aprendizagem. Indica, por favor, a intensidade com que concordas ou discordas de cada uma das afirmações, utilizando a escala seguinte:

Totalmente em desacordo 1 2 3 4 5 Totalmente de acordo

	1	2	3	4	5	Não tenho opinião
Com este material aprendo melhor do que com um livro						
Aprendi coisas novas						
Não posso estudar ao meu ritmo						
As actividades de investigação são interessantes e despertam a minha curiosidade						
Gostaria de usar o computador nesta parte da matéria						
Continuo sem perceber para que serve esta matéria						

O professor apoiou e estimulou o uso das TIC						
Os computadores e a internet vão substituir os livros						
Estou habituado a utilizar o computador nas aulas						
Tive um papel activo na aprendizagem						
Este método é eficaz						
Ganhei gosto pela Matemática						
O computador torna a aprendizagem mais interessante						
Gostei de utilizar estes materiais manipuláveis						

O que mais gostaste nas aulas? _____

E o que menos gostaste? _____

Que sugestões fazes para melhorar os resultados neste conteúdo? _____

Acabaste o questionário. Por favor verifica que respondeste a todas as questões.

Obrigado pela tua colaboração! ☺

ANEXO IV

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para fins educativos é um desafio que se coloca cada vez mais e a todos os que directamente intervêm no processo ensino e aprendizagem. Este projecto visa perceber se a utilização de um modelo em Realidade Virtual melhora a aprendizagem no tema “Secções do Cubo”.

De modo a percebermos a tua opinião sobre este tipo de iniciativas gostaríamos que respondesses às questões a seguir colocadas.

O questionário é anónimo e é assegurada a total confidencialidade das tuas respostas. Obrigado!

Dados biográficos:

Curso: _____

Ano: _____

Idade: _____

Sexo: Feminino
 Masculino

De seguida encontrarás um conjunto de afirmações sobre o recurso produzido e a sua relevância no processo de aprendizagem. Indica, por favor, a intensidade com que concordas ou discordas de cada uma das afirmações, utilizando a escala seguinte:

Totalmente em desacordo 1 2 3 4 5 Totalmente de acordo

	1	2	3	4	5	Não tenho opinião
Preferia ser eu a descobrir as secções do que ouvir o professor a explicar a matéria						
Aprendi coisas novas						
Não posso estudar ao meu ritmo						
As actividades de investigação são interessantes e despertam a minha curiosidade						
Gostaria de usar o computador nesta parte da matéria						
Continuo sem perceber para que serve esta matéria						

O professor apoiou e estimulou o uso das TIC						
Os computadores e a internet vão substituir os livros						
Tive um papel activo na aprendizagem						
Estou habituado a utilizar o computador nas aulas						
Este método é eficaz						
Ganhei gosto pela Matemática						
O computador torna a aprendizagem mais interessante						
Gostaria de utilizar materiais manipuláveis						

O que mais gostaste nas aulas? _____

E o que menos gostaste? _____

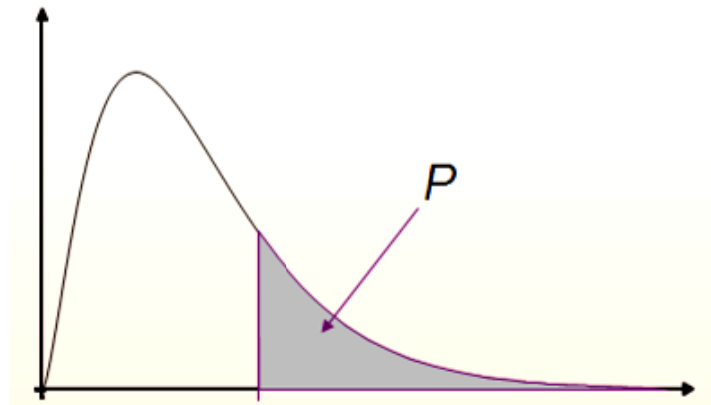
Que sugestões fazes para melhorar os resultados neste conteúdo? _____

Acabaste o questionário. Por favor verifica que respondeste a todas as questões.
 Obrigado pela tua colaboração! ☺

ANEXO V

Teste de independência do Qui-Quadrado: O teste do Qui-Quadrado serve para testar se duas ou mais populações independentes diferem relativamente a uma determinada característica, isto é, se a frequência com que os elementos da amostra se repartem pelas classes de uma variável nominal categorizada é ou não idêntica. Os dados, geralmente, organizam-se em tabelas de frequências.

Existem, como é óbvio, fórmulas para o cálculo do Qui-Quadrado, mas uma vez que não nos parece pertinente para o caso referenciá-las – até pelo grau de complexidade que exigem – vamos referir apenas os procedimentos para a execução do teste. Assim é necessário determinar H_0 , estabelecer o nível de significância e determinar a região de rejeição de H_0 :



No nosso caso:

1. H_0 : As variáveis são independentes; e
2. indo de encontro à situação mais tradicional optámos por $\alpha = 0,05$, o que corresponde a considerar razoável correr o risco de rejeitar uma hipótese nula verdadeira com probabilidade de 0,05, ou seja, uma em cada 20 vezes, em termos médios.

Com este tipo de regra de decisão em termos de valor de significância (p), rejeitamos H_0 se $p \leq 0,05$.

Correlação de Spearman: O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) é uma medida de associação não paramétrica entre duas variáveis ordinais. Usando a ordem das observações faz com que este coeficiente não seja sensível a assimetrias na distribuição, não exigindo que os dados sejam provenientes de amostras normais. Uma fórmula para o cálculo deste coeficiente é:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

em que n é o número de pares (x_i, y_i) e

$d_i =$

(postos de x_i dentre os valores de x) - (postos de y_i dentre os valores de y).

Quando os postos de x são exactamente iguais aos de y , então todos os valores de d serão zero, pelo que ρ será 1.

Sabe-se ainda que o coeficiente de Spearman varia entre -1 e 1, sendo que quanto mais perto estiver destes extremos, maior será a associação entre as variáveis. O sinal negativo indica-nos que as variáveis variam em sentido inverso, ou seja, as categorias mais elevadas de uma variável estão associadas a categorias mais baixas na outra variável.

Média:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

em que n é a dimensão da amostra e x_i ($i = 1, \dots, n$) representa cada um dos valores da variável x na amostra de dimensão n . Esta medida de tendência central só tem significado para variáveis do tipo quantitativo.

Caso seja necessário caracterizar com mais precisão a que ponto as observações se afastam do modelo, teremos de determinar a dispersão das observações relativamente à média. Surge a variância que é, se quisermos, uma reutilização da média, não sendo mais do que a média dos desvios quadráticos em relação à média. A variância exprime-se no quadrado das dimensões dos dados observados, e por isso é conveniente calcular a sua raiz quadrada, denominada **desvio padrão**:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Média e desvio padrão são o par ideal para transmitir os dados de forma muito simples através de uma ideia de localização – ponto de equilíbrio central – e de escala. Média e

desvio padrão são características amostrais muito eficientes, no entanto uma alteração de valor(es) para resultados elevados/reduzidos contagia fatalmente estas medidas.

Surge, assim, a necessidade de aplicar outras características de localização, menos eficientes mas mais resistentes a alterações. Falamos da **mediana** que se define como sendo o valor de x_i tal que, depois de ordenadas por ordem crescente/decrecente todas as observações da variável x , 50% das observações sejam superiores ou iguais à mediana e 50% sejam inferiores ou iguais à mediana. A mediana calcula-se (depois de ordenadas as observações) por:

$$\tilde{x} = \begin{cases} \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}, & \text{se } n \text{ par} \\ x_{\frac{n+1}{2}}, & \text{se } n \text{ ímpar} \end{cases}$$

onde n é a dimensão da amostra.

ANEXO VI

	sig			,19 0				,16 4		,55 7		,16 4					,16 8	,80 3		,69 4	,93 9	,29 6	,65 9	,14 0	,70 9	,54 5	.
	N			15				15		15		14					16	15		12	15	12	15	16	16	14	16