



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Informática

*Educational Modelling & Simulation  
for Kids*

*Proposta de uma Abordagem para o 1º ciclo do  
Ensino Básico*

**Carlos Jorge Gonçalves Brigas**

**Coimbra**

**2011**



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Informática

*Educational Modelling & Simulation  
for Kids*

*Proposta de uma Abordagem para o 1º ciclo do  
Ensino Básico*

**Carlos Jorge Gonçalves Brigas**

Tese submetida à  
Universidade de Coimbra  
para obtenção do grau de  
Doutor em Engenharia Informática  
Julho de 2011





Tese realizada sob a orientação da  
Professora Doutora Maria José Patrício Marcelino  
Professora Auxiliar do  
Departamento de Engenharia Informática da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade de Coimbra



*À Marinela e à Matilde pelo  
tempo e companhia a que tinham  
direito e este trabalho absorveu.*

*Aos meus Pais...*



## **Agradecimentos**

À Professora Doutora Maria José Patrício Marcelino, na qualidade de orientadora desta tese, agradeço as suas orientações, o apoio e a paciência demonstrada ao longo da elaboração deste trabalho.

À Professora Doutora Maria João Duarte Silva e à Professora Doutora Maria Cristina Azevedo Gomes por todo o apoio e esclarecimentos dados no decorrer deste projecto de investigação.

Um agradecimento muito especial à Marinela pelo incentivo e paciência nos momentos mais difíceis, aos meus Pais e ao meu Tio pelo apoio em momentos decisivos.

Desejo expressar também os meus agradecimentos a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.



## **Resumo**

No ensino das Ciências há a necessidade de avaliar o comportamento de sistemas dinâmicos. A análise desses sistemas pelos alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico é geralmente um processo complexo e que exige um grande esforço cognitivo. A representação e a explicação de processos através de modelos ou simulações educacionais possibilitam aos alunos a realização de actividades em que é mais fácil a compreensão destes processos e a descoberta das propriedades essenciais de um sistema. A realização de actividades de modelação ou simulação que promovam a interpretação e a compreensão de sistemas são actividades de aprendizagem em que os alunos têm a possibilidade de criar e testar as suas próprias percepções sobre um determinado fenómeno. Apesar deste tipo de actividades potenciar o desenvolvimento de capacidades como a reflexão, a tomada de decisão, a criatividade e a generalização a utilização destas actividades em contextos educativos é muito esporádica. As dificuldades sentidas pelos professores em utilizar este tipo de actividades prendem-se com os tipos de modelos que usualmente são utilizados para representar um sistema, as especificidades necessárias para representá-los, o grau de complexidade das ferramentas de modelação e de simulação para o fazerem e, por último, a falta de preparação para implementarem actividades práticas de investigação.

Neste trabalho de investigação apresentamos a metodologia *Modelling for Kids* de apoio ao desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação multissensoriais georreferenciadas para o 1º ciclo do Ensino Básico. Esta metodologia enumera um conjunto de normas que visam

assessorar o professor e o aluno na realização destas actividades. A metodologia identifica as estratégias, os contextos de utilização, as áreas curriculares onde podem ser inseridas estas actividades. Identifica também os processos de análise e de representação de sistemas dinâmicos. Devido à importância e às vantagens da informação multissensorial georreferenciada na aprendizagem, a metodologia também prescreve que professores e alunos usem este tipo de informação nas actividades de modelação e de simulação. Além disso, apresentamos a ferramenta-autor *Simulkids*, desenvolvida tendo em consideração as normas definidas na metodologia *Modelling for Kids* e que permitiu à equipa de investigação promover sessões de trabalho em várias escolas Portuguesas do 1º ciclo do Ensino Básico, nas quais participaram activamente os professores e os alunos, com o objectivo de comprovarmos as potencialidades da referida metodologia. As sessões de trabalho realizadas permitiram-nos atestar que os alunos têm as capacidades cognitivas necessárias para realizar actividades de modelação e de simulação, as quais podem fomentar a mudança dos processos de ensino/aprendizagem, tornando-os mais eficientes, motivadores e melhorando, inclusive, as aprendizagens.



## **Abstract**

In Science teaching there is the need to assess dynamic systems behaviour. Dynamic systems analysis by elementary school children is usually a complex process that demands a great cognitive effort. The representation and explanation of complex processes using models or simulations allow students to carry out educational activities in which it is easier to understand these processes and to discover the essential properties of a system. Carrying out simulation or modelling activities, that promote the interpretation and understanding of a system, are tasks where students can create and test their own perceptions about a particular phenomenon. Although these types of activities enhance the development of skills such as reflection, decision making, creativity and generalization, they are seldom used in Elementary Education. Teachers' difficulties in introducing modelling and simulation activities are due to the types of models that are usually used to represent a system, the specifics needed to represent them, the complexity of modelling and simulation tools available and, finally, the unpreparedness of teachers to implement research activities.

In this work we present the methodology *Modelling for Kids* to support the development of geo-referenced multisensory modelling and simulation activities for Elementary Education. This methodology states a set of rules with the objective to support the teacher and the student in implementing these activities. The methodology identifies the strategies, the contexts, the curriculum areas where these activities can be included. It also identifies the

processes of analysis and representation of dynamical systems Taking into consideration the importance and the advantages of geo-referenced multisensory information in the learning process the methodology also has instructions for teachers and students to use this kind of information in modelling and simulation activities.

Besides, we present the *Simulkids* authoring-tool, that was developed according to the criteria set by the *Modelling for Kids* methodology and that allowed the research team to promote working sessions in various Portuguese elementary schools, in which teachers and students were actively involved. These sessions had the aim of verifying the potential of the *Modelling for Kids* methodology. They also allowed us to attest that these students have the needed cognitive abilities to perform modelling and simulation activities, which can lead to a change in teaching and learning processes, making them more efficient, motivating and even improving learning.

# Índice Geral

<b>Capítulo I. Introdução</b>	<b>1</b>
I.1. Enquadramento	1
I.2. Projecto SchoolSenses@Internet	5
I.3. Motivação	8
I.4. Objectivos do trabalho	12
I.5. Metodologia de investigação	14
I.5.1 Método de Investigação Experimental	17
I.5.2 Método de Investigação Estudo de caso	20
I.5.3 Hipóteses de investigação	22
I.5.4 Recolha de dados e avaliação das aprendizagens	23
I.5.5 Etapas e procedimentos de investigação	25
I.5.6 Público-alvo e caracterização das escolas e das turmas	27
I.5.7 Planificação das oficinas	29
I.6. Estrutura da tese	30
<b>Capítulo II. Modelação e Simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico</b>	<b>33</b>
II.1. Introdução	33
II.2. Actividades de investigação e de experimentação e a aprendizagem das crianças	35
II.3. Raciocínio Causal e a aprendizagem das crianças	40
II.4. Modelação e Simulação em contexto educativo	43
II.5. Tipos de Modelos e de Programas de Simulação	47
II.6. Modelação e Simulação Qualitativas	48
II.6.1 Teoria Qualitativa Centrada em Restrições	54
II.6.2 Teoria Qualitativa Centrada em Componentes	54
II.6.3 Teoria Qualitativa Centrada em Processos	55
II.7. Análise de sistemas dinâmicos e concepção de modelos	56
II.8. Áreas curriculares de utilização da modelação e da simulação no 1º ciclo	63

II.9.	Aplicações de modelação e de simulação educacionais	65
II.9.1	Simulações fechadas	69
II.9.2	Ferramentas-autor de modelação e de simulação	77
II.9.3	Análise comparativa	96
II.10.	Conclusão	99

### **Capítulo III. Abordagens georreferenciadas e multissensoriais** 101

III.1.	Introdução	101
III.2.	Georreferenciação	102
III.2.1	Bing Maps	105
III.2.2	OpenStreetMap	108
III.2.3	NASA World Wind	110
III.2.4	Google Maps	111
III.2.5	WikiMapia	113
III.2.6	Google Earth	114
III.2.7	Análise Comparativa de ferramentas de georreferenciação	116
III.2.8	Georreferenciação na educação	118
III.3.	Informação multissensorial	121
III.3.1	Informação multissensorial no ensino da Matemática	123
III.3.2	Informação multissensorial no ensino das Línguas	126
III.3.3	Informação multissensorial no ensino do Estudo do meio	127
III.4.	Projectos de informação multissensorial georreferenciada	131
III.5.	Conclusão	139

### **Capítulo IV. Metodologia de apoio ao desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação** 141

IV.1.	Introdução	141
IV.2.	Metodologia Modelling for Kids	142
IV.2.1	Fase de planificação e implementação de actividades	142
IV.2.2	Fase de análise e representação de sistemas	153
IV.3.	Requisitos de uma ferramenta-autor de modelação e de simulação	164
IV.4.	Conclusão	167

### **Capítulo V. Ferramenta-autor de modelação e de simulação *Simulkids*** 173

V.1.	Introdução	173
V.2.	Metodologia adoptada para o desenvolvimento do Simulkids	175
V.3.	Tecnologias e ferramentas utilizadas e arquitectura da aplicação	177
V.4.	Ambiente de trabalho	182
V.4.1	Entidades e estados qualitativos	184
V.4.2	Definição de estados e informação multissensorial	186

V.4.3	Tabela de relacionamento	190
V.5.	Georreferenciação de modelos e de simulações	193
V.6.	Tipos de actividades	197
V.7.	Edição de conteúdos de apoio	198
V.8.	Execução de modelos	199
V.9.	Implementação de modelos	202
V.9.1	Do tipo causa-efeito	202
V.9.2	Do tipo entidade	207
V.9.3	Do tipo interacção	208
V.10.	Conclusão	211
<b>Capítulo VI. Validação das propostas apresentadas</b>		<b>213</b>
VI.1.	Introdução	213
VI.2.	Oficinas	214
VI.2.1	1ª oficina – Alterações climatéricas	214
VI.2.2	2ª Oficina – Análise do impacto da poluição nos rios	218
VI.2.3	3ª Oficina – Utilização de energias renováveis versus energias fósseis	224
VI.2.4	4ª Oficina – Avaliação do risco de incêndio florestal	229
VI.3.	Análise de resultados	237
VI.3.1	1ª oficina	237
VI.3.2	2ª Oficina	240
VI.3.3	3ª Oficina	241
VI.3.4	4ª Oficina	245
VI.4.	Actividades com professores	284
VI.5.	Conclusão	286
<b>Capítulo VII. Conclusão</b>		<b>289</b>
VII.1.	Introdução	289
VII.2.	Contribuições	291
VII.3.	Reflexões sobre trabalho futuro	297
<b>Bibliografia</b>		<b>299</b>
<b>Anexo A</b>		<b>323</b>
<b>Anexo B</b>		<b>325</b>
<b>Anexo C</b>		<b>327</b>



## Índice de Figuras

FIGURA I.1 – <i>HOMEPAGE</i> DO PROJECTO <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> .....	6
FIGURA II.1 – <i>HOMEPAGE</i> DO SÍTIO <i>FOSSWEB</i> . ....	70
FIGURA II.2 – <i>FOSSWEB</i> , SIMULAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ELEMENTOS.....	70
FIGURA II.3 – LISTA DE APLICAÇÕES E DE ACTIVIDADES DO SÍTIO <i>BITESIZE</i> .....	71
FIGURA II.4 – CONTEÚDOS DA SIMULAÇÃO <i>PLANTS GROW</i> .....	72
FIGURA II.5 – SIMULAÇÃO <i>PLANTS GROW</i> .....	72
FIGURA II.6 – <i>PLANT FORCE</i> , SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO DE UMA PLANTA. ....	73
FIGURA II.7 – <i>FOOD CHAIN</i> , SIMULAÇÃO DO MODELO PREDADOR-PRESA. ....	74
FIGURA II.8 – <i>SCIENCE SIMULATION</i> , PAINEL DE ACTIVIDADES. ....	75
FIGURA II.9 – <i>SCIENCE SIMULATION</i> , FASES DE CRESCIMENTO DE UMA PLANTA. ....	76
FIGURA II.10 – <i>SCIENCE SIMULATION</i> , SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO DE UMA PLANTA. ....	76
FIGURA II.11 – <i>SCIENCE SIMULATION</i> , DIÁRIO DE CRESCIMENTO DE UMA PLANTA.....	77
FIGURA II.12 – <i>SCRATCH</i> , COMANDOS DO <i>SPRITE SUN</i> NA APLICAÇÃO <i>WEATHER SIMULATION</i> . .80	
FIGURA II.13 – <i>AGENTSHEETS</i> , GALERIA DE AGENTES. ....	81
FIGURA II.14 – <i>AGENTSHEETS</i> , DEFINIÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS AGENTES. ....	81
FIGURA II.15 – <i>AGENTSHEETS</i> , <i>WORKSHEET</i> DE UMA SIMULAÇÃO.....	82
FIGURA II.16 – REPRESENTAÇÃO DE UM MODELO NO AMBIENTE <i>SABER</i> . ....	83
FIGURA II.17 – <i>SABER</i> , CÓDIGO DA ESTRUTURA DE CONTROLO. ....	84
FIGURA II.18 – METODOLOGIA <i>ABEA -AGENT BASED EDUCATIONAL ARCHITECTURE</i> .....	85
FIGURA II.19 – <i>STAGECAST</i> , EDIÇÃO DE UM MODELO. ....	86
FIGURA II.20 – <i>STAGECAST</i> , PROGRAMAÇÃO DO AGENTE <i>BEE</i> . ....	87
FIGURA II.21 – <i>MODELSCREATOR'S</i> , AMBIENTE DE TRABALHO DA FERRAMENTA. ....	88
FIGURA II.22 – <i>MODELSCREATOR'S</i> , LISTA DE ENTIDADES E SUAS RELAÇÕES.....	88
FIGURA II.23 – <i>MODELSCREATOR'S</i> , GESTOR DE ENTIDADES. ....	89
FIGURA II.24 – <i>GARP3</i> , MENU DE OPÇÕES.....	90
FIGURA II.25 – <i>GARP3</i> , ÁREA DE DEFINIÇÃO DE QUANTIDADES.....	91
FIGURA II.26 – <i>GARP3</i> , ÁREA DE DEFINIÇÃO DE <i>ESPAÇOS QUANTITATIVOS</i> . ....	92
FIGURA II.27 – <i>GARP3</i> , CENÁRIO DE UM MODELO POPULACIONAL. ....	92
FIGURA II.28 – <i>GARP3</i> , ÁREA DE DEFINIÇÃO DE PROCESSOS. ....	93

FIGURA II.29 – <i>GARP3</i> , ÁREA DE REPRESENTAÇÃO DE PROCESSOS ENTRE QUANTIDADES. ....	93
FIGURA II.30 – <i>GARP3</i> , GRAFO DE ESTADOS. ....	94
FIGURA II.31 – MAPA CONCEPTUAL QUE REPRESENTA UM ECOSISTEMA DE UM RIO. ....	95
FIGURA II.32 – AMBIENTE DE TRABALHO DA FERRAMENTA <i>BETTY'S BRAIN</i> . ....	96
FIGURA III.1 – <i>WEB MAPS</i> UTILIZADOS NA WEB. ....	104
FIGURA III.2 – FERRAMENTA <i>BING MAPS</i> . ....	105
FIGURA III.3 – APLICAÇÕES DISPONÍVEIS NO <i>BING MAPS</i> . ....	106
FIGURA III.4 – APLICAÇÃO <i>PHOTOSYNTH</i> NO <i>BING MAPS</i> . ....	107
FIGURA III.5 – APLICAÇÃO <i>EARTHQUAKES</i> NO <i>BING MAPS</i> . ....	107
FIGURA III.6 – PARTILHA DE MAPAS NO <i>BING MAPS</i> . ....	108
FIGURA III.7 – FERRAMENTA <i>OPENSTREETMAP</i> . ....	108
FIGURA III.8 – INSERÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CAMINHOS NO <i>OPENSTREETMAP</i> . ....	109
FIGURA III.9 – INSERÇÃO E EDIÇÃO DE LOCAIS NO <i>OPENSTREETMAP</i> . ....	109
FIGURA III.10 – FERRAMENTA <i>NASA WORLD WIND</i> . ....	110
FIGURA III.11 – FERRAMENTA <i>NASA WORLD WIND USGS</i> . ....	111
FIGURA III.12 – FERRAMENTA <i>GOOGLE MAPS</i> . ....	112
FIGURA III.13 – MAPA DO PROJECTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS E ELECTRÓNICOS, <i>GOOGLE MAPS</i> . ....	112
FIGURA III.14 – FERRAMENTA <i>WIKIMAPIA</i> . ....	113
FIGURA III.15 – <i>WIKIMAPIA</i> , DEFINIÇÃO DE UM LOCAL. ....	114
FIGURA III.16 – <i>WIKIMAPIA</i> , DESCRIÇÃO DE UM LOCAL. ....	114
FIGURA III.17 – FERRAMENTA <i>GOOGLE EARTH</i> . ....	115
FIGURA III.18 – <i>GOOGLE EARTH</i> , VISUALIZAÇÃO DE UM <i>PLACEMARK</i> . ....	116
FIGURA III.19 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , <i>PLACEMARK</i> DE ACTIVIDADES USANDO O <i>GOOGLE EARTH</i> . ....	120
FIGURA III.20 – UTILIZAÇÃO DE ÍCONES MULTISSENSORIAIS, WORKSHOP “ <i>HISTÓRIA COM CLIMA</i> ” - PROJECTO <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> . ....	130
FIGURA III.21 – DOCUMENTO CRIADO PELAS CRIANÇAS COM ÍCONES MULTISSENSORIAIS, WORKSHOP “ <i>HISTÓRIA COM CLIMA</i> ” - PROJECTO <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> . ....	130
FIGURA III.22 – <i>NATIONAL GEOGRAPHIC'S MY SHOT PHOTOGRAPHY MAPS</i> : INDONESIA. ....	132
FIGURA III.23 – SNIRH-JÚNIOR, RIOS DE PORTUGAL - RIO MONDEGO. ....	133
FIGURA III.24 – <i>FLICKR</i> , VISUALIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS GEORREFERENCIADAS. ....	134
FIGURA III.25 – <i>GREAT BRITISH SMELL MAP</i> , <i>PLACEMARK</i> ASSOCIADO A CHEIROS DE ESGOTOS. .....	135
FIGURA III.26 – <i>SCENTS AND THE CITY</i> , MAPA DE AROMAS. ....	136
FIGURA III.27 – <i>UK SOUND MAP</i> , MAPA DE SONS. ....	137
FIGURA III.28 – <i>SOUNDCITIES</i> , MAPA DE SONS. ....	138
FIGURA IV.1 – FASES DE PLANIFICAÇÃO DE UMA ACTIVIDADE DE MODELAÇÃO OU DE SIMULAÇÃO. ....	150
FIGURA IV.2 – APOIO À REALIZAÇÃO DE ACTIVIDADES DE MODELAÇÃO E DE SIMULAÇÃO. ...	152



FIGURA IV.3 – FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO.....	158
FIGURA IV.4 – FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UMA ACTIVIDADE DE MODELAÇÃO.....	159
FIGURA V.1 – <i>HOMEPAGE</i> DO PORTAL <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> . ....	174
FIGURA V.2 - FASES GENÉRICAS DO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE. ....	176
FIGURA V.3 – ARQUITECTURA DO SÍTIO DO <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> .....	179
FIGURA V.4 – ARQUITECTURA MVVM.....	180
FIGURA V.5 – ARQUITECTURA TÉCNICA DO <i>SIMULKIDS</i> . ....	180
FIGURA V.6 – ARQUITECTURA FUNCIONAL DO PORTAL <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> . ....	181
FIGURA V.7 – ARQUITECTURA FUNCIONAL DO <i>SIMULKIDS</i> .....	181
FIGURA V.8 – <i>SIMULKIDS</i> , AMBIENTE DE TRABALHO DA FERRAMENTA.....	182
FIGURA V.9 – <i>SIMULKIDS</i> , JANELA DE SELECÇÃO DO TIPO DE MODELO.....	183
FIGURA V.10 – <i>SIMULKIDS</i> , CRIAÇÃO DE UMA ENTIDADE.....	184
FIGURA V.11 – <i>SIMULKIDS</i> , DEFINIÇÃO DOS ESTADOS QUALITATIVOS DE UMA ENTIDADE.....	185
FIGURA V.12 – <i>SIMULKIDS</i> , FERRAMENTA GRÁFICA DE EDIÇÃO DE ELEMENTOS PARA A DEFINIÇÃO DUM ESTADO QUALITATIVO DE UMA ENTIDADE.....	186
FIGURA V.13 – <i>SIMULKIDS</i> , EXEMPLO DE ÍCONES MULTISSENSORIAIS. ....	187
FIGURA V.14 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO DO PORTAL. ....	188
FIGURA V.15 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , ÁREA DE GESTÃO DE SENTIDOS. ....	189
FIGURA V.16 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , ÁREA DE GESTÃO DO <i>CLIPART</i> .....	189
FIGURA V.17 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO PARA MODELOS DO TIPO CAUSA- EFEITO. ....	190
FIGURA V.18 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO DE UM MODELO DE TIPO CAUSA- EFEITO. ....	191
FIGURA V.19 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO DE UM MODELO DE TIPO <i>INTERACÇÃO</i> . ....	192
FIGURA V.20 – <i>SIMULKIDS</i> , <i>PLACEMARK</i> DE UM MODELO, USANDO O <i>GOOGLE EARTH</i> . ....	193
FIGURA V.21 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , EDIÇÃO DE UM <i>PLACEMARK</i> . ....	194
FIGURA V.22 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO GEORREFERENCIADA (SEM AFECTAÇÃO). ....	195
FIGURA V.23 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO GEORREFERENCIADA (COM AFECTAÇÃO). ....	196
FIGURA V.24 – <i>SIMULKIDS</i> , JANELA DE DEFINIÇÃO DE TIPO DE ACTIVIDADES.....	197
FIGURA V.25 – <i>SIMULKIDS</i> , JANELA DE EDIÇÃO DE CONTEÚDOS DE APOIO. ....	199
FIGURA V.26 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DE UM MODELO CAUSA-EFEITO. ....	200
FIGURA V.27 – <i>SIMULKIDS</i> , JANELA DE HISTÓRICO DE ESTADOS DURANTE A EXECUÇÃO DE UM MODELO/SIMULAÇÃO (REPRESENTAÇÃO TABULAR).....	201
FIGURA V.28 – <i>SIMULKIDS</i> , GRÁFICO DE HISTÓRICO DE ESTADOS DURANTE A EXECUÇÃO DE UM MODELO/SIMULAÇÃO (REPRESENTAÇÃO GRÁFICA). ....	202
FIGURA V.29 – <i>SIMULKIDS</i> , DEFINIÇÃO DO COMPORTAMENTO DA ENTIDADE <i>TEMPERATURA</i> . ....	204
FIGURA V.30 – <i>SIMULKIDS</i> , DEFINIÇÃO DA APARÊNCIA DE UM ESTADO QUALITATIVO.....	205

FIGURA V.31 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO AUMENTO DE TEMPERATURA GLOBAL.....	206
FIGURA V.32 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DO MODELO AUMENTO DE TEMPERATURA GLOBAL. .	206
FIGURA V.33 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO GEORREFERENCIADA DO MODELO CRESCIMENTO DE UMA PLANTA. ....	208
FIGURA V.34 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO DE INTERACÇÃO ENTRE DUAS ESPÉCIES. ....	209
FIGURA V.35 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DO MODELO DE INTERACÇÃO ENTRE DUAS ESPÉCIES. ....	210
FIGURA V.36 – <i>SIMULKIDS</i> , TABELA DE RELACIONAMENTO GEORREFERENCIADA DO MODELO DE INTERACÇÃO ENTRE DUAS ESPÉCIES. ....	211
FIGURA VI.1 – ECRÃ PRINCIPAL DA APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DA SESSÃO “ALTERAÇÕES CLIMATÉRICAS, CHEIAS/SECAS”.....	215
FIGURA VI.2 – ALUNOS E MEMBROS DA EQUIPA DE INVESTIGAÇÃO A UTILIZAR A SIMULAÇÃO “ALTERAÇÕES CLIMATÉRICAS, CHEIAS/SECAS”.....	217
FIGURA VI.3 – INFORMAÇÃO DE APOIO NA SIMULAÇÃO “ALTERAÇÕES CLIMATÉRICAS, CHEIAS/SECAS”.....	218
FIGURA VI.4 – ENTIDADES E ESTADOS DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS DEFINIDOS PELOS ALUNOS (1). ....	220
FIGURA VI.5 – ENTIDADES E ESTADOS DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS DEFINIDOS PELOS ALUNOS (2). ....	221
FIGURA VI.6 – SELECÇÃO DE IMAGENS PARA OS ESTADOS QUALITATIVOS DAS ENTIDADES DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS.....	221
FIGURA VI.7 – TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS (1).....	222
FIGURA VI.8 – TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS (2).....	223
FIGURA VI.9 – <i>SIMULKIDS</i> (1º PROTÓTIPO), EXECUÇÃO DE UM MODELO DE POLUIÇÃO NOS RIOS. ....	223
FIGURA VI.10 – IMAGENS RELACIONADAS COM A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E DE ENERGIA FÓSSIL. ....	225
FIGURA VI.11 – SELECÇÃO DE IMAGENS PARA REPRESENTAR CADA ESTADO QUALITATIVO DAS ENTIDADES DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. ....	227
FIGURA VI.12 – PREENCHIMENTO DA TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. ....	227
FIGURA VI.13 – EXEMPLO DE UMA TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. ....	228
FIGURA VI.14 – <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> , DESAFIO “INCÊNDIOS FLORESTAIS”.....	229
FIGURA VI.15 – FASE DE DEBATE NUMA DAS TURMAS DE CONTROLO DA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO.....	232
FIGURA VI.16 – MAPAS DE PORTUGAL QUE REPRESENTAM O RISCO DE INCÊNDIO EM JUNHO, AGOSTO E OUTUBRO DE 2010.....	233

FIGURA VI.17 – ACTIVIDADES DO GRUPO DE CONTROLO DA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO....	233
FIGURA VI.18 – EXECUÇÃO DE UM MODELO DO TIPO CAUSA-EFEITO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO).....	235
FIGURA VI.19 – ACTIVIDADE DE MODELAÇÃO DO GRUPO EXPERIMENTAL DA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO. ....	236
FIGURA VI.20 – RISCO DE INCÊNDIO, CONSTRUÇÃO DA TABELA DE RELACIONAMENTO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	236
FIGURA VI.21 – ALUNOS A UTILIZAR ÍCONES MULTISSENSORIAIS NA ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS DURANTE A OFICINA “ALTERAÇÕES CLIMATÉRICAS – CHEIAS/SECAS”.....	239
FIGURA VI.22 – <i>SIMULKIDS</i> , REPRESENTAÇÃO DE ENTIDADES DO MODELO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS.....	242
FIGURA VI.23 – <i>SIMULKIDS</i> , PREENCHIMENTO DA TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. ....	243
FIGURA VI.24 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DO MODELO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS.....	243
FIGURA VI.25 – CRIAÇÃO DE CONTEÚDOS, USANDO O PROCESSADOR DE TEXTO, SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	246
FIGURA VI.26 – EXEMPLO DE CONTEÚDOS CRIADOS NO DECORRER DE UMA DAS SESSÕES POR UMA ALUNA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO).....	246
FIGURA VI.27 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DE UM MODELO DO TIPO <i>CAUSA-EFEITO</i> (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	249
FIGURA VI.28 – EXEMPLOS DE MODELOS DESENVOLVIDOS NAS SESSÕES DE MODELAÇÃO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	250
FIGURA VI.29 – <i>SIMULKIDS</i> , EXECUÇÃO DE UM MODELO CONSTRUÍDO PELOS ALUNOS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	251
FIGURA VI.30 – MODELO “RESÍDUOS-HUMIDADE” CRIADO PELO GRUPO <i>FUNNY</i> (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	263
FIGURA VI.31 – MODELO “RESÍDUOS-HUMIDADE” CRIADO PELO GRUPO <i>BOMBEIROS ALERTA</i> (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	263
FIGURA VI.32 – MODELO “RESÍDUOS-HUMIDADE” CRIADO PELO GRUPO <i>OS 5 FIRE</i> (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	264
FIGURA VI.33 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 1 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	265
FIGURA VI.34 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 2 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	266
FIGURA VI.35 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 3 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	267
FIGURA VI.36 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 4 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	268

FIGURA VI.37 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 5 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). .....	269
FIGURA VI.38 – TABELA DE RELACIONAMENTO “TIPO DE FLORESTA-HUMIDADE”, MODELO 6 (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). .....	269

## Índice de Tabelas

TABELA I.1 – OFICINAS REALIZADAS. ....	28
TABELA II.1 – CAPACIDADES E PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUE OS ALUNOS PODERÃO DESENVOLVER. ....	40
TABELA II.2 – <i>COMPONENTS</i> , ESTADOS QUALITATIVOS E COMPORTAMENTO DO MODELO. ....	55
TABELA II.3 – ACTIVIDADES DE MODELAÇÃO OU DE SIMULAÇÃO - SOLOS. ....	64
TABELA II.4 – ACTIVIDADES DE MODELAÇÃO OU DE SIMULAÇÃO - CRESCIMENTO DAS PLANTAS. ....	65
TABELA II.5 – ANÁLISE COMPARATIVA DE FERRAMENTAS. ....	97
TABELA III.1 – ANÁLISE COMPARATIVA DE FERRAMENTAS DE GEORREFERENCIAÇÃO. ....	117
TABELA III.2 – SIGNIFICADOS DOS ÍCONES, WORKSHOP “ <i>HISTÓRIA COM CLIMA</i> ” - PROJECTO <i>SCHOOLSENSES@INTERNET</i> . ....	129
TABELA III.3 – ÍCONES MULTISSENSÓRIAS DO <i>GREAT BRITISH SMELL MAP</i> . ....	135
TABELA IV.1 – <i>TABELA DE RELACIONAMENTO ENVOLVENDO DUAS ENTIDADES</i> . ....	157
TABELA IV.2 – NORMAS DA METODOLOGIA <i>M4K</i> . ....	170
TABELA V.1 – TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SIMULKIDS. ....	177
TABELA V.2 – FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SIMULKIDS. ....	178
TABELA V.3 – ESTADOS QUALITATIVOS DO MODELO AUMENTO DE TEMPERATURA GLOBAL. ....	203
TABELA V.4 – TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO AUMENTO DE TEMPERATURA GLOBAL. ....	203
TABELA V.5 – ESTADOS QUALITATIVOS DA ENTIDADE <i>PLANTA</i> . ....	207
TABELA V.6 – ESTADOS QUALITATIVOS DAS ENTIDADES DO MODELO DE INTERACÇÃO ENTRE DUAS ESPÉCIES. ....	209
TABELA VI.1 – ENTIDADES E ESTADOS QUALITATIVOS DO MODELO DA POLUIÇÃO NOS RIOS. .....	220
TABELA VI.2 – ENTIDADES E ESTADOS DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. .....	226
TABELA VI.3 – TABELA DE RELACIONAMENTO DO MODELO DO MODELO ENERGIAS RENOVÁVEIS VERSUS FÓSSEIS. ....	228

TABELA VI.4 – GUIÃO DE ACTIVIDADES DAS SESSÕES DO GRUPO DE CONTROLO DA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO.....	231
TABELA VI.5 – GUIÃO DE ACTIVIDADES DAS SESSÕES DO GRUPO EXPERIMENTAL DA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO.....	234
TABELA VI.6 – GRUPO 1, CAUSAS E FACTORES QUE INFLUENCIAM A PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	247
TABELA VI.7 – GRUPO 2, CAUSAS E FACTORES QUE INFLUENCIAM A PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	247
TABELA VI.8 – GRUPO 3, CAUSAS E FACTORES QUE INFLUENCIAM A PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	248
TABELA VI.9 – GRUPO 4, CAUSAS E FACTORES QUE INFLUENCIAM A PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	248
TABELA VI.10 – GRUPO 5, CAUSAS E FACTORES QUE INFLUENCIAM A PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	248
TABELA VI.11 – TOTAL DE PRÉ-TESTES E DE PÓS-TESTES REALIZADOS NA OFICINA RISCO DE INCÊNDIO.....	252
TABELA VI.12 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>SHAPIRO-WILK</i> APLICADO AO PRÉ-TESTE (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	253
TABELA VI.13 – HISTOGRAMA E GRÁFICO <i>Q-Q PLOT</i> DOS DADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE NA TURMA DE CONTROLO 1. ....	254
TABELA VI.14 – HISTOGRAMA E GRÁFICO <i>Q-Q PLOT</i> DOS DADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE NA TURMA DE CONTROLO 2. ....	254
TABELA VI.15 – HISTOGRAMA E GRÁFICO <i>Q-Q PLOT</i> DOS DADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE NA TURMA EXPERIMENTAL 1. ....	254
TABELA VI.16 – HISTOGRAMA E GRÁFICO <i>Q-Q PLOT</i> DOS DADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE NA TURMA EXPERIMENTAL 2. ....	255
TABELA VI.17 – HISTOGRAMA E GRÁFICO <i>Q-Q PLOT</i> DOS DADOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE NA TURMA EXPERIMENTAL 3. ....	255
TABELA VI.18 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DESCRITIVOS OBTIDOS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO).....	256
TABELA VI.19 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PRÉ-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 -TURMA EXPERIMENTAL 1. ....	257
TABELA VI.20 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PRÉ-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 - TURMA EXPERIMENTAL 2. ....	257
TABELA VI.21 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PRÉ-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 2 - TURMA EXPERIMENTAL 3. ....	258
TABELA VI.22 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PÓS-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 -TURMA EXPERIMENTAL 1. ....	258
TABELA VI.23 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PÓS-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 -TURMA EXPERIMENTAL 2. ....	259

TABELA VI.24 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> APLICADO AO PÓS-TESTE ENTRE A TURMA DE CONTROLO 2 - TURMA EXPERIMENTAL 3. ....	259
TABELA VI.25 – APLICAÇÃO DO TESTE <i>T-STUDENT</i> PARA A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS EMPARELHADAS (PRÉ/PÓS-TESTE) DA TURMA DE CONTROLO 1. ....	259
TABELA VI.26 – APLICAÇÃO DO TESTE <i>T-STUDENT</i> PARA A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS EMPARELHADAS (PRÉ/PÓS-TESTE) DA TURMA DE CONTROLO 2. ....	260
TABELA VI.27 – APLICAÇÃO DO TESTE <i>T-STUDENT</i> PARA A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS EMPARELHADAS (PRÉ/PÓS-TESTE) DA TURMA EXPERIMENTAL 1. ....	260
TABELA VI.28 – APLICAÇÃO DO TESTE <i>T-STUDENT</i> PARA A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS EMPARELHADAS (PRÉ/PÓS-TESTE) DA TURMA EXPERIMENTAL 2. ....	260
TABELA VI.29 – APLICAÇÃO DO TESTE <i>T-STUDENT</i> PARA A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS EMPARELHADAS (PRÉ/PÓS-TESTE) DA TURMA EXPERIMENTAL 3. ....	260
TABELA VI.30 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> (AMOSTRAS INDEPENDENTES) APLICADO AOS GANHOS ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 - TURMA EXPERIMENTAL 1.	261
TABELA VI.31 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> (AMOSTRAS INDEPENDENTES) APLICADO AOS GANHOS ENTRE A TURMA DE CONTROLO 1 -TURMA EXPERIMENTAL 2.	261
TABELA VI.32 – RESULTADOS DA ANÁLISE DO TESTE <i>T-STUDENT</i> (AMOSTRAS INDEPENDENTES) APLICADO AOS GANHOS ENTRE A TURMA DE CONTROLO 2 -TURMA EXPERIMENTAL 3.	262
TABELA VI.33 – RESULTADOS DO PRÉ-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	271
TABELA VI.34 – RESULTADOS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	273
TABELA VI.35 – PROGRESSÃO ENTRE O PRÉ-TESTE E O PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO).....	274
TABELA VI.36 – RESULTADOS DO PRÉ-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	275
TABELA VI.37 – RESULTADOS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	277
TABELA VI.38 – PROGRESSÃO ENTRE O PRÉ E PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	278
TABELA VI.39 – RESULTADOS DAS PERGUNTAS SOBRE FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE GUARDA).....	279
TABELA VI.40 – RESULTADOS DAS PERGUNTAS SOBRE FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE COIMBRA). ....	280
TABELA VI.41 – RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DAS CORES DOS NÍVEIS DO RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE GUARDA). ....	281
TABELA VI.42 – RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DAS CORES DOS NÍVEIS DO RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE COIMBRA). ....	282
TABELA VI.43 – RESULTADOS DA DEFINIÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO NO PÓS-TESTE (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). ....	283





## Índice de Gráficos

GRÁFICO VI.1 – MÉDIAS OBTIDAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO) . . .	255
GRÁFICO VI.2 – RESULTADOS DO PRÉ-TESTE ÀS QUESTÕES EFEITOS E CAUSAS NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). . . . .	271
GRÁFICO VI.3 – RESULTADOS DO PRÉ-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA ÀS QUESTÕES SOBRE OS FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO) . . .	272
GRÁFICO VI.4 – RESULTADOS GLOBAIS ÀS QUESTÕES EFEITOS E CAUSAS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). . . . .	273
GRÁFICO VI.5 – RESULTADOS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DA GUARDA ÀS QUESTÕES SOBRE OS FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO) . . .	274
GRÁFICO VI.6 – RESULTADOS GLOBAIS ÀS QUESTÕES EFEITOS E CAUSAS DO PRÉ-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). . . . .	276
GRÁFICO VI.7 – RESULTADOS DO PRÉ-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA ÀS QUESTÕES SOBRE OS FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO. . . . .	276
GRÁFICO VI.8 – RESULTADOS GLOBAIS ÀS QUESTÕES EFEITOS E CAUSAS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). . . . .	277
GRÁFICO VI.9 – RESULTADOS DO PÓS-TESTE NAS TURMAS DA CIDADE DE COIMBRA ÀS QUESTÕES SOBRE OS FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO) . . .	278
GRÁFICO VI.10 – RESULTADOS DAS PERGUNTAS SOBRE FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE GUARDA). . . . .	280
GRÁFICO VI.11 – RESULTADOS DAS PERGUNTAS SOBRE FACTORES QUE INFLUENCIAM O RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE COIMBRA). . . . .	281
GRÁFICO VI.12 – RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DAS CORES DOS NÍVEIS DO RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE GUARDA). . . . .	282
GRÁFICO VI.13 – RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DAS CORES DOS NÍVEIS DO RISCO DE INCÊNDIO (PÓS-TESTE COIMBRA). . . . .	283
GRÁFICO VI.14 – RESULTADOS DA DEFINIÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO NO PÓS-TESTE (OFICINA RISCO DE INCÊNDIO). . . . .	284



# Capítulo I. Introdução

## I.1. Enquadramento

O conjunto de tecnologias a que chamamos Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) é, sem dúvida, a inovação que mais alterou a sociedade, pois a *“tecnologia está em tudo, a toda a hora, em qualquer lugar”* (Moran, 2005, p. 13). Nas últimas décadas, as TIC modificaram as mais diversas áreas onde nos movimentamos, alteraram a forma como interagimos com a sociedade, como adquirimos informação e como trabalhamos.

As TIC são ferramentas educativas com um enorme potencial e é incontornável a sua utilização no dia-a-dia da escola, independentemente da faixa etária ou do nível de ensino dos alunos. Podem ser utilizadas na melhoria dos processos de ensino/aprendizagem e facilitar inclusive a introdução de abordagens inovadoras. A sua utilização em contexto escolar deve também ser fomentada por razões sociais, uma vez que os alunos devem ser preparados para enfrentar uma sociedade tecnológica.

As TIC, e em especial os ambientes multimédia, proporcionam ambientes onde a descoberta pessoal e a experiência são vistas como ferramentas cognitivas que auxiliam a criança a agir e a pensar, permitindo-lhe também construir o seu próprio conhecimento. Permitem ainda redesenhar os

ambientes educativos, fornecendo meios que promovem ambientes colaborativos, interactivos e virtuais que possibilitam a execução de experiências que, devido às suas características, não poderiam ser realizadas de outra forma em ambiente de sala de aula tradicional (Legros & Crinon, 2002). Podem também constituir uma mais-valia para a eficácia e a eficiência da intervenção pedagógica, podendo inclusive levar a melhorias dos resultados de aprendizagem (Redecker, Ala-Mukta, & Punie, 2008).

Quando utilizadas segundo esta perspectiva, ou seja segundo um modelo construtivista, a aprendizagem é considerada como sendo um processo activo de construção de conhecimento, através de desafios cognitivos com que o aluno se depara, existentes entre aquilo que o aluno sabe e os novos desafios lançados a partir de novas tarefas ou problemas. Nesta perspectiva é o aluno que tem o papel mais importante na aprendizagem, passando a ser o construtor do conhecimento e o centro do processo de aprendizagem. A aprendizagem produz-se a partir da experiência, que não é entendida como uma simples transferência de conhecimento, mas como uma representação do mesmo. O processo de aprendizagem é um processo de construção e não de transmissão de conhecimento e as actividades são realizadas com o objectivo de auxiliar essa construção. O conhecimento não é intrínseco a cada objecto ou acontecimento, mas algo que é construído pelo aluno à medida que interage com os objectos que estão presentes no mundo que o rodeia, analisando acontecimentos e relacionando-os com as suas experiências anteriores, as suas crenças e a sua estrutura mental. O aluno é quem tem o protagonismo na aquisição do seu conhecimento. As atitudes e as acções que realiza permitem o seu desenvolvimento cognitivo. Estas acções podem ser observáveis e concretas ou actividades internas, como no caso das acções mentais de ordenação, de classificação ou de dedução, por exemplo.

No modelo construtivista o professor actua como um mediador do processo de aprendizagem. Os alunos tendem a aprender melhor quando são induzidos a descobrir as *coisas*. O professor deve organizar actividades que permitam, então, às crianças essa construção (Legros, Pembroke, & Talbi, 2002),

cabendo-lhe ainda o papel de criar as condições que o permitam fazer (Dias, 2000).

Piaget (1978) refere que o conhecimento é uma “experiência cognitiva” e que a sua construção ocorre constantemente através da interacção com os objectos ou processos. Para Piaget a aprendizagem é um processo dinâmico em que o aluno constrói o seu próprio conhecimento ao interagir com o mundo que o rodeia. O aluno constrói uma representação mental do conhecimento e uma interpretação pessoal da experiência que realiza ou observa (Bednar, Cunningham, Duffy, & Perry, 1991; Simons, 1993; Wilson, Teslow, & Osman-Jouchoux, 1995). O trabalho de Piaget tem ainda hoje um enorme impacto na utilização das TIC na educação. Segundo esta perspectiva, o software educativo deverá ser uma ferramenta que deve ser controlada pelas crianças e que possua uma arquitectura aberta que lhes permita construir o seu próprio conhecimento (Gillani, 2003).

As diversas correntes do construtivismo salientam que o processo de aprendizagem é um ajustamento dos modelos mentais que a criança constrói, através da adaptação, aceitação, apropriação, de forma a perceber as suas próprias experiências (Brooks & Brooks, 1997). As teorias construtivistas, nas suas diversas vertentes, “Construtivismo”, “Construcionismo”, etc., têm servido de referência para desenvolver muitos e variados ambientes de utilização e de integração das TIC na sala de aula (Legros & Crinon, 2002), entre os quais podemos referir (Brito, Duarte, Torres, Baía, Figueiredo, & Alves, 2002): simulações, programas de modelação, aplicações para aquisição de dados, aplicações multimédia, jogos educativos, linguagens de programação. A escolha dos programas a utilizar, muitas vezes, depende do contexto, das práticas comuns, dos conhecimentos dos alunos e dos professores, dos espaços, dos equipamentos e do software disponíveis.

Desde os anos oitenta do século XX, o governo Português promoveu um conjunto diversificado de projectos com a finalidade de promover a integração das TIC nos diferentes níveis de ensino (Ramos, Teodoro, Fernandes, Ferreira, & Chagas, 2010). Relativamente ao 1º ciclo do Ensino

Básico podemos referir os projectos *Minerva*, *Nónio Século XXI*, *uARTE*, *EDUTIC* e o projecto *Equipa de Missão Computadores, Redes e Internet na Escola*. Todos os projectos partilhavam o objectivo de estimular a utilização das TIC em ambientes educativos, através da formação de professores e alunos, do apoio à aquisição de equipamentos TIC e no desenvolvimento e na disseminação de conteúdos (Ramos, Teodoro, Fernandes, Ferreira, & Chagas, 2010). Mais recentemente, as iniciativas do Governo Português *e-Escola* e *e-Escolinha* possibilitaram a professores e alunos a aquisição de computadores. No caso do 1º ciclo do Ensino Básico foi distribuído a todos os alunos, a preços muito acessíveis, o computador *Magalhães* com o objectivo de promover o acesso à Sociedade da Informação, combater a infoexclusão e facilitar a utilização das TIC em ambiente de sala de aula.

Podemos referir um conjunto de funções que as TIC podem desempenhar no 1º Ciclo do Ensino Básico:

- Como recurso didáctico. Uma das formas mais comuns de utilização das TIC em ambiente educativo é utilizando-as como recursos didácticos através do uso de aplicações, jogos e exercícios que pretendem fomentar e desenvolver determinadas competências.
- Como ferramenta de apoio à produção de conteúdos pelos alunos. A simplificação, usabilidade crescente do software e o desenvolvimento de software específico para crianças tem permitido a edição e a construção de conteúdos, envolvendo meios como fotografia, vídeo e som, que até há alguns anos estavam limitadas a áreas muito específicas. A edição de conteúdos tornou-se um processo mais simples e eficaz, sem que seja exigido às crianças um elevado esforço cognitivo.
- Como fonte de informação. As TIC, e em particular a Internet, são um meio poderosíssimo que permite a pesquisa, o acesso e a transmissão de informação de uma forma *ilimitada*. A Internet possibilita a alunos e a professores o acesso a informação sobre os mais variados temas e mostrando diversas perspectivas. A pesquisa, selecção, análise e interpretação dos dados recolhidos possibilita aos alunos formularem

as suas próprias hipóteses. Resnick (1996) indica que a natureza descentralizada da Internet a torna adequada para a modelação e exploração colectiva de sistemas descentralizados, o que permite aos alunos serem capazes de desenvolver conceitos de fenómenos científicos. Para Resnick a Internet é mais do que uma fonte de informação; é um meio que permite aos alunos discutirem, partilharem e colaborarem na construção de determinados conceitos.

- Como local de debate, de colaboração e de partilha de ideias. Com a Web 2.0 e o advento da Web 3.0, a Internet é uma ferramenta de enorme potencial para as mais diversas áreas curriculares, que possui espaços de partilha de conhecimento, de colaboração, de debate de ideias, adaptáveis aos diferentes níveis de ensino.

Como refere Amante, a integração das TIC no 1º ciclo do Ensino Básico tem sido proveitosa, a sua utilização nas diferentes áreas disciplinares tem contribuído para a adopção de novas metodologias e para o enriquecimento dos contextos de aprendizagem (Amante, 2007), mas, em nossa opinião, ainda não é suficiente.

## **I.2. Projecto SchoolSenses@Internet**

As crianças, tal como os adultos, utilizam os sentidos de uma forma natural para adquirir informações sobre o meio que as rodeia, para o explorar e para o compreender. No entanto, e apesar de ser valorizada, no sistema educativo este tipo de informação, a que chamámos informação multissensorial georreferenciada, não é usada de uma forma eficiente no processo de aprendizagem (Silva, Hipólito, & Gouveia, 2003). Por outro lado, os princípios orientadores da acção pedagógica no 1º ciclo do Ensino Básico indicam que as experiências de aprendizagem devem ser activas, significativas, integradoras e socializadoras (ME, 2004).

Tendo em conta as premissas referidas, o projecto *SchoolSenses@Internet*, cuja homepage se mostra na Figura I.1, tem como principal objectivo melhorar a qualidade das aprendizagens no 1º ciclo do Ensino Básico, usando as TIC, de forma integrada no currículo, para (re)descobrir conteúdos, em contextos reais e significativos para as crianças. Para isso, são utilizadas abordagens interdisciplinares, que exploram a comunicação multissensorial como forma de promover o sucesso educativo e ponte para vivências concretas, permitindo diferentes estilos de aprendizagem e de expressão.



**Figura I.1 – Homepage do projecto *SchoolSenses@Internet*.**

O projecto procura também promover o desenvolvimento de outras competências fundamentais para a sociedade do conhecimento, como a cooperação e a colaboração. Para isso, são periodicamente lançados desafios no sítio Web do projecto que promovem a realização de actividades colaborativas, onde os alunos podem construir conteúdos multissensoriais georeferenciados, utilizando um sistema de informação geográfica gratuito, o Google Earth, e as diferentes ferramentas desenvolvidas no âmbito do mesmo, nomeadamente um editor de mensagens multissensoriais georeferenciadas,



uma ferramenta de modelação e de simulação multissensorial, objecto deste trabalho, e um *clipart* de objectos multissensoriais.

As ferramentas desenvolvidas utilizaram a metodologia *Cooperative Inquiry*, que define que no desenvolvimento de ferramentas TIC que têm como público-alvo as crianças estas deverão ser participantes activos no desenho e no desenvolvimento das mesmas. Druin (1999) define que no *Cooperative Inquiry* as sessões deverão acontecer em contextos reais nas quais deverão ser utilizadas tecnologias de baixo nível no desenho participativo das ferramentas, como o lápis e o papel. As sessões realizadas pela equipa de investigação, além de envolverem professores e alunos no desenvolvimento das ferramentas, pretenderam abordar também temas do currículo do 1º Ciclo do Ensino Básico (Gomes, Silva, Brigas, Pereira, & Marcelino, 2007). A maioria das sessões de trabalho do projecto *SchoolSenses@Internet* decorreu nas escolas dos alunos participantes e integradas na prática quotidiana das mesmas. A participação dos alunos e professores permitiu à equipa de investigação recolher informações sobre as formas de utilização das ferramentas de georreferenciação, sobre o processo de criação e utilização de informação multissensorial e sobre a usabilidade das ferramentas desenvolvidas no âmbito do projecto, entre outros aspectos. Com o decorrer das sessões foi possível verificar a motivação e o envolvimento das crianças e dos professores em todas as actividades, a facilidade de utilização das TIC, em particular do Google Earth, na criação de informação multissensorial georreferenciada e a utilidade deste tipo de informação na realização de experiências significativas (Gomes, Silva, Brigas, Pereira, & Marcelino, 2007).

### I.3. Motivação

Piaget afirma que o conhecimento constrói-se desde os primeiros anos de vida e as experiências vivenciadas, a experimentação, a interpretação, a construção de modelos, possuem um papel fundamental na aprendizagem das crianças (Gillani, 2003). No ensino das Ciências e em especial em áreas onde há necessidade de verificar o comportamento de sistemas dinâmicos, a análise desses sistemas pelas crianças é, na maioria dos casos, um processo complexo e que exige um grande esforço cognitivo (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004; Jacobson, 2001).

O ensino tradicional das Ciências impele as crianças a memorizarem processos, não privilegiando a compreensão de quais as entidades, processos e relações que estão presentes num sistema. Tem como objectivo que o professor passe para a mente do aluno o conhecimento do conteúdo científico que possui e que o aluno, depois, o consolide através de processos de memorização. O modelo vigente, e mais tradicional, assenta nas seguintes premissas: o que há a ensinar pode ser fornecido ao aluno sob a forma de informação; a informação pode ser verificada pelo aluno através da observação; que será aplicada na resposta a questões e na resolução de exercícios (Cosgrove & Osborne , 1991).

O Ministério da Educação Português ciente destas lacunas promoveu o *Programa de Formação Educação em Ciências e Ensino Experimental*, que teve como finalidade melhorar as práticas dos professores no ensino das Ciências. No enquadramento deste programa refere que “*A necessidade de promover uma educação científico-tecnológica de base para todos, desde os primeiros anos de escolaridade, tem-se constituído em tema consensual para a grande maioria de investigadores e educadores. É nesta perspectiva que se defende que a escola básica terá sempre que veicular alguma compreensão, ainda que simplificada, de conteúdos e do processo e natureza da Ciência, bem como o desenvolvimento de uma atitude científica perante os problemas*”

(Martins, et al., 2007, p. 17). Identifica também as dificuldades sentidas pelos professores na realização de actividades que promovam a literacia científica “*Com efeito, a grande maioria não terá tido uma formação específica neste domínio, .... Além disso, as práticas de ensino das Ciências nas escolas são muito incipientes, quer em metodologias de trabalho adoptadas, quer em tempo curricular que lhes é destinado*” (idem, p. 9).

O mesmo estudo menciona a importância do ensino das Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico “*As razões a favor da Educação em Ciências desde os primeiros anos de escolaridade incluem:*

- *Responder e alimentar a curiosidade das crianças, fomentando um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela Ciência e pela actividade dos cientistas;*
- *Ser uma via para a construção de uma imagem positiva e reflectida acerca da Ciência (as imagens constroem-se desde cedo e a sua mudança não é fácil);*
- *Promover capacidades de pensamento (criativo, crítico, metacognitivo,...) úteis noutras áreas / disciplinas do currículo e em diferentes contextos e situações, como, por exemplo, de tomada de decisão e de resolução de problemas pessoais, profissionais;*
- *Promover a construção de conhecimento científico útil e com significado social, que permita às crianças e aos jovens melhorar a qualidade da interacção com a realidade natural”* (idem, p. 17).

E indica “*que cada indivíduo deve dispor de um conjunto de saberes do domínio científico-tecnológico que lhe permita compreender alguns fenómenos importantes do mundo em que vive e tomar decisões democráticas de modo informado, numa perspectiva de responsabilidade social partilhada*” (idem, p. 16).

O mesmo estudo refere ainda que o ensino das Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico terá como finalidades:

- *“Promover a construção de conhecimentos científicos e tecnológicos que resultem úteis e funcionais em diferentes contextos do quotidiano;*

- *Fomentar a compreensão de maneiras de pensar científicas e quadros explicativos da Ciência que tiveram (e têm) um grande impacto no ambiente material e na cultura em geral;*
- *Contribuir para a formação democrática de todos, que lhes permita a compreensão da Ciência, da Tecnologia e da sua natureza, bem como das suas inter-relações com a sociedade e que responsabilize cada indivíduo pela sua própria construção pessoal ao longo da vida;*
- *Desenvolver capacidades de pensamento ligadas à resolução de problemas, aos processos científicos, à tomada de decisão e de posições baseadas em argumentos racionais sobre questões sócio-científicas;*
- *Promover a reflexão sobre os valores que impregnam o conhecimento científico e sobre atitudes, normas e valores culturais e sociais que, por um lado, condicionam, por exemplo, a tomada de decisão grupal sobre questões tecnocientíficas e, por outro, são importantes para compreender e interpretar resultados de investigação e saber trabalhar em colaboração” (idem, pp. 19-20).*

A avaliação promovida pelo governo Português à utilização das TIC em contextos educativos mostra que a utilização de recursos educativos digitais, nestes contextos, não se processa de uma forma eficiente e aponta algumas limitações (Ramos, Teodoro, Fernandes, Ferreira, & Chagas, 2010):

- *“Relativamente aos conteúdos educativos ... apontam duas importantes limitações. Uma primeira prende-se com a utilização pelos professores e com a escassez de conteúdos digitais e de aplicações pedagógicas disponíveis no sistema educativo português” (idem, p. 37).*
- *“Foi assinalada, de uma maneira geral, a falta de produtos ligados ao currículo que permitam uma utilização imediata em sala de aula, em especial por professores com escassas competências em TIC” (idem, p. 41).*
- *“Muitos professores comentaram a falta de recursos em língua portuguesa. Os professores do 1.º CEB, por exemplo, referiram a falta*

*de recursos em língua portuguesa e centrados na realidade portuguesa” (idem, p. 42).*

- *“Além disso, os professores deste nível de ensino caracterizaram a situação como de quase inexistência de recursos educativos digitais, salientando, ainda, o baixo nível de interactividade dos poucos recursos existentes. Os recursos digitais disponíveis em língua portuguesa são escassos” (idem, p. 42).*

O mesmo estudo refere que os *“Os professores e os educadores precisam de meios e de recursos de qualidade que os ajudem a satisfazer as necessidades de ensino, de avaliação e de desenvolvimento profissional, num mundo tecnologicamente cada vez mais avançado e complexo” (idem, p. 26)* e, citando os professores questionados na elaboração do relatório, estes referem a importância de serem eles próprios os autores dos recursos *“o interesse maior que vejo é o facto das coisas poderem ser personalizadas de acordo com o interesse de cada utilizador – e esta dimensão é importante nos recursos educativos digitais” (idem, p. 42).* Outros factores que são considerados relevantes é o grau de interactividade, de edição, de actualização e de partilha *“Este não é estático, mas sim dinâmico e evolutivo. De facto, os professores admitiram ser muito positiva a troca de experiências, permitindo incorporar as opiniões de outros, por forma a gerar novos materiais mais elaborados” (idem, p. 42).*

De facto, uma utilização adequada das TIC pode proporcionar ambientes colaborativos e interactivos alternativos, que fomentem a descoberta pessoal e auxiliem o aluno a agir e a pensar, assumindo o papel de investigador, permitindo-lhe que construa o seu próprio conhecimento, ao seu ritmo e interpretando a informação com base na sua experiência pessoal, como já referimos.

Nesta perspectiva enquadra-se a utilização de actividades de modelação e simulação em contextos educativos que pode ter como objectivos fornecer mecanismos de análise de sistemas, reais ou imaginários. Como refere Marcelino (1998) estas actividades possuem um enorme potencial, pois

permitem criar ambientes de aprendizagem dinâmicos, interactivos, eficientes e individualizáveis (Parush, Hamm, & Shtub, 2002) e possibilitam ainda nos alunos o desenvolvimento de capacidades cognitivas importantes (raciocínio, intuição, criatividade, etc.) (Kang, 1994-95; Hansmann, Scholz, Francke, & Weymann, 2005; Mills, 2004; Ramasundaram, Grunwald, Mangeot, Comerford, & Bliss, 2004; Schwarz, Meyer, & Sharma, 2007).

No entanto, a sua utilização neste nível de ensino é bastante incipiente, o que se pode dever:

- Ao número reduzido de ferramentas e metodologias disponíveis para este nível de ensino.
- As disponíveis não serem fáceis de utilizar,
- Exigirem uma grande disponibilidade de tempo para implementar as actividades,
- Não promoverem actividades significativas,
- Os conteúdos representados possuírem um grau de fidelidade reduzido,
- Não permitirem a personalização ou a reutilização de conteúdos.

## **I.4. Objectivos do trabalho**

Nas secções anteriores referimos as dificuldades existentes na aprendizagem e na compreensão do comportamento de sistemas dinâmicos e qual a sua importância no ensino das Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico. Os métodos de ensino e aprendizagem clássicos parecem não dar uma resposta suficientemente eficaz (Ramos, Teodoro, Fernandes, Ferreira, & Chagas, 2010).

A utilização de actividades de modelação e simulação noutros níveis de ensino que não o 1º Ciclo possibilita implementar ambientes educativos dinâmicos, interactivos, eficientes e individualizáveis (Parush, Hamm, & Shtub, 2002) e que permitem ainda aos alunos o desenvolvimento de

capacidades cognitivas importantes (raciocínio, intuição, criatividade, etc.) (Kang, 1994-95; Hansmann, Scholz, Francke, & Weymann, 2005; Mills, 2004; Ramasundaram, Grunwald, Mangeot, Comerford, & Bliss, 2004; Schwarz, Meyer, & Sharma, 2007).

Face a este cenário, neste trabalho de investigação a preocupação principal consistiu em averiguar se a implementação de actividades de modelação e simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico, em particular na área curricular de Estudo do meio, através de metodologias e de ferramentas desenvolvidas especificamente para este ciclo de ensino, irá permitir:

- melhorar os resultados de aprendizagem.
- introduzir métodos de investigação nesta faixa etária, que são fundamentais para que as crianças desenvolvam um espírito crítico e adquiram as competências e os processos científicos necessários para a compreensão e a resolução dos problemas que as rodeiam.

É objectivo principal deste trabalho de investigação contribuir com uma proposta que permita uma utilização eficaz da modelação e da simulação em contextos educativos do 1º Ciclo do Ensino Básico e que auxilie os professores e os alunos deste ciclo de ensino a realizar actividades de modelação e de simulação. Desta forma pretendemos fornecer mecanismos que permitam o desenvolvimento da capacidade de raciocínio dos alunos e que fomentem o espírito crítico, a reflexão, a criatividade e a generalização e, consequentemente, o crescimento cognitivo das crianças.

A utilização da modelação e da simulação em contexto educativo pode possibilitar aos alunos uma aprendizagem mais dinâmica, interactiva e motivadora, permitir que consigam analisar e compreender conteúdos que de outra forma seriam muito difíceis ou mesmo impossíveis de analisar, devido à perigosidade em observar determinados fenómenos, ao espaço e/ou ao tempo necessários para ocorrerem e, por último, à impossibilidade relacionada com questões como o civismo ou a ética. A implementação deste tipo de actividades pressupõe um papel mais activo por parte do aluno, que poderá personalizar o seu ritmo de aprendizagem, repetir fenómenos as vezes

necessárias para alcançar uma melhor compreensão, representar a sua percepção sobre um fenómeno e, desta forma, também partilhar o seu conhecimento. No entanto, a dificuldade que existe em introduzir este tipo de actividades em contexto educativo, em particular no 1º Ciclo do Ensino Básico, é patente no número reduzido de projectos ou actividades que as utilizam como ferramentas educativas. Essas dificuldades podem estar relacionadas com a desadequação das metodologias e das ferramentas de modelação e de simulação disponíveis.

## **I.5. Metodologia de investigação**

A selecção da metodologia a seguir num processo de investigação possui um papel muito relevante. É necessário proceder à identificação dos objectivos, qual a questão central da investigação, caracterizar o público-alvo, definir a amostra e os critérios que levaram à sua escolha, quais os instrumentos de recolha de dados e de avaliação utilizados.

Uma das classificações mais abrangentes de métodos de investigação é a diferenciação entre métodos que se baseiam nos paradigmas positivistas e interpretativistas. Os métodos de investigação que se baseiam em abordagens positivistas têm como objectivo descobrir leis gerais e universais, independentemente do campo de investigação. Em contraponto a esta abordagem, o interpretativismo prioriza a interpretação de processos e comportamentos (Lee & Baskerville, 2003). O positivismo aponta para a identificação clara de leis universais e invariáveis que possam gerir ou delimitar um fenómeno ou processo. A investigação positivista está basicamente relacionadas com as metodologias quantitativas, entre as quais podemos destacar a investigação experimental e quasi-experimental. Estas metodologias propõem uma abordagem dedutiva. Os investigadores devem identificar e formular as hipóteses a investigar, definir quais as variáveis a manipular e a controlar, identificar e seleccionar de uma forma *aleatória* os sujeitos de investigação. O grupo seleccionado deverá participar em



actividades com o objectivo de testar as hipóteses formuladas e no decorrer das mesmas os investigadores deverão recolher dados quantitativos para posteriormente serem sujeitos a uma análise estatística. Entre as principais vantagens dos métodos quantitativos, elencadas por Johnson e Onwuegbuzie (2004), podemos destacar a possibilidade de testar hipóteses criadas antes da recolha de dados, de recolher dados quantitativos e das análises se caracterizarem por ser objectivas e independentes da análise do investigador e permitirem a generalização de resultados. Mas estes métodos também possuem algumas desvantagens, que estão relacionados essencialmente com a dificuldade do investigador em controlar o ambiente de investigação.

Na investigação que envolve a avaliação de processos educativos, o recurso unicamente à perspectiva positivista pode ser limitador e ineficaz. Devido às características intrínsecas aos processos de aprendizagem, a recolha apenas de dados objectivos e mensuráveis que identifiquem regularidades, tendências e que não caracterizem as acções e opções tomadas pelos sujeitos, não reflectem a compreensão dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas acções num determinado contexto. A utilização de métodos qualitativos tem como objectivo compreender e interpretar as atitudes e as opções realizadas, em vez de mensurar as actividades (Flick, 2005).

Como Cupchik (2001) refere os dois paradigmas estão inter-relacionados, investigam fenómenos reais e é objectivo de ambos atribuir sentido aos dados recolhidos, contribuindo a pesquisa quantitativa para a identificação precisa de processos relevantes e proporcionando a investigação qualitativa a base da sua descrição. Diversos autores (Serrano, 2004; Johnson & Onwuegbuzie, 2004) sugerem a utilização das abordagens mistas, ou seja a combinação das abordagens qualitativas e quantitativas, sempre que seja útil e adequado para compreender, explicar ou aprofundar a realidade em estudo. Noutra perspectiva, as abordagens mistas possibilitam a complementaridade entre os métodos quantitativos e qualitativos.

Johnson e Onwuegbuzie (2004) referem “*Today’s research world is becoming increasingly interdisciplinary, complex, and dynamic; therefore, many researchers need to complement one method with another, and all researchers need a solid understanding of multiple methods used by other scholars to facilitate communication, to promote collaboration, and to provide superior research. Taking a non-purist or compatibilist or mixed position allows researchers to mix and match design components that offer the best chance of answering their specific research questions. ... Gaining an understanding of the strengths and weaknesses of quantitative and qualitative research puts a researcher in a position to mix or combine strategies ... According to this principle, researchers should collect multiple data using different strategies, approaches, and methods in such a way that the resulting mixture or combination is likely to result in complementary strengths and nonoverlapping weaknesses*” (*idem*, pp. 15–18).

Os mesmos autores (Johnson & Onwuegbuzie, 2004) definem como metodologias mistas “*(...)the class of research where the researcher mixes or combines quantitative and qualitative research techniques, methods, approaches, concepts or language into a single study*” (*idem*, p. 17). Para os mesmos autores os métodos mistos legitimam a utilização de múltiplas abordagens para responder às questões de investigação, e afirmam que, em vez de restringir as escolhas dos investigadores, a utilização de metodologias mistas visa a complementaridade de resultados. Os resultados obtidos através de métodos mistos permitem obter resultados mais concretos e precisos. Para Turner (2003) o princípio fundamental dos métodos de investigação mistos será o de permitir que os investigadores recolham os dados utilizando diferentes estratégias, abordagens e métodos de forma que a sua combinação resulte na maximização das vantagens dos métodos utilizados.

A combinação de métodos qualitativos e quantitativos pode-se aplicar de diferentes formas numa mesma investigação, podem ser utilizados vários métodos ao longo da investigação de uma forma sequencial ou simultânea. Como refere Duarte (2009)“*No desenho simultâneo, o investigador utiliza as*

*metodologias quantitativas e qualitativas ao mesmo tempo e analisa os dados de forma complementar (...). No desenho sequencial, o investigador utiliza (numa versão minimalista) inicialmente um método, e posteriormente outro método. As duas fases são separadas.” (idem, p. 16).*

Devido à natureza e à abrangência deste projecto e às especificidades do público-alvo a equipa de investigação procurou utilizar uma metodologia que lhe permitisse abranger estas duas *tradições*, o positivismo e o interpretativismo.

### **I.5.1 Método de Investigação Experimental**

Na área científica das Tecnologias de Informação e Sistemas de Informação, os investigadores são confrontados com a necessidade de utilizar abordagens que possibilitem uma intersecção entre os paradigmas positivista e intepretativista (Swanson & Holton, 2005). Nos últimos anos tem-se verificado um incremento no desenvolvimento de tecnologias e processos que promovam a utilização das TIC por parte das crianças. Um estudo realizado por Jenson e Skov (2005) identificou quais os métodos de investigação mais utilizados nos projectos que têm como objectivo o desenvolvimento de produtos TIC que têm como público-alvo as crianças. Nesse estudo, Jenson e Skov utilizaram a classificação proposta por Wynekoop e Congor (1990) e classificaram os métodos utilizados em cinco categorias:

*“1) Understand is the focus on grasping the meaning of the entities being studied, e.g. frameworks that attempts to categorize for better understanding.*

*2) Engineer is the focus of research where the aim is to develop new systems or parts of systems.*

*3) Re-engineer is the re-development of an existing system or part of a system usually based on an evaluation.*

*4) Evaluate is the assessing or validation of a product or a system, either to compare a single product or to compare more products.*

5) *Describe is the research that defines or describes features of an ideal system or situation*” (Jenson & Skov, 2005, p. 81).

Tendo em conta os objectivos delineados para esta investigação, podemos classificá-la, nesta perspectiva, essencialmente como um processo de Engenharia. Jenson e Skov verificaram que o método mais utilizados nesta categoria é o de *Applied Research*, a utilização deste método tem como objectivo adquirir ou construir conhecimento sobre um determinado fenómeno ou factos observáveis, com a finalidade de alcançar um objectivo determinado ou um alvo prático específico.

Por outro lado, o método de investigação experimental permite aos investigadores avaliar as hipóteses propostas, isto é, rejeitar ou aceitar hipóteses relativas a relações causa-efeito entre variáveis. O objectivo central da investigação experimental é o de estabelecer e identificar as relações de causa-efeito, em que o investigador manipula pelo menos uma variável independente. Neste tipo de investigação o investigador manipula pelo menos uma variável independente, designada como *tratamento*, e controla outras variáveis consideradas relevantes. Para isso, promove actividades que permitam observar qual o efeito da variável independente nas variáveis dependentes. O controlo da variável dependente permite ao investigador verificar a importância da variável independente em todo o processo. Os dados obtidos permitem verificar uma hipótese ou hipóteses previamente definidas.

Para Warfield (2010) *“In experimental research, the researchers design the specific conditions to test their theories or propositions, controlling the experiment and collecting their data to isolate the relationships between their defined independent variables and dependent variables.”* (idem, p. 29). E identifica cinco fases na metodologia de investigação:

- a primeira fase caracteriza-se pela formulação de hipóteses ou teorias e objectivos de investigação.
- Na segunda fase os investigadores devem seleccionar a amostra de sujeitos que devem participar na investigação “*In the second step (...) researchers determine the participants in the study, which capitalizes on the advantage of using statistics to make inferences about larger groups using very small samples, referred to as generalizability*” (*idem*, p. 29).
- A terceira fase caracteriza-se pela selecção da metodologia adequada para obter respostas às questões de investigação “*In the third step (...) the researcher(s) identify variables, measures, and the research design to use in formulating specific research questions, methods, and participants of the study*” (*idem*, p. 29).
- Na quarta fase os investigadores procedem à análise estatística dos dados recolhidos.
- Na quinta e última fase os investigadores interpretam os dados obtidos. Podemos afirmar que a experimentação é conduzida de forma a verificar as hipóteses ou teorias previamente definidas, que poderão ser aceites ou rejeitadas de acordo com os resultados obtidos.

Geralmente a metodologia de investigação experimental caracteriza-se pela utilização de dois grupos, o grupo experimental e o grupo de controlo. O grupo experimental é sujeito ao *tratamento*, cujos efeitos se querem medir; ao grupo de controlo não é administrado nenhum tratamento novo. A selecção aleatória dos sujeitos é fundamental neste tipo de metodologia. Deverão ser minimizados todos os factores externos que possam adulterar os resultados da avaliação. Assim, os participantes deverão possuir as mesmas capacidades, os mesmos níveis de conhecimentos, de maturidade e de oportunidades.

No método de investigação experimental podemos identificar quatro abordagens distintas: “*True Experiments, Repeated Measures, Quasi-*

*experimental Designs, Time Series Design*” (Ross & Morrison, 2004). Esta investigação insere-se na abordagem quasi-experimental, pois a selecção dos participantes não pôde ser totalmente aleatória, porque os grupos de participantes, as turmas de alunos, foram criados previamente pelas escolas envolvidas. Ellis e Levy (2009) referem que a utilização desta abordagem acontece sempre que os investigadores têm dificuldade em controlar todas as variáveis, especialmente quando se trata de investigação que envolve organizações e instituições. “*Similar to experiments, in quasi-experiments, the research is attempting to determining if a cause-effect relationship exists between one factor or set of factors – the independent variable(s) – and a second factor or set of factors – the dependent variable(s). However in quasi-experiments, the researcher is unable to control all the variables in the experimentation, but most variables are controlled.*” (Ellis & Levy , 2009, p. 326).

### **I.5.2 Método de Investigação Estudo de caso**

Os projectos de investigação em educação caracterizam-se por serem complexos e de difícil análise. Desta forma, a utilização de métodos quantitativos pode ser ineficaz devido à linearidade subjacente à sua utilização, que têm como objectivo recolher dados quantificáveis para identificar tendências. Coutinho (2006) refere que nos processos humanos e sociais, como é a educação, a perspectiva qualitativa possibilita a compreensão dos comportamentos dos sujeitos num determinado contexto. Como referimos anteriormente, os investigadores sempre que necessário devem procurar utilizar métodos mistos que permitam confirmar e validar o objecto da sua investigação.

Nesta investigação optámos por utilizar em simultâneo, à metodologia de investigação experimental, uma metodologia qualitativa, estudo de caso. Para Halinen e Tornroos (2005) a sua utilização é indicada sempre que o conhecimento existente sobre o fenómeno seja reduzido e as teorias

disponíveis para explicá-lo não sejam adequadas. O estudo de caso permite aos investigadores desenvolver novas teorias, testá-las, ou descrever e explicar um fenómeno (Dooley, 2002). Para Yin (1994) o estudo de caso possibilita explorar, descrever ou explicar situações ou fenómenos. O estudo de caso é um método de investigação empírica que se baseia em trabalho de campo e caracteriza-se por observar, em contexto natural, um fenómeno onde participam uma ou mais entidades. Os dados podem ser recolhidos utilizando diversos meios, como observações, questionários, entre outros. Não têm que ser utilizadas formas experimentais de controlo e o investigador não necessita de especificar antecipadamente o conjunto de variáveis dependentes e independentes.

De acordo com os objectivos e a natureza das informações finais dos projectos de investigação existe uma multiplicidade de classificações e tipificações de estudos de caso. Yin (2005) estabelece a distinção entre estudos de caso único e estudos de caso múltiplo ou comparativo. No primeiro o investigador debruça-se e analisa um ambiente, um caso; em contrapartida nos estudos de caso múltiplo o investigador estuda dois ou mais casos. Yin (2005) classifica os estudos de caso como: exploratórios, descritivos, explicativos e avaliativos. Os estudos de caso exploratórios são utilizados para delimitar o problema e para compreender a realidade sobre a qual os investigadores têm pouco conhecimento. Os estudos de caso explicativos possibilitam a análise da forma dos factos ocorrerem e a identificação das relações entre causas e efeitos. Stake (1999) diferencia os estudos de caso de acordo com os objectivos da investigação e identifica três tipos de estudos de caso: intrínseco, quando o investigador pretende compreender melhor um dado caso; instrumental, o investigador além de compreender um fenómeno tem como objectivo aprofundar a sua compreensão com o intuito de refinar teorias; colectivo, através da comparação de vários casos o investigador consegue um conhecimento mais profundo sobre um fenómeno ou uma situação real.

Com base nos pressupostos referidos anteriormente, a equipa de investigação no desenho deste projecto de investigação teve a necessidade de realizar um estudo de caso exploratório único para verificar se os alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico compreendiam e utilizavam correctamente os conteúdos e os processos representados numa simulação multissensorial. Os estudos de caso único podem ser utilizados como introdução a um estudo mais apurado ou, ainda, como piloto para uma pesquisa de casos múltiplos. Na sequência do caso piloto, a equipa de investigação procurou realizar estudos de casos explicativos múltiplos e instrumentais, com o objectivo de lhe permitir testar as hipóteses propostas e comparar os resultados de dois casos.

### **I.5.3 Hipóteses de investigação**

Tendo como adquirido que as TIC, em conjunto com as actividades de modelação e de simulação, podem fomentar a mudança dos processos de ensino/aprendizagem, passando estes a estar mais centrados no aluno, proporcionando-lhe um papel mais activo, colocou-se desde o início do trabalho uma questão pertinente, que era saber quais as estratégias a utilizar no desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico e se a modelação e a simulação poderiam auxiliar e tornar mais eficientes os processos de análise e de aprendizagem de sistemas complexos.

A principal questão a que procurámos responder com a realização desta investigação foi:

*A realização de actividades de modelação e de simulação pode fomentar a mudança dos processos de ensino e aprendizagem, tornando-os mais eficientes e melhorar dessa forma os resultados de aprendizagem?*

A avaliação da realização de actividades de modelação e de simulação possibilitou-nos testar as seguintes hipóteses:



**Hipótese 1:** os alunos deste nível de ensino têm as capacidades intelectuais necessárias para realizar actividades de modelação.

**Hipótese 2:** Através da realização de actividades de modelação e de simulação estes alunos melhoram os seus resultados de aprendizagem.

Numa primeira fase procurámos verificar se estes alunos tinham capacidades cognitivas para realizar actividades de modelação e, desta forma, poder beneficiar das potencialidades destas ferramentas educativas. Caso se verificasse a primeira hipótese, procuraríamos averiguar quais os ganhos cognitivos obtidos com a realização destas actividades em comparação com actividades de ensino mais tradicionais.

#### **I.5.4 Recolha de dados e avaliação das aprendizagens**

Uma fase crucial de toda a investigação em educação passa pela recolha de dados e pela avaliação do processo de ensino/aprendizagem. Neste projecto de investigação a avaliação das aprendizagens tem como principal objectivo avaliar as aprendizagens dos alunos e, dessa forma, aferir também as metodologias e as ferramentas utilizadas nas diversas sessões realizadas (Harlen, 2007; Roldão, 2003; Sacristán, 2005). A avaliação formativa é a principal modalidade de avaliação no Ensino Básico, conforme definida pelo Ministério da Educação, através do Despacho Normativo nº 1/2005, de 5 de Janeiro.

No processo de avaliação, a equipa de investigação utilizou um conjunto de procedimentos que possibilitou aferir os conhecimentos dos alunos. A utilização dos procedimentos estava dependente dos objectivos previamente estabelecidos para cada sessão. Podemos referir quatro procedimentos distintos utilizados nas diversas sessões de trabalho:

- Observação directa e registo de informação.
- Fichas de avaliação fornecidas aos alunos antes das sessões de trabalho.
- Fichas de avaliação passadas no final das sessões de trabalho.
- Fichas de avaliação realizadas quinze dias após as sessões de trabalho.

A equipa de investigação no decorrer das acções realizou uma observação participante. Marshall (2006) classifica este tipo de recolha de dados como uma observação que simultaneamente é um método de investigação e um método de recolha de dados. Cid e outros (2006) classificam-na como sendo um processo aberto, de registo das acções dos alunos no decorrer das sessões que se pretendem estudar. Este tipo de observação é uma das técnicas mais utilizadas de recolha de dados na investigação qualitativa (Bogdan & Biklen, 2006; Marshall & Rossman, 2006). Nela os investigadores participam de forma activa no contexto de investigação com o objectivo de compreender o ambiente e o fenómeno que pretendem investigar (Bogdan & Biklen, 2006; Del Val Cid & Brito, 2006; Latorre, 2004; Marshall & Rossman, 2006). No decorrer de cada sessão, privilegiámos o debate e a comunicação, como forma de recolha de informação. A constante interacção com os alunos e os professores permitiu-nos obter informações acerca dos conhecimentos iniciais dos alunos, bem como dos conhecimentos que foram sendo adquiridos com o desenrolar das sessões de trabalho. Este tipo de avaliação contínua permitiu-nos aferir a receptividade dos alunos, as suas dificuldades, os erros, os métodos utilizados para identificarem as entidades de um modelo e as suas relações, etc.

De forma a complementar a informação recolhida através da observação participante, utilizámos procedimentos mais formais de recolha de informação, como as fichas de avaliação. Utilizámos, em diversas situações, as fichas de avaliação individual, com o objectivo de:

- Avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, antes das sessões de trabalho,
- Verificar os conhecimentos adquiridos na sessão, no mesmo dia depois das sessões,
- Avaliar a profundidade das aprendizagens, quinze dias após a realização das sessões.

Cool e Martín (2001) afirmam que só é possível avaliar o alcance e a profundidade das aprendizagens realizadas após um determinado período de

tempo. Desta forma procurámos promover actividades espaçadas no tempo, para permitir aferir o seu alcance efectivo na aprendizagem relativamente às actividades realizadas.

A análise dos dados quantitativos, obtidos através dos questionários de pré-teste e pós-teste, foi feita recorrendo ao programa estatístico *SPSS*<sup>1</sup>. Num primeiro momento, analisámos os dados numa perspectiva descritiva obtendo a média, o desvio padrão e as frequências das amostras. Através desta análise a equipa de investigação teve por finalidade descrever a amostra. Como complemento à análise descritiva e com a finalidade de testar as hipóteses de investigação procedemos à análise inferencial. No teste das hipóteses foram utilizados testes paramétricos *t-student* e de *Shapiro-Wilk*. Os resultados obtidos na análise descritiva e inferencial foram discutidos e apresentados em figuras e/ou quadros ilustrativos.

A análise dos dados qualitativos baseou-se na interpretação dos documentos recolhidos nas diversas actividades realizadas. Em todas as sessões promovidas era solicitado aos alunos que previamente, ou em simultâneo à representação dos modelos na ferramenta Simulkids, registassem as entidades identificadas, os seus estados, os conteúdos multissensoriais seleccionados e, por último, que representassem o comportamento do modelo.

### **I.5.5 Etapas e procedimentos de investigação**

A metodologia adoptada para a realização deste trabalho englobou fases de investigação, concepção, desenvolvimento, avaliação e relato dos estudos de caso realizados. Mais detalhadamente, podemos agrupar o trabalho desenvolvido nas seguintes etapas:

1. Identificar áreas de utilização de ferramentas de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico.

---

<sup>1</sup> *SPSS, Statistical Package for the Social Sciences*, <http://www.spss.com/>, acedido em Março de 2011.

2. Analisar ferramentas de modelação/simulação disponíveis para este nível de ensino.
3. Realizar sessões de trabalho nas escolas de 1º Ciclo de forma a:
  - a. Detectar quais as dificuldades sentidas pelos alunos na utilização de software de Georreferenciação.
  - b. Identificar formas de transmissão e representação de informação multissensorial.
  - c. Identificar requisitos e componentes do ambiente de trabalho de uma ferramenta de modelação/simulação.
4. Elaborar um modelo teórico que permita uma eficiente utilização de aplicações de modelação e de simulação em ambiente *Web*.
5. Desenvolver um protótipo de uma ferramenta de modelação/simulação, com base no modelo teórico proposto e em sugestões dadas pelos alunos.
6. Validar o modelo teórico e o protótipo, através de sessões a realizar em escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico em contexto real.

Numa primeira fase do processo de investigação procedemos à investigação dos aspectos teóricos relacionados com os objectivos definidos previamente. A investigação teórica debruçou-se sobre as temáticas das TIC na educação, verificámos quais as potencialidades da utilização da modelação e da simulação em ambientes de aprendizagem, projectos relevantes nesta área e quais as ferramentas-autor de modelação e de simulação disponíveis. A investigação baseou-se em diferentes meios de pesquisa, nomeadamente recolha bibliográfica de obras, consulta de artigos em revistas da especialidade, acesso a sítios da Internet relacionados com os temas referidos e ainda consulta de outros documentos. Na sequência dos objectivos definidos neste trabalho de investigação procurámos identificar as áreas curriculares onde poderíamos implementar actividades de modelação e de simulação. Para isso analisámos o programa do 1º Ciclo do Ensino Básico, livros escolares adoptados por escolas do 1º Ciclo e livros de planificações para este ciclo de ensino.

Na fase seguinte do processo de investigação e devido às dificuldades que se constatou existirem na implementação de actividades de modelação e de simulação, desenvolvemos um modelo conceptual para a implementação destas actividades para o 1º Ciclo do Ensino Básico. O modelo proposto contém, entre outros aspectos, um conjunto de requisitos que as ferramentas de modelação e de simulação devem respeitar. Além de identificarmos os requisitos que estas ferramentas-autor devem possuir, pretendemos ainda incluir no modelo um processo para a implementação de modelos e orientações de auxílio aos professores na realização destas actividades, tais como a definição dos contextos de utilização, os modos e as estratégias de utilização, entre outros.

Com o objectivo de verificarmos como as crianças trabalhavam com programas de modelação e de simulação, promovemos um conjunto de sessões, em diversas escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico, que nos permitiram avaliar como as crianças utilizavam estas ferramentas, validar a metodologia utilizada para a análise e construção de modelos de simulação e os sucessivos protótipos da ferramenta-autor desenvolvidos ao longo do trabalho.

### **I.5.6 Público-alvo e caracterização das escolas e das turmas**

O público-alvo desta investigação foram alunos e professores do 1º Ciclo do Ensino Básico de escolas dos distritos de Coimbra, Guarda e Viseu. Participaram neste estudo seis escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico, num total de sete turmas do 4º ano de escolaridade:

- Escola básica dos 1.º e 2.º ciclos João de Barros, uma turma do Agrupamento de escolas de Marzovelos, Viseu.
- Escola básica do 1.º ciclo de Adães Bermudas, uma turma do Agrupamento de escolas da Área Urbana da Guarda.
- Escola básica de Celorico da Beira, uma turma do Agrupamento de escolas de Celorico da Beira.

- Escola básica da Estação, duas turmas do Agrupamento de escolas de São Miguel, Guarda.
- Escola básica do Bairro da Luz, uma turma do Agrupamento de escolas de São Miguel, Guarda.
- Escola básica da Quinta das Flores, duas turmas do Agrupamento de escolas Maria Alice Gouveia, Coimbra.

Num total participaram activamente nas actividades desenvolvidas ao longo das diferentes fases do processo de investigação e de avaliação deste projecto 144 alunos e 19 professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico. A Tabela I.1 apresenta os temas e as escolas seleccionados para cada oficina:

<b>Oficina</b>	<b>Tema</b>	<b>Escola</b>
Oficina 1	Alterações climáticas	Escola básica dos 1.º e 2.º ciclos João de Barros
Oficina 2	Análise do Impacto da poluição nos rios	Escola básica do 1.º ciclo de Adães Bermudas
Oficina 3	Utilização de energias renováveis versus energias fósseis	Escola básica de Celorico da Beira
Oficina 4	Incêndios florestais e nível de risco de incêndio	Escola básica da Estação Escola básica do Bairro da Luz Escola básica da Quinta das Flores

**Tabela I.1 – Oficinas realizadas.**

A escolha das escolas ficou a dever-se às relações profissionais que mantínhamos com os professores ou com as direcções dos diversos agrupamentos escolares. No entanto, procurámos desde o início seleccionar escolas que possuíssem diferentes realidades de funcionamento e condições - escolas em meios onde a infoexclusão é mais notória, escolas localizadas em meio rural ou situadas em ambientes de extracto social menos favorável, versus escolas de ambiente urbano comum. Entendemos que a colaboração antiga com os professores seria um elemento facilitador para a integração das actividades; a relação de confiança existente entre os professores participantes e os investigadores permitiu que os investigadores planeassem as actividades

de acordo com os objectivos previamente delineados, mas de forma a não influenciar o desenrolar das actividades promovidas nas diversas escolas.

### **I.5.7 Planificação das oficinas**

As oficinas realizadas no âmbito deste estudo decorreram entre 2006 e 2010, tendo-se realizado oficinas nos anos lectivos de 2005-2006, 2006-2007, 2008-2009 e 2010-2011 (início). Este último envolveu o estudo final.

Tendo em conta o tema de projecto de cada agrupamento onde seriam efectuadas as sessões de trabalho das oficinas, as actividades a realizar foram sempre planificadas de acordo com os projectos de cada uma das escolas. As planificações das sessões foram analisadas e aprovadas pelos coordenadores de agrupamento e pelos professores titulares das turmas envolvidas. A selecção dos temas para cada uma das oficinas teve como princípios orientadores serem temas incluídos no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico ou do interesse da comunidade escolar. Na maioria dos casos foi solicitado que se desenvolvessem actividades relacionadas com o projecto definido pelo agrupamento onde se situava a escola. A realização das actividades foi ajustada de acordo com o programa curricular e a calendarização das actividades das turmas, de modo a não perturbar o seu normal funcionamento. As oficinas tiveram em média uma duração de três horas e maioritariamente realizaram-se no período da tarde, de acordo com o solicitado pelos professores titulares de turma.

A equipa de investigação assumiu um duplo papel nas sessões de trabalho, o de professor e de investigador. Em todas as sessões o investigador comunicava aos alunos os objectivos da mesma e dava a conhecer o respectivo tema. Todos os temas eram do conhecimento prévio dos alunos, por serem conteúdos do programa do 1º ciclo e terem sido já leccionados pelo professor titular da turma ou serem o tema do projecto do agrupamento escolar. Após uma breve introdução, onde eram utilizados conteúdos multimédia, constituídos essencialmente por filmes e animações, que facilitavam a introdução do tema e ajudavam a captar a atenção dos alunos,

promovia-se um debate com os alunos, para análise e reflexão sobre os conteúdos visualizados. De seguida, solicitava-se aos alunos a realização de actividades de modelação ou de simulação relacionadas com o tema da sessão e de acordo com os objectivos predefinidos. Nas turmas de controlo do estudo final não foram realizadas actividades de simulação ou de modelação, mas os alunos utilizaram o processador de texto para construírem conteúdos sobre o tema da oficina.

Nas oficinas dirigidas aos alunos, a equipa de investigação apresentava previamente aos professores a planificação das mesmas e, sempre que era possível, descrevia de forma pormenorizada as actividades a realizar com os alunos. Esta abordagem permitiu à equipa de investigação averiguar se a tarefa se adequava aos conhecimentos dos alunos e às actividades a realizar pelas turmas. Um outro objectivo que pretendíamos alcançar com a realização destas reuniões era permitir que os professores participassem de uma forma activa no processo.

A sessão de trabalho onde participaram só professores teve como finalidade dar a conhecer as potencialidades da implementação de actividades de modelação e de simulação em contextos educativos, identificar formas de utilização das actividades e das ferramentas de modelação e de simulação que se encontram actualmente disponíveis. Por último apresentámos a metodologia *M4K* e a ferramenta *Simulkids* e solicitámos aos professores que identificassem áreas de aplicação.

## **I.6. Estrutura da tese**

Esta tese encontra-se estruturada em sete capítulos incluindo o presente:

- No Capítulo II apresentamos e descrevemos a utilização de actividades de modelação e de simulação em Educação, com especial ênfase para os tipos de modelos que poderão ser utilizados por alunos do 1º Ciclo



do Ensino Básico. Identificamos também as possíveis áreas curriculares de utilização, os processos de análise e de implementação de actividades de modelação e de simulação e quais os benefícios do desenvolvimento destas actividades neste nível de ensino. Analisamos e comparamos ainda um conjunto de ferramentas-autor e de metodologias que permitem a realização deste tipo de actividades no 1º Ciclo do Ensino Básico.

- No Capítulo III identificamos as potencialidades da utilização de conteúdos georreferenciados e de conteúdos multissensoriais em contextos educativos. Neste capítulo fazemos a descrição de algumas ferramentas que permitem a elaboração ou a utilização de conteúdos georreferenciados genéricas, mas que poderão ser utilizadas em Educação. Por último, apresentamos um conjunto de projectos que utilizam conteúdos georreferenciados ou conteúdos multissensoriais como meio de divulgação de informação.
- No Capítulo IV apresentamos a metodologia *Modelling for Kids*. Esta metodologia apresenta um conjunto de normas para apoio à realização de actividades de modelação e de simulação para o 1º Ciclo do Ensino Básico. As normas apresentadas definem os objectivos, as áreas curriculares, os contextos, as estratégias, os métodos de análise e de representação de sistemas dinâmicos. A metodologia identifica ainda um conjunto de especificações que as ferramentas de modelação e de simulação deverão possuir para serem utilizadas no 1º Ciclo do Ensino Básico.
- No Capítulo V descrevemos o protótipo que desenvolvemos, a que demos o nome de *Simulkids*, e que foi desenvolvido de acordo com a metodologia apresentada no Capítulo IV. Com o objectivo de exemplificarmos a sua utilização na realização de actividades de modelação e de simulação descrevemos pormenorizadamente o processo de implementação destas actividades usando a ferramenta.
- O Capítulo VI destina-se a apresentar as oficinas realizadas nas escolas para validar todo o processo e os produtos desta investigação. Apresentamos de uma forma resumida os trabalhos desenvolvidos pelos

alunos. Expomos também, com mais detalhe, os dados e os resultados obtidos com a realização da última oficina deste trabalho devido à sua importância para todo o processo.

- Por último, no Capítulo VII, são apresentadas as principais conclusões obtidas com a elaboração desta dissertação e algumas ideias e indicações para trabalho futuro.

## **Capítulo II. Modelação e Simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico**

### **II.1. Introdução**

A aquisição de competências que promovam a compreensão e a interpretação de sistemas complexos tem assumido progressivamente um papel importante na Educação (Jacobson & Wilensky, 2006). Diversos investigadores afirmam que as melhores actividades de aprendizagem são aquelas em que os alunos, além de interagirem com o próprio material, têm a possibilidade de criar e inventar sistemas onde são reutilizados esses materiais (Papert, 1980; Resnick, 2002).

Driver (1985) afirma que devem ser valorizadas actividades em que o aluno tenha a possibilidade de expor as suas ideias, em grupo ou individualmente. Os alunos devem também ser incentivados a partilharem as concepções que tem sobre o mundo que os rodeia, expostos a situações inesperadas, “contra-intuitivas”, pois assim são impelidos a gerarem novas explicações. A construção de várias explicações sobre o mesmo fenómeno irá permitir que os alunos possam confrontar diversas explicações, de forma a dar consistência ao pensamento elaborado e compreenderem que é possível haver diversas explicações para um determinado fenómeno ou sistema dinâmico. As explicações desenvolvidas pelos alunos para compreenderem um determinado

fenómeno, ficam limitadas a esse fenómeno. Mas a sua reutilização, quando expostos a outras situações, irá permitir às crianças aumentar ou desenvolver o seu conhecimento (Repenning, Ioannidou, & Ambach, 1998).

A descontextualização dos conteúdos leccionados na sala de aula que se verifica no ensino motivou os professores a implementarem de uma forma mais frequente actividades de modelação e de simulação em ambientes educativos (Lunce, 2006). Nestas actividades são utilizados programas que permitem representar sistemas, geralmente através de uma descrição matemática. Schwarz e outros (2007) indicam que as ferramentas de modelação ou de simulação são ferramentas que permitem aos alunos a representação gráfica de um fenómeno, entidades e relações, com o objectivo de o analisar, de prever o seu comportamento e de o compreender (Cherry, Ioannidou, Rader, Brand, & Repenning, 1999). A utilização destas ferramentas tem vindo a aumentar progressivamente devido à necessidade sentida por parte de professores e autores de conteúdos em produzir conteúdos interactivos que permitam criar ambientes mais enriquecedores, motivadores e que sejam significativos para os alunos (Hung & Chen, 2002). A sua utilização irá permitir também a introdução de métodos de investigação, o que, em nossa opinião, é fundamental para que os alunos desenvolvam um espírito crítico e as competências necessárias para a compreensão dos sistemas e dos processos dinâmicos que os rodeiam.

Neste capítulo começamos por referir a importância que as actividades de investigação, nas quais também podem ser incluídas as actividades de modelação e de simulação, e o raciocínio causal podem ter na construção do conhecimento. Depois, prosseguimos para a importância da modelação e da simulação em contexto educativo. Nesta perspectiva, uma actividade de modelação caracteriza-se pela construção de um modelo, que pode ser entendido como um *esquema* que representa, de uma forma simplificada, um sistema real complexo. Este modelo, ou representação, irá permitir à criança analisar e compreender o comportamento do sistema representado. A escolha dos tipos de modelos a utilizar nas actividades de modelação e o processo de desenvolvimento de modelos no 1º Ciclo do Ensino Básico são

preponderantes para o sucesso destas actividades. As actividades de simulação baseiam-se na utilização de um programa de simulação, com o objectivo de verificar ou estudar o comportamento de sistemas. Nas secções seguintes mencionamos as principais características, os contextos de utilização e as potencialidades educativas destas aplicações. Elencamos também alguns exemplos da sua utilização e as áreas curriculares onde os professores podem realizá-las. Devido ao número reduzido de ferramentas de modelação e de simulação desenvolvidas especificamente para este nível de ensino, apresentamos um conjunto de ferramentas que são utilizadas, ou que potencialmente poderão ser utilizadas, na realização destas actividades com as crianças.

## **II.2. Actividades de investigação e de experimentação e a aprendizagem das crianças**

Papert (1993) afirma que as melhores actividades de investigação e de experimentação são aquelas em que as crianças são envolvidas no seu desenvolvimento e que têm como resultado *things* com sentido para elas e para todos aqueles que partilham os mesmos interesses. Osborne (1991) afirma que as crianças agem como cientistas, são curiosas acerca do mundo que as rodeia, questionam-se constantemente sobre o funcionamento dos sistemas e dos objectos. Elaboram explicações com base nas experiências do dia-a-dia de forma a construírem uma visão do mundo em que vivem. Na elaboração das suas próprias explicações, as crianças reutilizam os conhecimentos que possuem para construírem novos conceitos sobre um determinado sistema.

Frequentemente, o ensino na área curricular de Estudo do meio do 1º ciclo do Ensino Básico baseia-se na transmissão do conhecimento do professor sobre um determinado fenómeno, ou seja o professor transmite aos alunos a sua percepção do sistema, tal como o vê, desprezando as concepções que as

crianças possuem sobre esse mesmo sistema, ou as percepções que constroem quando analisam um determinado processo. Piaget afirma que este modelo de ensino não valoriza, e rejeita inclusive, todas as interpretações e explicações que as crianças constroem sempre que observam fenómenos ou que formulam quando manuseiam materiais ou vivenciam determinadas situações. Segundo Brook e outros (1989) muitas das ideias construídas com base na observação devem ser valorizadas porque são concepções socialmente aceites.

Driver (1985) indica que as crianças possuem um modo particular de pensar, de interagir com o meio que as rodeia e afirma que a percepção tem um papel predominante na compreensão de fenómenos, ou seja as crianças baseiam o seu pensamento em aspectos directamente observáveis. As crianças identificam apenas os aspectos mais relevantes de um sistema e as suas explicações incidem sobre as mudanças de estado do mesmo. Para as crianças um sistema em equilíbrio não carece de explicação. Harlen afirma que as crianças constroem desde cedo ideias para explicarem os fenómenos e os sistemas que observam. Essas ideias, muitas vezes, são construídas sem suporte de uma análise científica e, como refere, num nível de educação superior os alunos poderão sentir dificuldades em alterar essas concepções (Harlen, 2007).

Estudos realizados por Tschirgi (1980) e Chen (1999) demonstram que as crianças têm capacidade para compreenderem e realizarem actividades de investigação e indicam que fundamentam todas as suas explicações tendo por base o controlo de variáveis de forma causal.

Para fomentar a realização deste tipo de actividades as crianças deverão orientar a sua análise para os aspectos fundamentais de um sistema, para as relações que existem entre as diversas componentes do mesmo. Chen (1999) salienta a importância que tem a elaboração de hipóteses de causalidade para a construção do conhecimento. As crianças têm a capacidade de identificar causas “ocultas” dos sistemas. Isto é muito importante, porque no dia-a-dia a criança analisa situações em que a causa nem sempre está *visível*.

Por outro lado, o currículo Nacional do 1º ciclo do Ensino Básico sugere que a aprendizagem deverá ser construída “*e, por isso remete para o sujeito, neste caso o aluno, o papel de construir o seu próprio conhecimento e gerir o processo de construção desse mesmo conhecimento. O professor enquanto responsável por todo o processo de ensino deixa de desempenhar o papel de transmissor, passando a assumir o de facilitador e organizador de ambiente ricos, estimulantes e diversificados e propícios à vivência de experiências de aprendizagens integradoras, significativas, diversificadas e globalizadoras ...*”. No caso específico da área de Estudo do meio indica que “*O conhecimento do Meio ... constrói-se a partir da vivência, pelos alunos, de experiências de aprendizagem que envolvam resolução de problemas, a concepção e o desenvolvimento de projectos e a realização de actividades investigativas. ...*” (ME, 2002, p. 78). Afirma ainda que o aluno deverá ser induzido a ter “*uma atitude de permanente pesquisa e experimentação. Ou seja, aponta para o desenvolvimento, pelo aluno, de uma atitude científica que deve ter em conta os seguintes aspectos:*

- *A função da descoberta, da explicação e das preconcepções.*
- *O papel da evidência no desenvolvimento e testagem de ideias.*
- *A necessidade de ser crítico em relação às suas ideias e forma de trabalhar.*
- *A de que se pode aprender gradualmente através das suas próprias actividades. ...*” (ME, 2002, p. 78).

Desta forma e para que o aluno consiga desenvolver essa atitude é fundamental que seja envolvido na planificação e na execução de experiências e de actividades, que podem simular/representar “*fenómenos que lhe são comuns, de questões que os preocupem, de experiências vividas em trabalho de campo*” (ME, 2002, p. 80).

Será através destas experiências e actividades que os alunos adquirem competências sobre processos científicos, para “*constituírem conceitos e ligações entre eles de forma a compreenderem os fenómenos e os acontecimentos observados e, deste modo, contribuírem para um melhor*

*conhecimento, compreensão e domínio do mundo que os rodeia” (ME, 2002, p. 80).*

*Afirma ainda que os conteúdos devem ser “relacionados com os elementos básicos do meio físico (o ar, a água, as rochas, o solo), os seres vivos que nele vivem, o clima, o relevo e os astros. A curiosidade infantil pelos fenómenos naturais deve ser estimulada e os alunos encorajados a levantar questões e a procurar respostas para eles através de experiências e pesquisas simples.” (ME, 2004, p. 115).*

Sá (2002) e Partridge (2006) referem que o ensino experimental das Ciências, no caso do 1º ciclo classificado numa área mais abrangente designada por Estudo do meio, pode ser uma ferramenta singular para o desenvolvimento do raciocínio. Através destas actividades o professor tem a possibilidade de criar actividades centradas na acção e na reflexão sobre a acção.

Zohar (2006) refere que as actividades de investigação são actividades de reflexão e de debate entre todos os actores do processo educativo. Estas actividades permitem aos alunos identificar a informação relevante, relacionar conceitos, estabelecer e avaliar relações. Com base na reflexão e análise, as crianças podem construir novos conceitos e representações mentais mais coerentes (Varela, 2009).

Leite (2001) classifica as actividades no âmbito do ensino das Ciências como sendo actividades laboratoriais, experimentais e práticas. Define como actividade laboratorial o conjunto de actividades que decorrem num espaço próprio e que envolvem a utilização de equipamento específico. Leite define que o trabalho laboratorial só é prático-laboratorial se o aluno participar na própria actividade. No entanto, e devido às características e restrições deste tipo de actividades, ficam usualmente limitadas a pequenas experiências.

Um outro tipo de actividade que pode ser realizada no âmbito do 1º ciclo do Ensino Básico são as actividades experimentais. Este tipo de actividades é caracterizado pela manipulação de materiais. De outra forma podemos definir



que estas actividades envolvem a manipulação de variáveis dos elementos que compõem o sistema em estudo.

Leite define como actividade prática uma actividade que tem como característica essencial envolver o aluno na realização da actividade, podendo esta ser laboratorial ou experimental. Existem inúmeros exemplos de actividades práticas, desde simples pesquisas até à construção e análise de sistemas dinâmicos. Estas actividades possuem um valor educativo muito importante no 1º ciclo do Ensino Básico. Piaget afirma que estas actividades são fundamentais para o desenvolvimento do próprio pensamento da criança. No entanto, a construção e realização destas actividades práticas é um processo moroso e complexo, porque envolve uma cuidosa planificação, selecção e preparação de materiais, de forma a criar actividades motivadoras, e que sejam por si só um desafio intelectual que permita à criança questionar, reflectir, relacionar situações, desenvolver interpretações, elaborar previsões, isto é compreender o comportamento de sistemas complexos.

Wellington (1998) alega que a realização de actividades práticas, pelo aluno, pode influenciar o desenvolvimento da criança em três domínios: cognitivo, afectivo e processual. A nível cognitivo o trabalho prático permite que a criança avalie num sistema dinâmico a importância de cada um dos seus elementos, identifique as relações existentes, reflecta sobre o seu comportamento e teste hipóteses sobre o mesmo. A nível afectivo o trabalho prático oferece à criança ambientes de aprendizagem motivadores, onde pode desenvolver as suas atitudes críticas, de colaboração e de comunicação com os outros alunos. A nível processual proporciona-lhe metodologias de análise científica na observação, descrição e compreensão de sistemas.

A importância das actividades práticas é reconhecida como sendo uma componente essencial do ensino das Ciências no 1º ciclo do Ensino Básico. Na Tabela II.1 podemos verificar algumas das razões apontadas e que pretendem salientar as potencialidades da implementação destas actividades em contexto educativo (Varela, 2009). Varela agrupou as vantagens da

realização de actividades práticas em capacidades aquisitivas, organizacionais, criativas, manipulativas e de comunicação (Tabela II.1).

---

---

<b>Capacidades Aquisitivas</b>	Ouvir, Observar, Pesquisar, Inquirir, Investigar, Recolher dados e Pesquisar
<b>Capacidades Organizacionais</b>	Registar, Comparar, Contrastar, Classificar, Organizar, Planificar, Rever, Avaliar, Analisar
<b>Capacidades Criativas</b>	Desenvolver planos, Arquitectar, Inventar e Sintetizar
<b>Capacidades Manipulativas</b>	Usar e cuidar dos Instrumentos, Demonstrar, Experimentar, Reparar, Construir, Calibrar
<b>Capacidades de Comunicação</b>	Questionar, Discutir, Explicar, Relatar, Escrever, Criticar

---

---

**Tabela II.1 – Capacidades e processos de construção do conhecimento que os alunos poderão desenvolver.**

### **II.3. Raciocínio Causal e a aprendizagem das crianças**

Todos os seres humanos quando confrontados, no quotidiano, com situações diferentes ou problemáticas tendem a definir relações de causalidade para explicar o(s) fenómeno(s) em causa e, desta forma, compreender o que os rodeia. Piaget considera que os indivíduos constroem o conhecimento através da interacção com os objectos externos - quando confrontados com situações problemáticas os indivíduos desenvolvem interpretações para explicar, de alguma forma, essas situações vivenciadas. A maioria das interpretações é elaborada com recurso ao raciocínio causal e, como referem Yoachim e Meltzoff (2003), essas interpretações são fundamentais na construção do conhecimento.

Sobel e outros (2004) referem que a criança constrói, desde muito cedo, uma grande variedade de interpretações, ou “modelos explicativos”, sobre os

objectos ou sistemas que observa ou com que lida diariamente. A sua curiosidade natural fomenta essa construção (Osborne & Freyberg, 1991). McClelland e Thompson (2007) indicam que as crianças a partir dos 4 anos de idade têm capacidade para construir modelos de causalidade, para explicarem e interpretarem determinados fenómenos. Driver (1985) aponta que essas explicações são construídas tendo por base uma sequência temporal de causa e efeito, com um sentido preferencial da causa para o efeito, isto é um raciocínio causal linear. Outros autores o reforçam (Gopnik, Sobel, Schulz, & Glymour, 2001; Gopnik, Glymour, Sobel, Schulz, Kushnir, & Danks, 2004; Schulz & Gopnik, 2004; Sobel, Tenenbaum, & Gopnik, 2004). Gopnik (2000) refere, por exemplo, que as crianças conseguem classificar os objectos de acordo com as suas características causais. Conseguem também reutilizar o conhecimento construído através do raciocínio causal e diversos estudos mencionam que utilizam o conhecimento causal que possuem para interpretar e compreender novos sistemas (Ahn, Gelman, Amsterlaw, Hohenstein, & Kalish, 2000; Ahn, Kalish, W., Medin, & Gelman, 1995; Bullock, Gelman, & Baillargeon, 1982; Schulz & Gopnik, 2004).

Halpern (1998) salienta a importância que o raciocínio causal tem no desenvolvimento do pensamento crítico de um indivíduo, pois permite que interprete, explique e preveja o comportamento de um determinado fenómeno. O raciocínio causal assume uma importância enorme na construção do conhecimento nas mais diversas áreas do saber. Existem vários estudos sobre a importância da causalidade na aprendizagem das crianças, que indicam que o raciocínio individual é baseado, essencialmente, nas relações causais que em crianças estabelecemos para compreender o mundo que nos rodeia nas mais diversas áreas: na física (Baillargeon, Kotovsky, & Needham, 1995; Bullock, Gelman, & Baillargeon, 1982), na biologia (Gelman & Wellman, 1991; Inagaki & Hatano, 1993), na psicologia (Gopnik & Wellman, 1994; Perner, 1991; Wellman, 1990). Driver (1982) afirma inclusive que, mais do que os argumentos lógicos, são as teorias causais que estruturam as percepções das crianças e influenciam a sua aprendizagem.

O raciocínio causal é construído de diversas formas, desde simples associações (Rescorla & Wagner, 1972) até à utilização de algoritmos complexos (Pearl, 2000; Pearl, 1988; Spirtes, Glymour, & Scheines, 2001). Podemos referir três formas distintas de aperfeiçoar as capacidades de raciocínio causal:

- O raciocínio causal pode ser potencializado promovendo actividades de dedução lógica.
- A utilização do raciocínio causal pode ser fomentada propondo aos alunos que criem as suas próprias interpretações ou explicações.
- O raciocínio causal pode ser desenvolvido através da explicação dos princípios básicos da ciência experimental, como Schauble (1990) demonstrou. Schauble refere que os alunos devem ser incentivados a identificar a causa e as relações que existem quando ocorre um determinado evento. Assim, os alunos aprendem a utilizar o método científico para determinar quais as relações que existem entre uma causa e um efeito potencial. Ensinar estes princípios proporcionará aos alunos procedimentos formais para avaliar relações causais no mundo que as rodeia.

Driver (1985) afirma também que as experiências do quotidiano possuem um papel fundamental na formulação de ideias e sustentam as interpretações que as crianças fazem da realidade. As interpretações que as crianças constroem com base na realização ou observação de experiências são de uma forma genérica interpretações correctas e geralmente aceites, como já referimos (Brook, Driver, & Johnston, 1989). As explicações que os alunos constroem sobre um determinado fenómeno variam, no entanto, com o nível de detalhe da análise realizada, da complexidade do fenómeno e da forma como exteriorizam as suas interpretações (Kang & Wallace, 2004).

## II.4. Modelação e Simulação em contexto educativo

O homem utiliza, desde tempos remotos, modelos para compreender ou representar sistemas, ou fenómenos, e vários autores afirmam que os modelos são uma técnica que pode ser utilizada para estudar o comportamento de fenómenos e de sistemas dinâmicos (Banks & Carson, 1984; Bennet, 1995; Cherry, Ioannidou, Rader, Brand, & Repenning, 1999; Law & Kelton, 1991; Watson & Blackstone, 1989).

Um modelo é definido como:

*uma forma de representação de um sistema, geralmente mais simples do que o próprio sistema* (Banks & Carson, 1984; Watson & Blackstone, 1989; Law & Kelton, 1991).

A representação de uma pequena parte de um sistema complexo real através de um modelo pode ter como objectivo a compreensão e a discussão dos fenómenos complexos que fazem parte do sistema (Kuipers, 1994). Em contexto educativo, a sua utilização pode ter como objectivo motivar o aluno a testar hipóteses sobre a realidade, a representar sistemas através de esquemas ou a desenvolver modelos mentais, entre outros (Duffy & Cunningham, 1996; Repenning, Ioannidou, & Ambach, 1998; Winn & Synder, 1996).

Neste contexto, uma actividade de modelação baseia-se na utilização de um modelo que representa um fenómeno ou sistema, de forma mais simplificada e onde determinados aspectos foram suprimidos com o objectivo de facilitar a compreensão do mesmo (Cherry, Ioannidou, Rader, Brand, & Repenning, 1999; Lunce, 2006; Kuipers, 1986). O mesmo sistema pode ser representado por vários modelos, que o representem em parte ou na totalidade. De qualquer forma, o nível de detalhe e a fidelidade com que um modelo representa o sistema real são factores de grande importância, mesmo que o modelo não represente todos os elementos do sistema (Alessi & Trollip, 2001).

Vários autores indicam que na implementação destas actividades os professores podem utilizar duas metodologias ou modos distintos, o modo exploratório e o modo expressivo (Gomes, Ferracioli, & Marques, 2008; Marcelino, 1998). No modo exploratório os alunos manipulam os parâmetros de um modelo, não podendo modificar a sua estrutura. Os modelos são geralmente fornecidos pelo professor (Bliss & Ogborn, 1989; Bliss, et al., 1992). No modo expressivo os alunos têm que identificar qual o modelo que pode representar o fenómeno e construí-lo, que depois pode ser expresso usando uma ferramenta de modelação. Uma ferramenta de modelação é uma ferramenta especialmente desenhada e construída para facilitar a construção e o cálculo, ou simulação, de modelos. Como Marcelino (1998) indica, a utilização de cada uma destas metodologias está relacionada com o tipo de aplicação que o professor e os alunos estão a utilizar. No caso de uma ferramenta de modelação os alunos podem construir ou executar um modelo, o que permite ao professor utilizar as duas metodologias atrás descritas.

Outra forma de utilizar modelos em educação, embora de forma indirecta, é através de programas de simulação. Evagorou e outros (2009) afirmam que, através da simulação, os alunos podem verificar o comportamento dinâmico dos sistemas ou de fenómenos presentes na maior parte dos sistemas estudados pelas crianças, seja a transferência de energia entre sistemas, a transferência de calor, as fases da lua ou o crescimento das plantas.

Um programa de simulação é:

um programa que representa um sistema, ou fenómeno, de forma dinâmica, através de um modelo com o qual o aluno pode interactivar por variação dos seus parâmetros (Marcelino, 1998; Merrill, Hammons, Vincent, Reynolds, Cristensen, & Tolman, 1996; O'Shea & Self, 1983; Webb & Wharton, 1991).

Numa actividade de simulação o aluno executa o programa que lhe permite identificar o significado e a influência das variáveis no sistema, desconhecendo a estrutura do modelo subjacente (Haugen, 1990). Nos

programas de simulação os alunos apenas podem explorar um modelo que foi previamente implementado aquando da construção do programa.

Marcelino (1998) identificou ainda outra forma de utilização das ferramentas de modelação e dos programas de simulação em contexto educativo e que designou como modo demonstrativo. Neste caso o professor utiliza a ferramenta/programa para demonstrar um fenómeno ou sistema. A escolha por parte do professor da metodologia a utilizar depende dos objectivos que pretende alcançar, dos conhecimentos prévios dos alunos, do tempo de que dispõe para a actividade e do grau de detalhe com que quer que os alunos analisem o fenómeno/sistema.

De acordo com a classificação de Leite (2001), podemos classificar as actividades de modelação e de simulação como sendo actividades práticas. A sua implementação permite aos professores criarem ambientes de interacção, onde os alunos podem desenhar, criar, testar ideias alternativas e modelos que representem um sistema por eles observados (Papert, 1980; Resnick, 2002). A execução dos modelos permite que os alunos comparem os resultados com as percepções que já possuíam previamente. Resnick (2006) classifica esta acção como sendo cíclica e iterativa, em que novas ideias geram novas criações e novas criações geram novas ideias.

A realização de actividades de modelação e de simulação em contextos educativos pode trazer um conjunto diversificado de vantagens. Para Parush e outros (2002), são um instrumento eficiente e eficaz para o ensino e a aprendizagem de sistemas complexos e dinâmicos. Vários autores referem que estas actividades permitem uma aprendizagem mais dinâmica, interactiva e motivadora, que pode potenciar o desenvolvimento de capacidades como a reflexão, a tomada de decisões, a criatividade e a generalização (Hansmann, Scholz, Francke, & Weymann, 2005; Mills, 2004; Ramasundaram, Grunwald, Mangeot, Comerford, & Bliss, 2004; Schwarz, Meyer, & Sharma, 2007). Possibilitam também a aprendizagem pela descoberta (Passmore & Stewart, 2002; Schwarz & White, 2005). Alessi e Trollip (2001) afirmam que estas actividades têm vantagens adicionais se compararmos com outras

metodologias, porque possibilitam que os alunos assumam um papel activo na realização das mesmas e, na opinião dos próprios alunos, são mais interessantes, motivadoras e significativas. Facilitam a compreensão de sistemas, porque concentram a atenção do aluno nos aspectos, considerados pelo professor, essenciais, evitando que o aluno se distraia com análise de outros elementos ou entidades (Alessi & Trollip, 2001). Podemos afirmar também que o recurso a modelos e/ou simulações, se bem desenhados, pode permitir uma aprendizagem onde o aluno é estimulado a desenvolver uma atitude científica, pois permitem criar ambientes de investigação “*de situações reais ou experimentais. Neste caso, os alunos são normalmente chamados a “investir-se” de papéis determinados, observando as variáveis em jogo e assumindo responsabilidades no desenvolvimento de determinado processo*” (Brito, Duarte, Torres, Baía, Figueiredo, & Alves, 2002, p. 18).

Outros estudos demonstram que a realização destas actividades evidenciam que os alunos obtêm um melhor aproveitamento, que há uma melhor transferência dos conhecimentos adquiridos para situações do mundo real (Leemkuil, de Jong, de Hoog, & Christoph, 2003), que permitem a análise e a representação de fenómenos que poderiam ser caros de representar ou impossíveis de visualizar na realidade (Alessi & Trollip, 2001). Wilson e outros (1996) referem, ainda, que permitem alterar a escala do tempo, comprimindo-o ou seleccionando uma parte do tempo em que ocorre um fenómeno. Thomas e Milligan (2004) salientam que permitem criar ambientes de aprendizagem estimulantes e ricos para os alunos, facilitando o acesso a determinados conceitos, que de outra forma poderiam ser perigosos e impraticáveis. Permitem também personalizar o ritmo da aprendizagem e repetir experiências sempre que seja necessário (Kang, 1994-95).



## **II.5. Tipos de Modelos e de Programas de Simulação**

Existem vários tipos de modelos que podem ser utilizados em contextos educativos. Podem também ser agrupados de várias formas: modelos contínuos e discretos ou em modelos estáticos e dinâmicos, que se subdividem em modelos contínuos e discretos, etc. Os modelos contínuos caracterizam-se por ser modelos em que algumas das variáveis e derivadas variam continuamente em relação às outras. São geralmente representados por equações diferenciais. Por outro lado, nos modelos discretos as variáveis de estado apenas variam em pontos precisos da variável independente e não de forma contínua. Nestes modelos as mudanças de estado ocorrem numa série de eventos discretos espaçados no tempo, os quais podem alterar o estado do sistema. Ambos os tipos de modelos caracterizam-se também frequentemente por terem como variável independente o tempo. Nesse caso podem ser denominados por modelos dinâmicos. Em contraponto aos modelos dinâmicos existem os modelos estáticos, que são utilizados para descrever sistemas em equilíbrio ou em estado estacionário (Banks & Carson, 1984; Law & Kelton, 1991).

Todos estes tipos de modelos podem ser classificados como modelos quantitativos. Como Berkum e outros (1995) referem, nestes modelos as entidades, os elementos de um modelo, são representadas por valores numéricos e as relações entre as entidades são descritas através de relações matemáticas. Fornecem aos seus autores ou utilizadores dados numéricos que reflectem a sua evolução e comportamento (Fritzson, 2004).

Um outro tipo de modelos que podemos utilizar são os modelos qualitativos. Neste caso, as entidades que compõem o modelo são representadas por um conjunto finito de estados qualitativos (Fritzson, 2004). Na nossa opinião, a forma mais abrangente de classificarmos modelos será através da divisão em modelos quantitativos e modelos qualitativos.

Quanto aos programas de simulação, Lunce (2006) identifica quatro formas diferentes classificá-los: simulações físicas, iterativas, situacionais e procedimentais. As simulações físicas representam um determinado fenómeno e permitem ao aluno a manipulação de algumas das variáveis representadas na simulação. Neste tipo de simulações o sistema já está representado e o aluno tem apenas a possibilidade de alterar as variáveis e verificar o impacto dessas alterações no comportamento do sistema. Nas simulações iterativas os alunos têm a possibilidade de testar e representar hipóteses e verificar os resultados e, assim, aprender sobre o fenómeno representado. As simulações situacionais permitem ao aluno lidar com diferentes ambientes ou situações de forma a desempenhar um determinado papel e, assim, adquirir conhecimento sobre o sistema representado. As simulações procedimentais permitem, por exemplo, aprender a operar um equipamento.

A escolha do modelo, ou da simulação, e do respectivo tipo, a utilizar numa actividade de modelação ou de simulação depende de variados factores, entre os quais podemos referir os objectivos a alcançar com a sua realização, o contexto de utilização, o nível de detalhe, a informação disponível, o tempo para a realização da tarefa, o conhecimento prévio dos alunos e a fidelidade com que se quer analisar o sistema (Hassel & Webb, 1990).

## **II.6. Modelação e Simulação Qualitativas**

Como já foi referido, com o objectivo de compreender os vários fenómenos que ocorrem no mundo real, o homem cria modelos que permitem interpretar e prever o comportamento dos sistemas. Este tipo de raciocínio é um raciocínio qualitativo, em que o homem não possui um conhecimento muito profundo sobre o sistema, mas consegue verificar e esquematizar o seu comportamento ao longo do tempo. A representação do modelo é possível porque o indivíduo (Werthner, 1994):

- Possui os conhecimentos básicos,

- Consegue estabelecer relações de causa-efeito,
- Consegue seleccionar as fases mais importantes do sistema,
- Consegue prever a evolução do sistema ao longo do tempo.

A modelação qualitativa permite a representação de sistemas complexos e dinâmicos apenas com as características essenciais da sua estrutura e comportamento (Neumann & Bredeweg, 2004) e sobre os quais existe pouca informação. Assim, é possível a representação de um sistema em que, apesar de não se possuírem todos os dados necessários para uma representação quantitativa, essa representação tem a capacidade de reproduzir as características essenciais do sistema em causa, desprezando uma grande quantidade de informação, que não é relevante para a sua execução (Neumann & Bredeweg, 2004). Nestes modelos o estado das variáveis é comumente identificado através de um conjunto finito e ordenado de valores qualitativos como por exemplo, *pequeno*, *médio* e *grande* (Cellier, 1991).

Diversos autores referem que a designação de simulação qualitativa é sinónimo de *raciocínio qualitativo* ou *Qualitative Physics*. Werthner (1994) refere que a utilização da designação raciocínio qualitativo é mais abrangente. Este autor define como raciocínio qualitativo uma actividade que envolve a realização de duas tarefas: numa primeira fase identifica-se a estrutura do sistema, isto é cria-se um modelo, que podemos definir como uma actividade de *modelação qualitativa*, e entende que a utilização de um modelo qualitativo para análise e compreensão de um sistema é uma actividade de *simulação qualitativa*. A construção de um modelo qualitativo baseia-se na percepção que um individuo tem sobre um problema. Werthner (1994) indica que a observação de determinado problema permite reconhecê-lo, identificar as suas componentes essenciais e compreender qual o relacionamento que existe entre elas. A identificação das entidades e das relações existentes entre elas permite fazer uma descrição qualitativa do problema e descrever também a sua evolução ao longo do tempo.

O raciocínio qualitativo permite a representação de sistemas contínuos. Essa representação baseia-se numa representação discreta de todos os possíveis estados do sistema e possui todos os elementos essenciais para descrever ou compreender o sistema (Werthner, 1994). De uma forma mais simplista, o mundo é representado através de entidades, que podem estar ou não relacionadas. No raciocínio qualitativo não existe nenhum método que indique que o modelo representado não existe ou que está mal representado. A evolução do sistema depende do relacionamento de causalidade que existe entre as suas entidades. As entidades são descritas através de valores qualitativos, que representam todos os estados que estas podem assumir no sistema. As mudanças de estado do sistema têm origem em mudanças de estado das entidades, que as propagam através do seu relacionamento com outras entidades. A evolução ao longo do tempo é expressa através das mudanças de estado do sistema. Os modelos qualitativos não possuem informação sobre a duração de um determinado evento ou comportamento, apenas *sabem* qual a sua sequência ao longo do tempo.

Estes modelos são fáceis de entender, de manipular e de modificar e produzem resultados compreensíveis, tanto para técnicos como para não especialistas (Travè-Massuyes, Ironi, & Dague, 2004). Este tipo de representação de um modelo facilita inclusive a obtenção de conclusões relevantes sobre o mesmo. Bredeweg (1992) afirma que este tipo de representação, baseada na estrutura do sistema, possibilita ao autor uma construção de um modelo capaz de gerar automaticamente explicações sobre o comportamento do mesmo e Guerrin (2001) refere-se a este tipo de modelos como modelos auto-explicativos.

Travè-Massuyes (2004) descreve o processo de implementação de um modelo quantitativo como um processo com alguma dificuldade, que pode aumentar sempre que seja necessário desenvolver o próprio modelo. Acresce ainda que, na modelação quantitativa, na representação de um modelo são utilizados conceitos matemáticos que inviabilizam a sua utilização no 1º ciclo do Ensino Básico (Forbus, Carney, Sherin, & Ureel, 2004). Por outro lado, está dependente da informação que o autor possui sobre o sistema a modelar. A

dificuldade que pode existir na obtenção da informação que permite a representação correcta do modelo pode ser um obstáculo à implementação de actividades de modelação em contextos educativos, em especial em níveis de ensino onde não existem os equipamentos ou os conhecimentos necessários para a recolha e manipulação de dados. Assim, o recurso à modelação e simulação qualitativas permite que um maior número de alunos e professores possam beneficiar da sua utilização (Forbus, Carney, Sherin, & Ureel, 2004).

Os estudos realizados por Lima-Salles e outros (Lima-Salles, Salles, & Bredeweg, 2004; Salles, Lima-Salles, & Bredeweg, 2005) demonstraram o potencial da utilização dos modelos qualitativos no ensino e afirmam que a sua utilização permite a exploração de sistemas complexos, previsão de comportamentos e elaboração de explicações sobre um sistema representado através de um modelo construído com base em relações de causalidade. Por outro lado, este tipo de relações estão presentes na maioria das situações vivenciadas pelos alunos ou que são objecto do seu estudo (Salles, Bredeweg, Araujo, & Neto, 2003).

Bredeweg (2004) refere que a utilização da modelação e da simulação qualitativas em ambiente educativo é um processo de “*aprender fazendo*”, faculta e facilita ambientes de experimentação, onde o aluno tem a possibilidade de definir a estrutura do modelo, a interacção e a forma como visualiza o comportamento do sistema. Bredeweg refere-se à utilização deste tipo de modelação como um processo iterativo e heurístico, o que permite que o aluno, ao modelar, construa o seu próprio conhecimento, porque é um processo de constante redefinição de conceitos e de esquemas que modelam o sistema. De acordo com este autor as diferentes abordagens do raciocínio qualitativo proporcionam ferramentas básicas para a aquisição de conhecimento, ou seja, permitem adquirir e articular ideias para uma representação formal de determinado campo do saber, induzindo a construção de conhecimento (Salles & Bredeweg, 1997), pois, os modelos assim representados associam a observação que um aluno faz sobre determinadas situações com os conhecimentos adquiridos noutras idênticas ou que possuem alguma informação relevante que o auxiliem a construí-los.

Vários autores afirmam que o raciocínio qualitativo pode ser utilizado em diversas áreas, com diferentes objectivos (Forbus, 1988; Werthner, 1994). No caso específico da Educação podem ser usados para:

- Monitorização e diagnóstico de sistemas: se o aluno conhecer o sistema e tiver criado previamente um modelo qualitativo tem a possibilidade de verificar o comportamento do mesmo e se ocorrer um acontecimento diferente tem a possibilidade de identificar a causa.
- Modelação: ao analisar um sistema dinâmico o aluno pode identificar as componentes, as relações existentes entre elas e construir um modelo que represente o sistema observado.
- Explicação e Interpretação: compreender um sistema ou modelo observado e formular explicações sobre o seu comportamento.

Destacamos, de seguida, algumas situações em que a utilização da simulação qualitativa poderá ser mais vantajosa do que a da simulação quantitativa:

- Sempre que os dados recolhidos sobre um sistema não sejam os suficientes para a representação de um modelo quantitativo pode-se recorrer a modelos qualitativos para a representação e análise desse sistema.
- A utilização da modelação qualitativa é muito mais simples do que a da modelação quantitativa. A informação sobre um determinado modelo pode ser escassa, o que dificultará a representação de todas as relações entre as entidades que representam o sistema.
- A modelação e a simulação qualitativas possibilitam que um maior número de alunos e professores possam beneficiar da sua utilização em contextos educativos, uma vez que não necessita de formalismos de representação avançados. Como foi referido, a maioria das abordagens de modelação e de simulação obriga a que o utilizador possua conhecimentos matemáticos que nesta faixa etária ainda não existem com a profundidade suficiente (Forbus, Carney, Sherin, & Ureel, 2004).
- Os resultados obtidos com os modelos quantitativos obrigam a uma interpretação dos dados obtidos - em geral uma interpretação correcta

da informação está restrita a especialistas (Salles, Bredweg, & Araújo, 2003).

- A modelação qualitativa permite a representação de relações de causa-efeito. Na modelação quantitativa a representação dos modelos faz-se usualmente recorrendo a fórmulas matemáticas, que não permitem representar o raciocínio construído através da análise de causalidade. O raciocínio de causalidade possui um papel muito importante para as crianças, pois permite inferir, fazer previsões e compreender determinados resultados (Forbus, 2002).
- No 1º ciclo do Ensino Básico, o Estudo do Meio é essencialmente qualitativo e baseia-se principalmente na análise de relações de causalidade nos fenómenos físicos: é importante determinar o que acontece, quando acontece e quais os seus efeitos (Forbus, 2002).
- Os modelos qualitativos facilitam a compreensão de aspectos relevantes do modelo simulado, a interpretação dos resultados processa-se de uma forma intuitiva, o que possibilita a construção de explicações do comportamento do modelo representado (Travè-Massuyes, Ironi, & Dague, 2004).
- A utilização da modelação e da simulação qualitativas no ensino pode possibilitar ainda a partilha de conhecimento, aquando da explicação de um fenómeno através de um modelo (Forbus, 2002).
- A construção pelos alunos dos seus próprios modelos qualitativos, pois permite o estudo e compreensão de modelos mais complexos e que de outra forma não seriam possíveis (Forbus, 2002).

A construção de modelos qualitativos pode ser feita essencialmente segundo três perspectivas diferentes (Travè-Massuyes, Ironi, & Dague, 2004):

- Teoria centrada em restrições (Kuipers, 1986),
- Teoria centrada em componentes (de Kleer & Brown, 1984),
- Teoria centrada em processos (Forbus, 1984).

De seguida e dada a sua importância para este trabalho, vamos descrever cada uma delas com algum detalhe.

### II.6.1 Teoria Qualitativa Centrada em Restrições

Na Teoria qualitativa centrada em restrições (Kuipers, 1986) o mundo é representado com base em equações diferenciais qualitativas. As equações diferenciais qualitativas obtêm-se através das equações diferenciais que representam o sistema em estudo. A teoria apresentada por Kuipers sustenta-se na possibilidade de transformar as equações diferenciais ordinárias em equações diferenciais qualitativas.

Devido à especificidade do público-alvo, alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, a utilização da simulação qualitativa através da Teoria centrada em restrições não é aconselhável, porque a representação baseia-se em equações diferenciais ordinárias, temática desconhecida neste nível etário.

### II.6.2 Teoria Qualitativa Centrada em Componentes

Kleer e Brown (1984) definiram que, na representação de um modelo qualitativo através da Teoria qualitativa centrada em componentes, o autor tem a necessidade de identificar os elementos, os *components* e *conduits*, que representam um sistema. Os *components* são entidades que manipulam os *materiais* e os *conduits* têm como função transportar esses *materiais*. Cada *component* está associado a uma equação qualitativa, ou *confluência*, que representa as relações entre as variáveis que descrevem as características dos *materiais*.

Os *components* possuem um conjunto de *estados qualitativos*. Os *estados qualitativos* são definidos recorrendo a um *nome*, a *confluências* e a *especificações*. As *especificações* podem descrever as condições em que o estado pode vir a ocorrer.

Na Tabela II.2 está representado um sistema que pretende verificar o comportamento de uma bateria e de uma lâmpada. Neste exemplo, a lâmpada e a bateria são os *components* do modelo e a cada *component* está associado



um conjunto de estados qualitativos que descrevem o comportamento de cada uma deles.

		Bateria		
		Descarregada	Pouca carga	Carga completa
Lâmpada	Sem avaria	Sem iluminação	Iluminação fraca	Iluminação forte
	Avariada	Sem iluminação	Sem iluminação	Sem iluminação

**Tabela II.2 – Components, estados qualitativos e comportamento do modelo.**

Através do cruzamento de estados obtêm-se todos os possíveis estados do sistema modelado e verifica-se qual a viabilidade de ocorrerem - *intrastate analysis*. Após o cruzamento, é necessário identificar qual a sequência de evolução dos estados obtida.

### II.6.3 Teoria Qualitativa Centrada em Processos

Na Teoria qualitativa centrada em processos (Forbus, 1984), os sistemas físicos são modelados em termos de *objectos* (entidades) e *propriedades*, *quantidades* e *relações*, que mudam pela acção de *processos*.

Forbus (1984) refere, nesta teoria, que um sistema dinâmico pode ser representado através de *objectos* que possuem propriedades que são descritas por *quantidades*. Os *objectos* inseridos no modelo estão relacionados com entidades identificadas no sistema real que se pretende simular. O *objecto* é a menor unidade do sistema que está a ser representada. Um modelo obtido através da Teoria qualitativa centrada em processos é uma colecção de *objectos* inter-relacionados. Esta representação possui uma estrutura e uma hierarquia, que possibilita verificar quais as dependências e relações que existem entre os *objectos*.

Em cada *objecto* identificado é necessário definir o *espaço quantitativo* que é composto pelo conjunto de valores *qualitativos* de uma *quantidade*. Os valores *qualitativos* são seleccionados de acordo com o *princípio de relevância* definido por Forbus: apenas devem constar valores qualitativos que sejam relevantes para o sistema. A *quantidade* pode ser expressa em *magnitude*, que representa os diferentes estados possíveis para o objecto, e *derivada*, que associa a cada estado um comportamento de *crescimento*, de *diminuição* ou *constante*.

O comportamento do sistema é definido através das alterações de estado dos objectos que constituem o modelo. Podemos afirmar que o comportamento do modelo é uma sequência de estados qualitativos, que se pode observar num determinado período de tempo. A alteração de estado de um objecto verifica-se quando um processo provoca essa alteração. Forbus identifica este pressuposto como *mecanismo único*, que se propaga por todo o sistema por meio de relações de dependência entre quantidades. Na Teoria qualitativa centrada em processos as mudanças do sistema são causadas por influência directa, ou indirecta, de processos e as mudanças de estado são sempre para um valor contíguo do estado anterior, acima ou abaixo (Salles, 1997).

## **II.7. Análise de sistemas dinâmicos e concepção de modelos**

O desenvolvimento de um modelo que represente um sistema dinâmico é uma tarefa difícil, incluindo para adultos, devido às características destes sistemas, que possuem relações complexas (Ferrari & Chi, 1998; Wilensky & Resnick, 1999).

A representação de todos os aspectos de um sistema, eventos, interacções, obriga a que o aluno tenha uma grande capacidade mental, para modelar todos os comportamentos do mesmo. Num sistema podem existir inúmeras

conjugações que tornam difícil, mentalmente, prever todas as possibilidades que possam existir entre duas entidades (Perkins & Grotzer, 2000). A compreensão de sistemas complexos e dinâmicos obriga a que os alunos construam um esquema de conceitos e princípios que representem os aspectos fundamentais do sistema, as entidades e as relações que o compõem. Vários estudos mostram como a construção destes modelos difere consoante o conhecimento, a idade, a experiência e os conhecimentos que o aluno possui (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004).

Jacobson (2001) refere que as interpretações feitas pelos alunos sobre a realidade utilizam explicações de causalidade simples e centradas num único processo, em comparação com as análises elaboradas por especialistas, em que o controlo é descentralizado, multivariável e tendentes a explicar os estados de equilíbrio. A construção de um modelo baseia-se na percepção da estrutura que o indivíduo tem sobre o sistema (Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000; Mintzes, Trowbridge, Arnaudin, & Wandersee, 1991; Wood-Robinson, 1995). Os aspectos que não estão visíveis e que sejam mais difíceis de detectar tornam-se também difíceis de representar mentalmente (Feltovich, Coulsen, Spiro, & Dawson-Saunders, 1992).

Existem diversas metodologias para o desenvolvimento de modelos de sistemas complexos (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004).

Collins e Ferguson (1993) classificam-nas como *epistemics games* e definem-nas como “*Epistemic forms are target structures that guide inquiry. Epistemic games are general purpose strategies for analyzing phenomena in order to fill out a particular epistemic form*” (*idem*, p. 25). Os mesmos autores identificam várias metodologias, desde aquelas que diariamente utilizamos para identificar e compreender um fenómeno, como, por exemplo, a realização de uma lista com uma sequência de eventos, até metodologias mais elaboradas e que agrupam em:

- *Structural Analyses* – métodos que possibilitam a análise da estrutura de sistemas, “*structural-analysis games include compare and contrast, cost-benefit analysis, primitive elements analysis, tables or cross-*

*product analysis, tree structures or hierarchical analysis, and axiom systems. Structural-analysis games answer the question "What is the nature of x?" by breaking x down into subsets or constituents and describing the relationships among the constituents"* (idem, p. 29).

- *Process Analyses* – estes métodos permitem analisar os sistemas relativamente à sua estrutura e comportamento: “*In addition to analyses in terms of structure and function, there is a third kind of analysis in terms of dynamic behavior of phenomena*” (idem, p. 36).
- *Functional Analyses* – estes métodos de análise são geralmente utilizados nas áreas curriculares de História e de Ciências e tem como objectivo “*to determine the causal or functional structures that relate elements in a system*” (idem, p. 33).

Diversos autores (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981; Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980; Wineburg, 1991) referem que a construção de modelos (mentais) baseada na *framework Structure–Behavior–Function* (SBF) (Collins & Ferguson, 1993) permite a interpretação de sistemas através do comportamento de causalidade e das relações entre os diversos aspectos dos mesmos. Hmelo (2000) refere que a utilização do método *SBF* nas escolas do 1º ciclo facilita a compreensão de sistemas dinâmicos complexos.

O *SBF* permite que o aluno obtenha uma correcta percepção sobre o funcionamento de um sistema, quais as entidades que o compõem e que relações de causalidade estão presentes (Goel, Garza, Grué, Murdock, Recker, & Govindaraj, 1996). Numa 1ª fase, *Structure*, o aluno tem que identificar os elementos do sistema e as relações entre os diversos elementos. No caso de um sistema predador-presa, por exemplo, os elementos poderão ser as presas, os predadores e os alimentos. Na fase *Behavior* representa-se o comportamento dos elementos e como estes se comportam, as reacções e os mecanismos. No *Behavior* estão representados todos os estados e quais as possíveis sequências e transições entre estados. Os estados representam o comportamento das entidades ao longo do tempo. O comportamento contínuo de um elemento é expresso através de estados discretos e a sequência de

evolução está relacionada com a ocorrência de eventos de causalidade. Por último, a fase *Function* identifica qual a função de cada elemento no sistema. Na *Function* estão descritas todas as condições necessárias para representar o sistema.

Assaraf (2005), nos diversos estudos realizados no âmbito do ensino das Ciências, indica oito etapas que o aluno deve seguir para desenvolver capacidades de *System thinking*:

1. “*Naming parts and processes*”.
2. “*Processes that create relationships between parts*”.
3. “*Building up a framework of relationships*”.
4. “*Making generalisations about relationships*”.
5. “*Understanding that some relationships can impact on other relationships*”.
6. “*Knowing there can be hidden dimensions that affect the system*”.
7. “*Understanding that many systems go in cycles*”.
8. “*Recognizing that systems can change over time, sometimes slowly and sometimes quite quickly*”.

Numa fase inicial do processo de análise de um sistema, a criança deve ser capaz de identificar as entidades que estão presentes no mesmo. De seguida, o aluno deverá identificar as relações entre essas entidades, as relações de causalidade, e compreender a evolução do sistema num determinado período de tempo.

O modelo proposto por Jong (2005) identifica um conjunto de factores que permitem que a criança realize actividades de investigação sobre modelos dinâmicos. Para Jong a realização de actividades de investigação está dependente do conhecimento que os alunos possuem sobre o tema. Jong afirma que os alunos deverão possuir um conhecimento genérico sobre o sistema a analisar, conhecer o funcionamento e o método de modelação, possuir competências gerais e específicas de como realizar o processo de investigação: observação, criação de hipóteses, recolha de dados, experimentação, análise de dados e resultados e formulação de conclusões.

Para os alunos que não possuam estas características será extremamente difícil ou, como afirma Jong, impossível construir conhecimento com base na análise de modelos que representem sistemas dinâmicos. Jong sugere que os professores devem enriquecer os ambientes de aprendizagem com a explicação do funcionamento de mecanismos, fomentar o raciocínio científico, com o objectivo de que as crianças consigam também realizar actividades de investigação.

Hmelo (2006) refere a importância da análise de sistemas complexos pelas crianças. No entanto, afirma que nestas actividades os alunos deverão ser acompanhados e apoiados pelos professores. Lajoie (2009) indica que, devido à dificuldade que existe em estudar sistemas dinâmicos, os alunos deverão ter apoio no decorrer destas actividades e deverão ser-lhes fornecidas metodologias e estratégias que os ajudem a compreender o comportamento destes sistemas.

Schunn (2009) identifica quatro factores essenciais para que a criança compreenda o comportamento de sistemas dinâmicos:

1. As actividades a propor às crianças devem ser actividades com significado. As crianças deverão estar envolvidas em todas as fases do processo.

As crianças sentem-se motivadas a analisar sistemas complexos e a escola deve aproveitar esta motivação para que as crianças analisem e compreendam o funcionamento dos mesmos (Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000). Mas, habitualmente, a análise de conceitos complexos nas escolas é muito superficial e os aspectos fundamentais negligenciados (Chinn & Malhotra, 2002). Anderson afirma que a aquisição de conhecimento sobre sistemas dinâmicos acontece quando a criança participa em projectos de investigação. (Anderson & Schunn, 2000).

2. No caso de actividades de simulação o aluno deverá conhecer o modelo presente. As crianças, mesmo nos modelos mais simples que representam sistemas complexos, têm alguma dificuldade em compreender o significado dos elementos que compõem um modelo e

como é que eles interagem. As crianças devem ser apoiadas para que compreendam todas as partes que compõem um modelo. Roth (2001) indica que a análise de modelos deve ser acompanhada por debates entre as crianças, para que possam construir o seu próprio modelo.

3. O desenho iterativo de um modelo e a reformulação de modelos é importante para a compreensão de sistemas dinâmicos. Schunn (2009) afirma que é muito importante o redesenho de modelos para que a criança compreenda o funcionamento do sistema e de como é que as entidades interagem.
4. A compreensão de modelos complexos é, por vezes, uma tarefa árdua que obriga a que o aluno disponha de tempo para analisar e entender o comportamento do sistema.

Por outro lado, trabalho desenvolvido na área das actividades de investigação realizadas por crianças pode trazer contributos para a área de análise de sistemas e desenvolvimento de modelos.

Martins e outros (2007) referem quatro etapas que devem estar presentes num processo de investigação e que os alunos e os professores deverão cumprir para realizar uma actividade de investigação:

- *Como se definem as questões-problema a estudar;*
- *Como se concebe o planeamento dos procedimentos a adoptar;*
- *Como se analisam os dados recolhidos e se estabelecem as conclusões;*
- *Como se enunciam novas questões a explorar posteriormente, por via experimental ou não (Martins, et al., 2007).*

Numa primeira fase, o professor ou os alunos seleccionam um domínio para a definição de um problema para estudo. O professor deverá apoiar e validar esta selecção e recolher informação sobre as ideias prévias dos alunos acerca do tema seleccionado. Após esta selecção, é necessário esclarecer o que se quer estudar/investigar, isto é identificar qual a questão a que devemos responder. A planificação e os procedimentos a adoptar para encontrar uma resposta para o problema escolhido, é uma etapa crucial num processo de

investigação. Nas fases seguintes o aluno deverá testar hipóteses e analisar o comportamento do sistema e compará-lo com as suas próprias previsões.

Martins salienta a importância da planificação numa actividade de investigação e que através dela o professor e os alunos “*poderão verificar as concepções prévias das crianças, como interpretam a questão-problema, que respostas consideram plausíveis, como é possível saber se uma previsão se confirma ou não*” (Martins, et al., 2007, p. 46).

Goldsworthy (1997) na sua *carta de planificação* menciona diversos pontos na planificação e na realização de actividades de investigação e que o aluno deverá responder às seguintes questões:

- *O que vamos mudar (variável independente em estudo)*
- *O que vamos medir (variável dependente escolhida)*
- *O que vamos manter (variáveis independentes a manter controladas)*
- *O que pensamos que vai acontecer e porquê (elaboração de previsões e sua justificação)*
- *Como vamos registar os dados (tabelas, quadros, gráficos, ...).*

O modelo proposto por Freyberg (1991) para o ensino de conceitos científicos identifica quatro etapas, uma fase preliminar e três de desenvolvimento. Na fase preliminar o professor deverá recolher informação sobre os conceitos que as crianças possuem sobre um determinado processo. Os alunos deverão efectuar uma pesquisa sobre os conceitos científicos do sistema a modelar. Na primeira fase de desenvolvimento o professor deverá promover actividades que centrem a atenção dos alunos no sistema que se pretende estudar. A fase seguinte caracteriza-se por ser uma fase de desafio em que os alunos são confrontados com o escrutínio, o debate e a partilha de ideias. Nesta fase o aluno deverá ser confrontado com a explicação científica do fenómeno. A última fase será a generalização e reutilização dos conceitos científicos assimilados - o professor deverá confrontar o aluno com situações idênticas com o objectivo de induzir o aluno a reflectir e a reutilizar os conhecimentos previamente adquiridos.



## II.8. Áreas curriculares de utilização da modelação e da simulação no 1º ciclo

A utilização de actividades de modelação e de simulação pode realizar-se em inúmeras áreas disciplinares como a biologia, a química, a física, etc. (Cherry, Ioannidou, Rader, Brand, & Repenning, 1999; Lunce L. , 2006). Tendo em conta as características do currículo do 1ºciclo, a área curricular que abrange um maior número destas áreas do saber é a de Estudo do meio. Contudo, podemos afirmar que a utilização destas actividades não se restringe apenas a áreas “mais científicas”, havendo estudos e experiências que relatam a sua implementação em áreas tão díspares como a Sociologia, a História e as Línguas (Ören, 2002; Sokolowski & Banks, 2009). De referir que o uso nas diferentes áreas depende muito da facilidade de utilização, da formação dos professores e da tradição e hábito de usar este tipo de ferramentas no processo educativo (Marcelino, 1998).

Convém também sublinhar que a sua utilização em ambientes educativos não se restringe apenas a uma área disciplinar, pois frequentemente a mesma actividade pode ser analisada de diferentes perspectivas: *“o Estudo do Meio é apresentado como uma área para a qual concorrem conceitos e métodos de várias disciplinas científicas como a História, a Geografia, as Ciências da Natureza, a Etnografia, entre outras, procurando-se, assim, contribuir para a compreensão progressiva das inter-relações entre a Natureza e a Sociedade. Por outro lado, o Estudo do Meio está na intersecção de todas as outras áreas do programa, podendo ser motivo e motor para a aprendizagem nessas áreas.”* (ME, 2004, p. 101).

No currículo nacional do 1º ciclo do Ensino Básico (ME, 2004) encontram-se especificados os objectivos gerais desta área curricular disciplinar, entre os quais podemos destacar:

- *“Identificar elementos básicos do Meio Físico envolvente (relevo, rios, fauna, flora, tempo atmosférico... etc.).*

- *Identificar problemas concretos relativos ao seu meio e colaborar em acções ligadas à melhoria do seu quadro de vida.*
- *Utilizar alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões e problemas, avançar possíveis respostas, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente pesquisa e experimentação.*
- *Seleccionar diferentes fontes de informação (orais, escritas, observação...etc.) e utilizar diversas formas de recolha e de tratamento de dados simples (entrevistas, inquéritos, cartazes, gráficos, tabelas).” (ME, 2004, p. 103).*

A título de exemplo, podemos desde já descrever algumas actividades que permitirão a utilização de actividades de modelação e/ou de simulação neste contexto. Um dos problemas que, hoje em dia, afecta a Geografia Portuguesa, são os fenómenos de erosão, conteúdos do 3º ano do 1º ciclo do Ensino Básico. Exemplos de actividades sobre este tema poderão ser a análise das causas e dos efeitos da erosão da costa ou dos solos, ou do impacto da permeabilização dos solos no habitat (Tabela II.3).

---

---

**Estudo do Meio – Aspectos Físicos do Meio Local – Solos**

**Objectivos**

Identificar e relacionar características dos solos, tais como: cor, textura, permeabilidade.

Identificar e relacionar características das rochas, tais como: cor, textura, permeabilidade, dureza,

Distinguir formas e relevos existentes na região: planícies, vales, elevações.

**Actividades**

Criar modelos que representem: a erosão de falésias; a erosão de vertentes com/sem protecção de árvores e relacionar com os problemas dos incêndios florestais, a desflorestação; a erosão de rios; a permeabilização dos solos.

---

---

**Tabela II.3 – Actividades de modelação ou de simulação - Solos.**

Outro exemplo poderá ser a análise do crescimento das plantas. Este tema é transversal a vários anos do 1º ciclo do Ensino Básico. Nesta actividade de modelação, ou de simulação, os alunos poderão verificar o impacto das diferentes formas de poluição, das características dos solos e do clima no crescimento das plantas (Tabela II.4).

---

**Estudo do Meio – Crescimento de Plantas**

**Objectivos**

Reconhecer e compreender o impacto provocado pelo clima, pela poluição, pelo tipo de solos, pelo número de horas de sol, pela quantidade e qualidade da água no crescimento das plantas.

**Actividades**

Desenvolver modelos de crescimento de plantas que tenham em consideração os parâmetros que possam influenciar esse crescimento: clima; Poluição; Tipo de solo; Água; Sol.

---

**Tabela II.4 – Actividades de modelação ou de simulação - Crescimento das plantas.**

Através deste tipo de actividades os alunos têm a possibilidade de verificar o impacto de um conjunto de variáveis, que de outra forma seriam impossíveis ou impraticáveis de verificar, porque alguns dos fenómenos não são observáveis num curto espaço de tempo, ou no ambiente de sala de aula, por exemplo.

## **II.9. Aplicações de modelação e de simulação educacionais**

Podemos incluir as ferramentas de modelação e de simulação nas ferramentas de *System thinking*. Este tipo de ferramentas tem vindo a ganhar importância nos últimos anos, como se pode verificar através de diversos estudos desenvolvidos (Jacobson & Wilensky, 2006; Maani & Maharaj, 2004; Wilensky & Reisman, 2006).

Assaraf (2005) refere-se a estas ferramentas como ferramentas de *Thinking skills* e agrupa-as em quatro categorias:

- As que permitam identificar as componentes de um sistema dinâmico.
- As que facilitam a compreensão das relações existentes entre as componentes de um sistema.
- As que permitem compreender o ciclo de um sistema, dispor as diferentes componentes e interligá-las através de um sistema de relações, e que permitam aos alunos fazer generalizações.
- As que permitem compreender e identificar todo o sistema, mesmo as componentes ocultas, e compreender o comportamento do mesmo ao longo do tempo, isto é, ter a capacidade de fazer previsões sobre o seu comportamento.

Resnick e Silverman (2005) resumem o trabalho desenvolvido pelo MIT<sup>2</sup> na elaboração de novas tecnologias educativas para crianças como *construction kits*, que permitem envolver a criança em actividades de *design* e de implementação de *things*. Estes *construction kits* permitem o desenvolvimento de produtos lógicos, ou, como nos *Programmable Bricks*, criar agentes manipuláveis que representam sistemas dinâmicos. Resnick afirma “*In designing construction kits, one of our primary goals is to help kids explore and understand powerful ideas. We have found that trying to teach powerful ideas directly is not very effective. Rather, our strategy is to provide opportunities for kids to encounter and use powerful ideas as a natural part of design experiences*” (*idem*, p. 118).

O desenvolvimento destes produtos irá permitir:

- “*To become more fluent and expressive with new technologies*” (*idem*, p. 117), facultar o acesso e a utilização de novas tecnologias às crianças.

---

<sup>2</sup> MIT Media Lab, Massachusetts Institute of Technology, <http://www.media.mit.edu/>,  
acedido em Abril de 2011.

- “*Learning trough design*” (*idem*, p. 117), facilitar a exploração de conceitos nas mais diversas áreas educativas: matemática, estudo do meio, química, física, etc.
- “*Help them become better students*” (*idem*, p. 117), auxiliar as crianças a desenvolverem o gosto pela aprendizagem e, desta forma, criar um ambiente educativo mais motivador e eficiente.

Resnick identifica dois tipos de actividades que as crianças podem realizar quando estão a utilizar *construction kits: hands-on learning* ou *learning by doing* e *learning trough designing*. No primeiro caso as crianças têm a possibilidade de executarem um conjunto predefinido de tarefas, as quais podem ser concretizadas com pequenas variantes às tarefas já definidas pela aplicação, o que não permite à criança exprimir todo o potencial criativo que possui. Através de aplicações/metodologias baseadas em *learning trough designing* as crianças, além de terem a possibilidade de criar *packages*, são também estimuladas a compreender o sistema que está a ser criado e todas as componentes que dele fazem parte.

Devido à dificuldade que existe em analisar sistemas complexos e, principalmente, porque a realização de actividades de modelação ou de simulação é considerada uma tarefa árdua, que usualmente está restrita a níveis de Ensino superiores, o número de aplicações disponíveis para que os alunos do 1º ciclo possam realizar estas actividades é bastante diminuto. Como afirmam Cullin e Crawford (2003), actualmente existe um grande número de aplicações de modelação e de simulação para educação; no entanto, a grande maioria deste tipo de aplicações são destinadas a níveis etários superiores, Ensino Secundário e principalmente Ensino Superior.

No caso do 1º ciclo podemos identificar duas formas distintas de utilização de programas de modelação e de simulação:

- Utilização no contexto de sala de aula de programas de simulação ou *simulações fechadas*, que não permitem aos alunos a alteração dos modelos ou dos sistemas representados, mas apenas dos valores de

algumas entidades. A utilização deste tipo de programas é algo limitada, porque, muitas vezes, não foram criadas especificamente para as actividades em que vão ser utilizados e, em geral, são reutilizados exemplos retirados principalmente da *World Wide Web*. O desenvolvimento destas aplicações é feito recorrendo a aplicações multimédia ou a linguagens de programação, o que obriga a que o autor destas simulações tenha que possuir conhecimentos de programação ou técnicos relativamente avançados.

- Uma outra forma de realizar actividades de modelação e de simulação é através da utilização de ferramentas-autor. Estas ferramentas têm algumas vantagens em relação às *simulações fechadas*, pois facilitam a implementação e execução de modelos diversos. Permitem ainda aos autores, professores e alunos, concentrarem-se mais nos aspectos pedagógicos do que nos aspectos técnicos da questão. Entre as ferramentas-autor e metodologias que actualmente estão disponíveis podemos referir o *Scratch*<sup>3</sup>, *AgentSheets*<sup>4</sup>, *SABER*<sup>5</sup>, *StageCast Creator*<sup>6</sup>, *ModelsCreator's*<sup>7</sup>, *GARP3 Software*<sup>8</sup> e *Betty's Brain*<sup>9</sup>.

De seguida apresentamos uma descrição e análise sobre os diversos tipos de aplicações e ferramentas que se podem utilizar em actividades de modelação e de simulação neste nível de Ensino. Algumas destas ferramentas não foram desenvolvidas especificamente para o 1º ciclo. No entanto, possuem formas de modelação ou de representação que consideramos ser útil analisar no contexto deste trabalho.

---

<sup>3</sup> *Scratch* -MIT Media Laboratory, <http://scratch.mit.edu>, acedido em Abril de 2011.

<sup>4</sup> *AgentSheets* -AgentSheets, Inc., <http://www.agentsheets.com>, acedido em Abril de 2011.

<sup>5</sup> *SABER* -Simulator for Agent Based Educational Architecture.

<sup>6</sup> *StageCast Creator* -Stagecast Software, <http://www.stagecast.com>, acedido em Abril de 2011.

<sup>7</sup> *ModelsCreator's*, [http://www.ecedu.upatras.gr/modelscreator/index\\_en.htm](http://www.ecedu.upatras.gr/modelscreator/index_en.htm), acedido em Abril de 2011.

<sup>8</sup> *GARP3 Software* -Garp3 is a workbench for building, simulating, and inspecting qualitative models, <http://hcs.science.uva.nl/QRM/software/>, acedido em Abril de 2011.

<sup>9</sup> *Betty's Brain* -The Teachable Agents Group at Vanderbilt University, <http://www.teachableagents.org>, acedido em Abril de 2011.

## II.9.1 Simulações fechadas

As simulações fechadas, que representam de forma dinâmica um fenómeno, descrito por um modelo, permitem aos alunos variar um conjunto de parâmetros com o objectivo genérico de proceder ao estudo do sistema representado. Este tipo de aplicações é relativamente comum e abrange um largo espectro do curriculum do 1º ciclo do Ensino Básico.

A evolução das ferramentas-autor para desenvolvimento de conteúdos multimédia tem permitido que, cada vez mais, os professores possam construir e desenvolver as suas próprias simulações fechadas. No entanto, este tipo de aplicações geralmente não é personalizável e é desenvolvida com o objectivo de ser utilizada numa determinada situação, o que não permite ou dificulta a sua reutilização. Comumente possuem especificações que não podem ser modificadas, como, por exemplo, os níveis de detalhe da representação, as formas de representação e de interacção, o que pode pôr em causa a sua utilização nas actividades. Nas secções seguintes apresentamos alguns exemplos ilustrativos deste tipo de simulações.

### II.9.1.1 FOSSWeb - Full Option Science System Web

O sítio Web da *FOSS*<sup>10</sup> (Figura II.1) contém um conjunto de aplicações que permitem representar alterações das propriedades físicas de materiais, processos químicos ou fenómenos naturais, entre outros. Estas aplicações dão ao aluno a possibilidade de visualizar a ocorrência de determinados fenómenos e manipular algumas variáveis que influenciam o desenrolar do comportamento do sistema representado.

---

<sup>10</sup> *FOSS, Full Option Science System Web*, <http://www.fossweb.com/>, acedido em Abril de 2011.

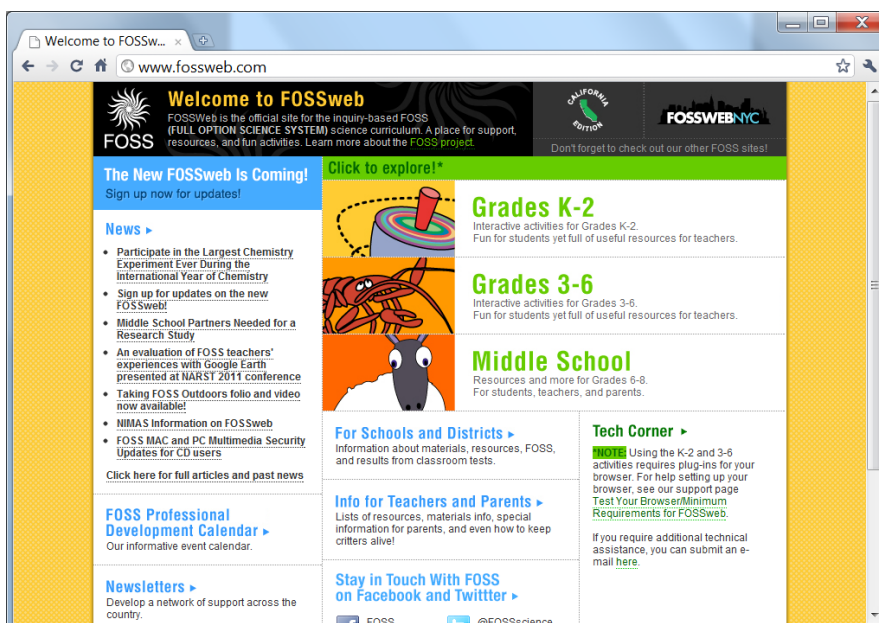


Figura II.1 – Homepage do sítio FOSSWeb.

Algumas das aplicações que se encontram neste sítio representam o crescimento de plantas, o ciclo da água, as propriedades de sólidos e líquidos, etc. Na Figura II.2 podemos observar esta última simulação:

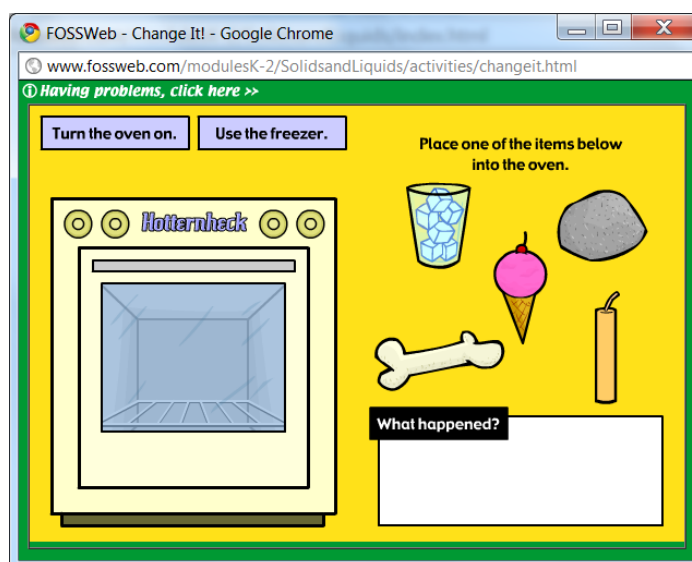


Figura II.2 – FOSSWeb, simulação de propriedades físicas dos elementos.

Nesta simulação, o aluno pode verificar, de forma muito simples, o comportamento de um conjunto de elementos quando sujeitos a mudança de



temperatura<sup>11</sup>. O autor da simulação recorreu à imagem de um forno, que associamos a ambientes com temperaturas elevadas, e de um frigorífico, que associamos a ambientes frios. O aluno após seleccionar o objecto/elemento e o ambiente em que o vai colocar, verifica qual é o comportamento obtido, em termos de propriedades físicas do sólido ou do líquido representado, quando o objecto é sujeito à mudança de temperatura efectuada.

### II.9.1.2 BBC - KS2 Bitesize

O sítio *Bitesize*<sup>12</sup>, desenvolvido pelo Departamento Educativo da *BBC*<sup>13</sup>, apresenta um conjunto de actividades para o 1º ciclo do Ensino Básico que se encontram agrupadas por áreas de saber: Inglês, Matemática e Ciências. A cada tema está associada uma actividade, alguns conteúdos e exercícios (Figura II.3).



Figura II.3 – Lista de aplicações e de actividades do sítio *Bitesize*.

<sup>11</sup> <http://www.fossweb.com/modulesK-2/SolidsandLiquids/index.html>, acedido em Abril de 2011.

<sup>12</sup> <http://www.bbc.co.uk/schools/>, acedido em Abril de 2011.

<sup>13</sup> *British Broadcasting Corporation*, <http://www.bbc.co.uk/>, acedido em Abril de 2011.

Na área de conteúdos (Figura II.4) é explicado o modelo que está representado na actividade.

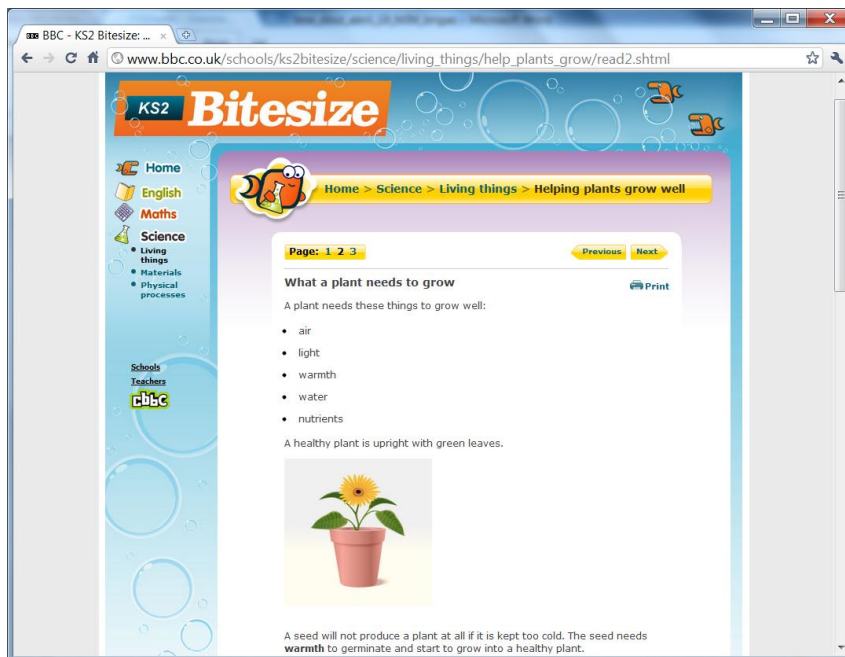


Figura II.4 – Conteúdos da simulação *Plants Grow*<sup>14</sup>

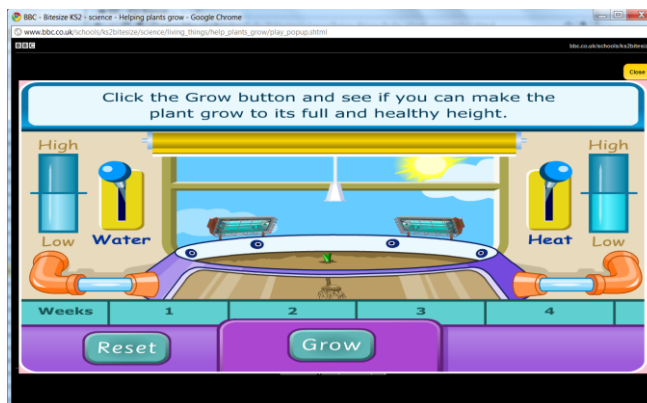


Figura II.5 – Simulação *Plants Grow*<sup>15</sup>

No modelo representado na Figura II.5 o aluno tem a possibilidade de manipular três variáveis fundamentais para o crescimento das plantas: a água,

<sup>14</sup> [http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/revision\\_bites/plants\\_grow1.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/revision_bites/plants_grow1.shtml),  
acedido em Abril de 2011.

<sup>15</sup> [http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/activities/plants\\_grow.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/activities/plants_grow.shtml),  
acedido em Abril de 2011.

a luz e o calor. O crescimento da planta só acontece se o aluno gerir correctamente os valores das três variáveis, caso contrário a planta morre.

### II.9.1.3 University of Cambridge's Brainteasers and Puzzles Website

No sítio Web da Universidade de Cambridge<sup>16</sup> podemos encontrar várias simulações fechadas. A simulação *Plant Force*<sup>17</sup> (Figura II.6) tem como objectivo mostrar a importância que a água e a luz têm no crescimento das plantas. Nesta aplicação, surge um custo associado à utilização de água e de luz. Os alunos podem manipular as duas variáveis e verificar qual o impacto das opções tomadas no comportamento da planta e no custo.

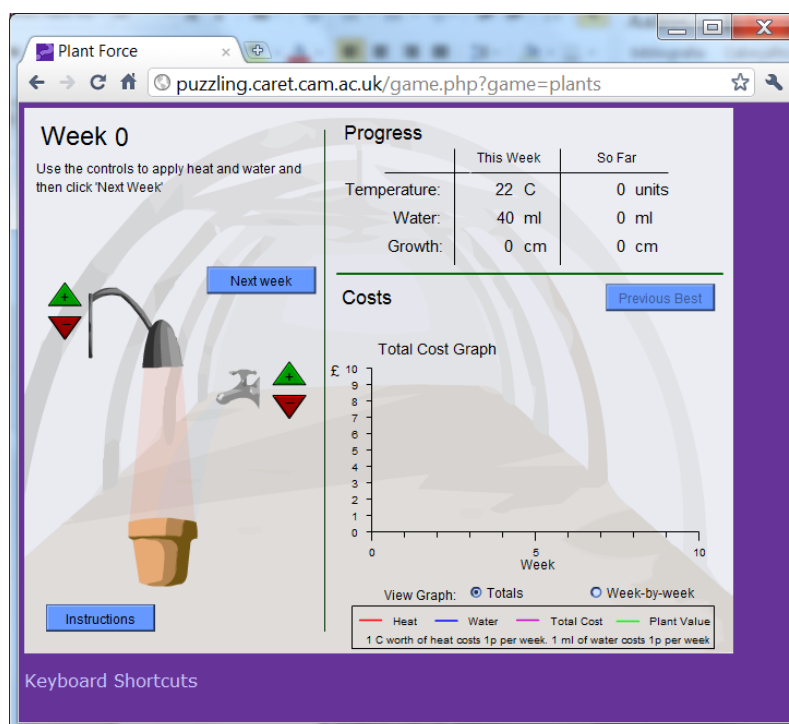
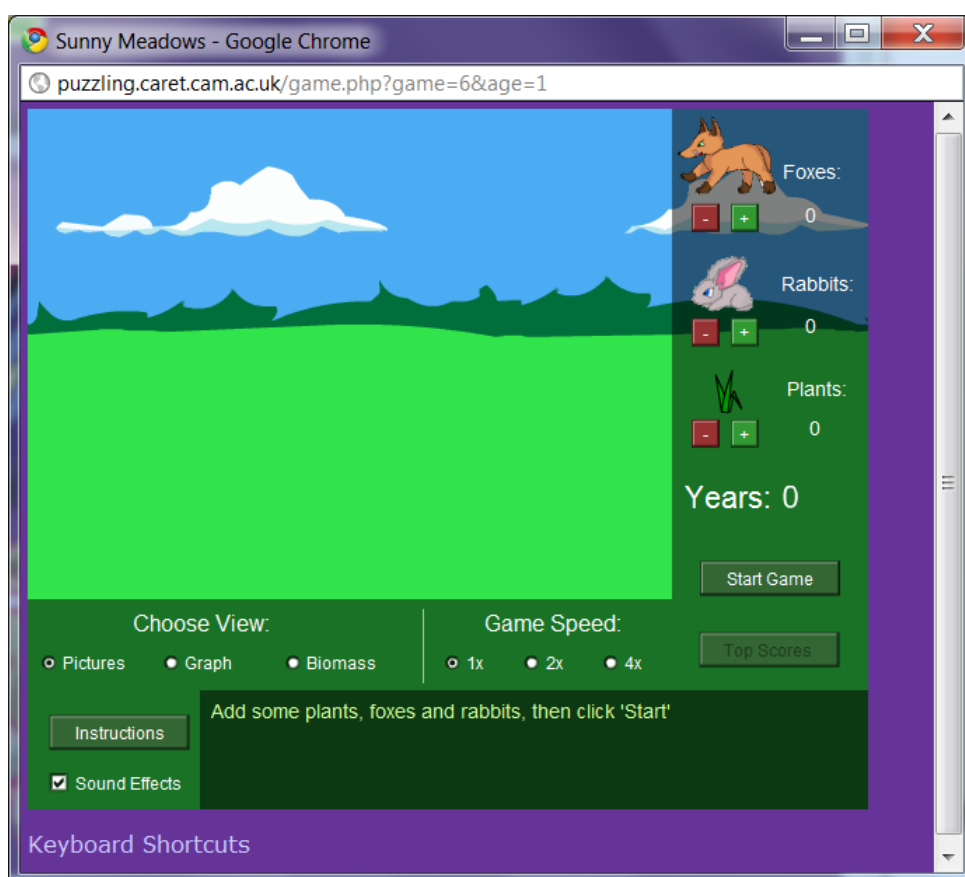


Figura II.6 – *Plant Force*, simulação do crescimento de uma planta.

<sup>16</sup> <http://puzzling.caret.cam.ac.uk/index.php?section=styleselect&redirect=home>, acessado em Abril de 2011.

<sup>17</sup> <http://puzzling.caret.cam.ac.uk/game.php?game=plants>, acessado em Abril de 2011.

Um dos modelos mais conhecidos e que permite analisar sistemas que envolvam a coexistência de duas espécies predador-presa no mesmo ambiente é o modelo criado por *Lotka-Volterra*.<sup>18</sup> Existem inúmeras representações deste modelo que permitem analisar de que forma o crescimento da população de uma espécie interfere no crescimento da outra e qual o papel do próprio habitat na evolução das espécies. O exemplo apresentado na Figura II.7, Food Chain<sup>19</sup>, permite verificar o crescimento das diferentes populações quando se altera o número de predadores, raposas, de presas, coelhos, e as condições do habitat, ou seja o número de plantas.



**Figura II.7 – Food Chain, simulação do modelo predador-presa.**

<sup>18</sup> Weisstein, Eric W. "Lotka-Volterra Equations." From *MathWorld* - A Wolfram Web Resource., <http://mathworld.wolfram.com/Lotka-VolterraEquations.html>, acedido em Abril de 2011.

<sup>19</sup> <http://puzzling.caret.cam.ac.uk/game.php?game=foodchain%20>, acedido em Abril de 2011.

### II.9.1.4 Science Simulation

*Science Simulation*<sup>20</sup> é uma ferramenta de simulação desenvolvida pela *2Simple Software*<sup>21</sup> para alunos de uma faixa etária entre os 6 e os 7 anos. As actividades de simulação baseiam-se num conjunto de etapas (Figura II.8) que podem ser realizadas pelos alunos. Nas duas fases iniciais da actividade o aluno deverá fazer exercícios de relacionamento e de ordenação, que têm como objectivo permitir que identifique as diferentes partes de uma planta e as suas etapas de crescimento.

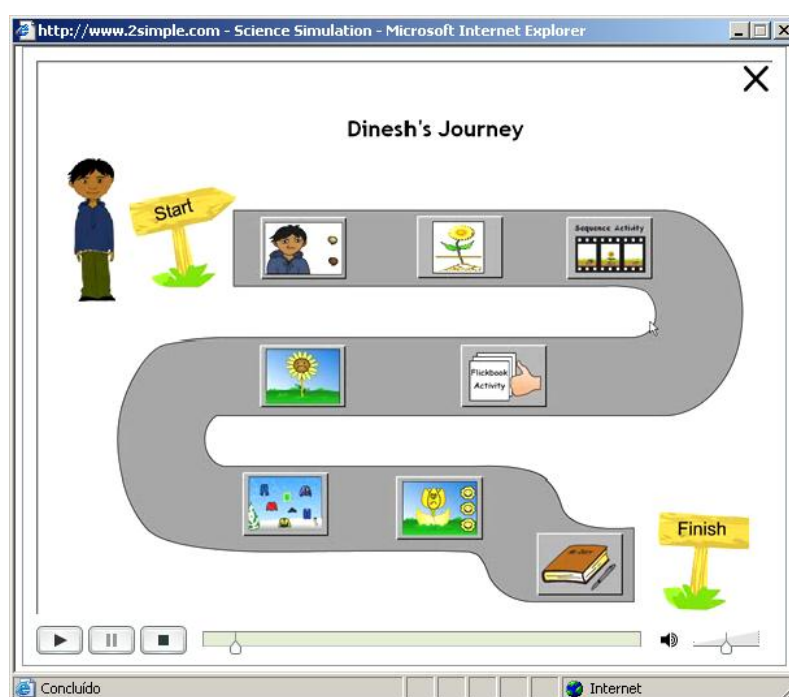


Figura II.8 – *Science Simulation*, painel de actividades.

Na fase seguinte, e com a ajuda de um *storyboard*, o aluno deverá colocar pela ordem correcta as várias fases do crescimento de uma planta (Figura II.9).

<sup>20</sup> *ScienceSimulation* - *2Simple Software*, <http://www.2simple.com/science/>, acessido em Abril de 2011.

<sup>21</sup> *2Simple Software*, <http://www.2simple.com>, acessido em Abril de 2011.

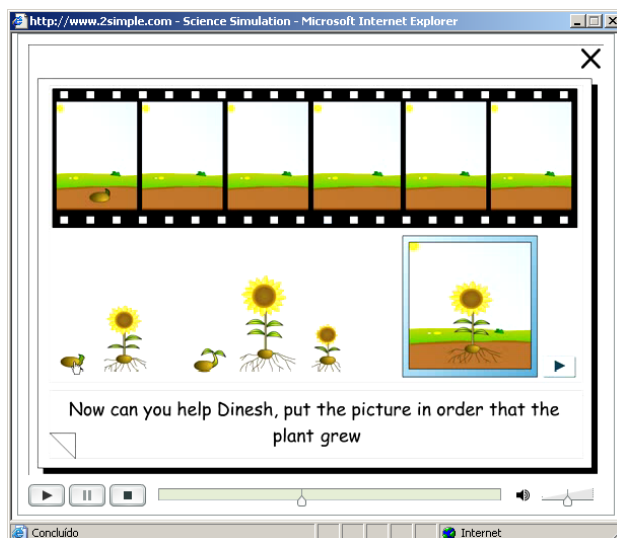


Figura II.9 – *Science Simulation*, fases de crescimento de uma planta.

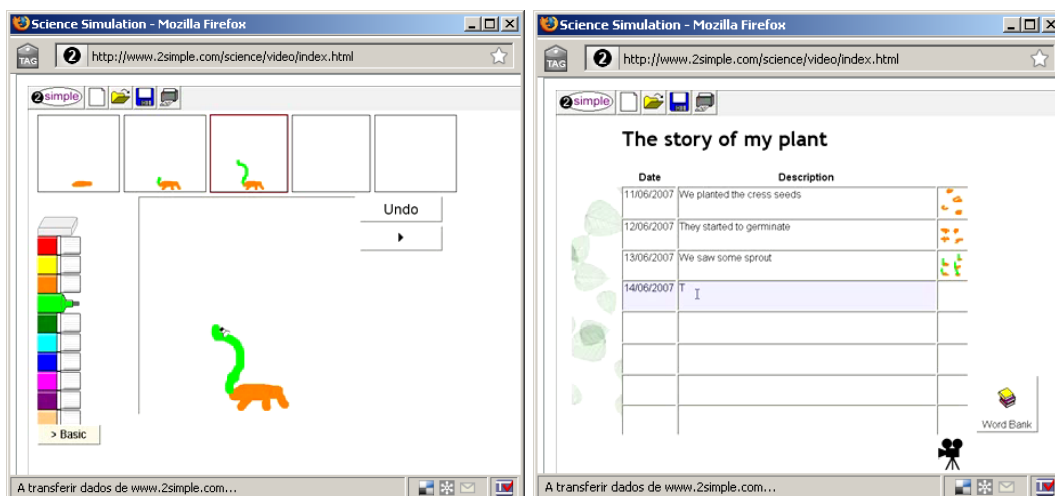
No *Science Simulation* o aluno pode também executar uma actividade de simulação. A aplicação possui um módulo que representa a simulação do crescimento de uma planta, onde o aluno pode alterar os parâmetros que afectam esse crescimento (Figura II.10).



Figura II.10 – *Science Simulation*, simulação do crescimento de uma planta.

A aplicação permite ainda que o aluno construa um diário sobre as etapas de crescimento de uma planta. Nesta etapa, o aluno tem a possibilidade de

associar a cada estado de crescimento de uma planta, por ele identificado, imagens, desenhos e textos (Figura II.11).



**Figura II.11 – Science Simulation, diário de crescimento de uma planta.**

Na opção *storyboard* o aluno pode verificar a evolução do modelo criado através da visualização de um filme com as imagens que associou a cada estado.

## II.9.2 Ferramentas-autor de modelação e de simulação

As ferramentas-autor de modelação e/ou de simulação permitem a criação, de uma forma mais ou menos intuitiva, de modelos e de programas de simulação. Estas aplicações facilitam a implementação ou a exploração de modelos/simulações e a compreensão de sistemas complexos, como já referimos.

Estas ferramentas podem diferenciar-se através do modo como o utilizador pode implementar um modelo em:

- Ferramentas que utilizam linguagens de programação para a construção de simulações;

- Ferramentas com um ambiente próprio de desenvolvimento, em que não é necessário utilizar uma linguagem de programação para representar um modelo.

As linguagens de programação obrigam a que o utilizador se adapte à linguagem utilizada, o que pode tornar a construção de um modelo num processo moroso e complexo. Este tipo de ferramentas não tem uma aceitação muito grande, neste contexto particular, devido à necessidade do professor e do aluno terem que dedicar algum tempo para compreenderem as linguagens utilizadas e a reutilização de código tornar-se difícil.

O segundo tipo de produtos possui usualmente um conjunto integrado de ferramentas concebidas para simplificar o processo de programação e tornar possível a utilizadores comuns desenvolver os modelos/programas. A sua utilização tem algumas vantagens em relação às anteriores. Existe uma maior facilidade na implementação de modelos e na sua reutilização, verificação, cálculo e recolha de dados. Reduzem também os custos e o tempo de desenvolvimento (Barker & Yates, 1985; Newby, Stepich, Lehman, & Russell, 1996; Watson & Blackstone, 1989). Permitem aos utilizadores focarem-se mais nos aspectos pedagógicos do que nos aspectos técnicos (Hall & Layman, 1986; Merrill, Hammons, Vincent, Reynolds, Cristensen, & L. Tolman, 1996). Actualmente o número de ferramentas disponíveis para construção de modelos e/ou de programas de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico é ainda bastante reduzido.

Nas secções seguintes vamos analisar um conjunto de ferramentas que exemplificam os diferentes tipos de produtos que podem ser utilizados no 1º ciclo, comparar as suas principais características, assim como apresentar as suas vantagens e desvantagens mais significativas.



### II.9.2.1 Scratch

A ferramenta *Scratch* fornece aos alunos e aos professores um ambiente de programação, onde, de uma forma gráfica, é possível criar animações interactivas, nas quais se podem incluir as simulações de fenómenos. O *Scratch* foi desenvolvido pelo grupo *Lifelong Kindergarten* do MIT, com o objectivo de permitir aos alunos desenvolver competências como o raciocínio lógico, a análise e a compreensão de problemas complexos, o desenvolvimento de ideias e a concentração. Segundo os seus autores, através do *Scratch* os alunos podem adquirir competências nas áreas da Matemática e da Informática (Resnick M. , et al., 2009).

No *Scratch* uma animação é representada na área de *stage* e baseia-se na definição do comportamento de *sprites*. Um *sprite* pode representar um fenómeno, um objecto ou uma pessoa. A cada *sprite* o aluno pode associar diferentes formas de visualização, que irão mostrar o estado do *sprite* num determinado momento da execução da *animação*.

O *Scratch* permite controlar as acções e as interacções dos *sprites* e da animação através da construção de *building-blocks*. Os *building-blocks* são blocos gráficos que possuem uma forma específica e que permitem programar comportamentos, eventos e formas de interacção. Ao adicioná-los a um *sprite* está a definir-se o seu comportamento. Esse comportamento pode ser definido em termos de movimento, aparência, sensores e controlo.

Na Figura II.12, que representa uma simulação de um fenómeno meteorológico, na área *Scripts* (Comandos), podemos visualizar as *stacks*, conjunto de *blocks*, que definem o comportamento do *sprite Sun*. No modo de execução o *sprite Sun* terá um comportamento de acordo com o definido nas *stacks*: verifica se está em modo de execução e executa as acções definidas em cada um dos *blocks*, o que irá permitir, no segundo deles, rodar e alterar a posição do *sprite Sun* e, desta forma, simular um dia solarengo.

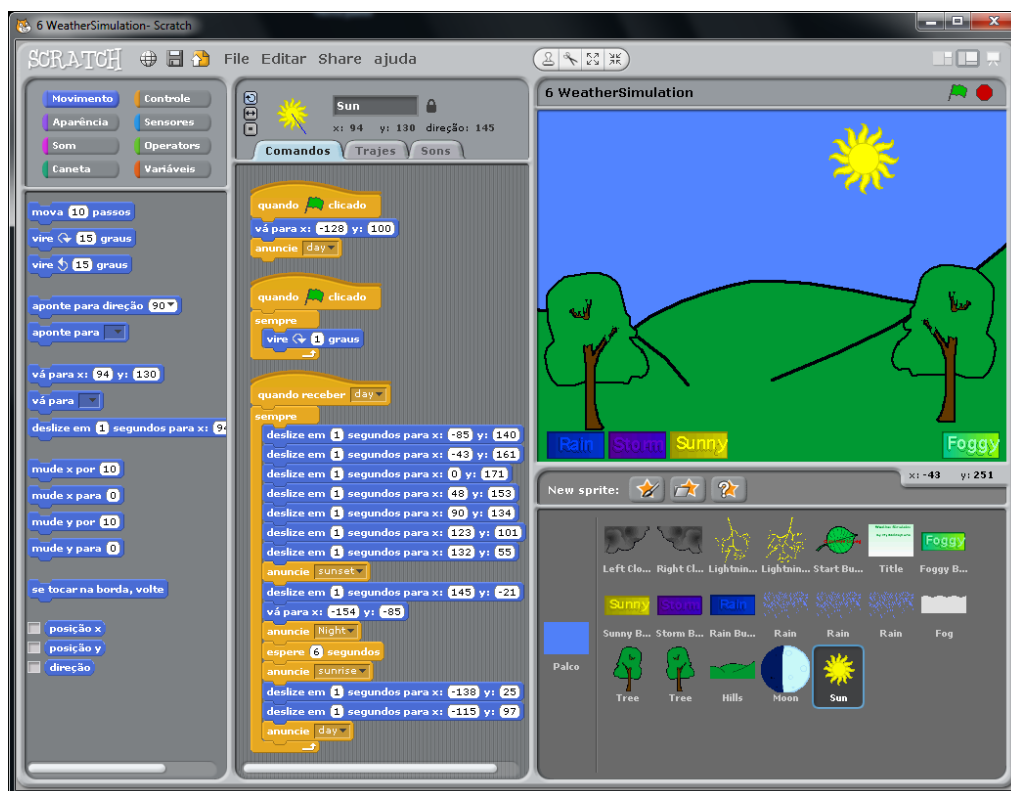


Figura II.12 – Scratch, comandos do sprite Sun na aplicação Weather Simulation.

### II.9.2.2 AgentSheets

Através da ferramenta *AgentSheets* professores e alunos podem criar simulações e jogos interactivos com base na configuração de *agentes*. No *AgentSheets* os *agentes* são objectos programáveis, que reagem a eventos, o que pode provocar a alteração da sua aparência, posição ou afectar outros agentes. O *AgentSheets* possui vários módulos entre os quais o *Gallery* e o *Worksheet*. Na *Gallery* (Figura II.13) estão visíveis todos os agentes criados e aos quais se pode associar aparência e comportamentos. A definição do comportamento dos agentes é feita através de regras utilizando uma linguagem denominada *Visual AgentTalk*.

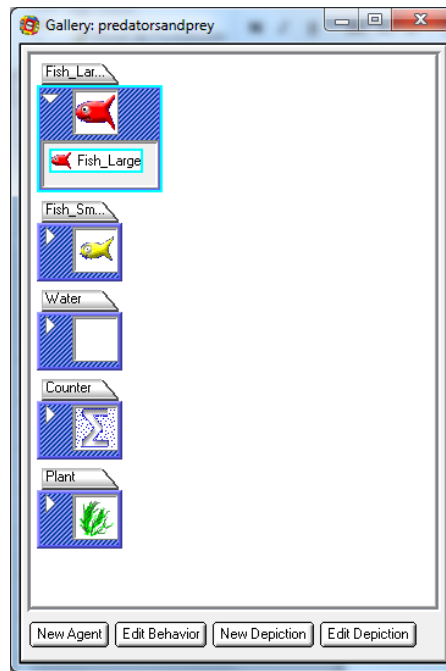


Figura II.13 – *AgentSheets*, Galeria de agentes.

As regras são definidas através de acções e condições. Na Figura II.14 estão definidas as condições e as acções do agente *Fish Large* de uma simulação sobre interacção de populações num determinado meio. É esse comportamento que vai condicionar as suas acções e a execução da simulação.

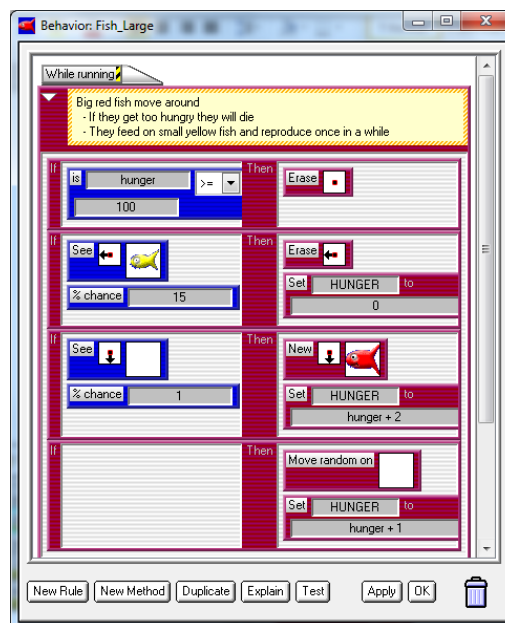


Figura II.14 – *AgentSheets*, definição do comportamento dos agentes.

A representação da simulação é feita na *Worksheet* ou área de trabalho (Figura II.15). Na fase de execução existem ferramentas que permitem adicionar, remover ou seleccionar agentes a uma *worksheet*. Na parte inferior do ecrã encontram-se botões que possibilitam executar a simulação, interrompê-la, reiniciá-la e configurar a sua velocidade.

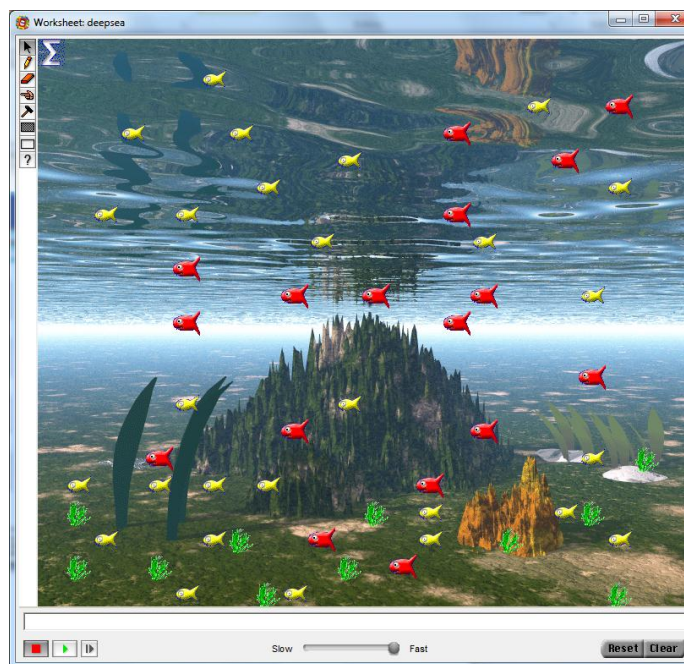


Figura II.15 – *AgentSheets*, *WorkSheet* de uma simulação.

### II.9.2.3 SABER – Simulator for Agent Based Educational Architecture

O ambiente de simulação *SABER - Simulator for Agent Based Education Architecture* (Sasaki, Ishiyama, & Deguchi, 2006) - foi desenvolvido com o intuito de permitir a crianças o acesso a metodologias e a ambientes de modelação e de simulação.

Através do *SABER* as crianças têm a possibilidade de representar modelos com base em agentes que estão agrupados em *environmental objects* e *living objects*. A representação de um modelo no “*virtual world*” é feita tendo por base: *agentes*, que estão associados a elementos ou actores que desempenham

uma acção no sistema; *roles* que definem os comportamentos dos agentes; *spots* que são áreas ou ambientes onde os agentes interagem, que representam um espaço físico ou um espaço abstracto, pois os agentes que partilhem o mesmo *spot* podem interagir; e o *stage*, que define a unidade temporal das actividades (por exemplo: de tarde).

O exemplo da Figura II.16 apresenta o modelo de Lotka-Volterra (Chauvet, Poullet, Previte, & Walls, 2002; Lotka, 1956), representado no *SABER*, e no qual estão identificados os seguintes actores:

- *Environmental objects*: deserto e savana,
- *Living objects*: zebras, leões e outros actores que podem alterar de alguma forma o modelo representado.

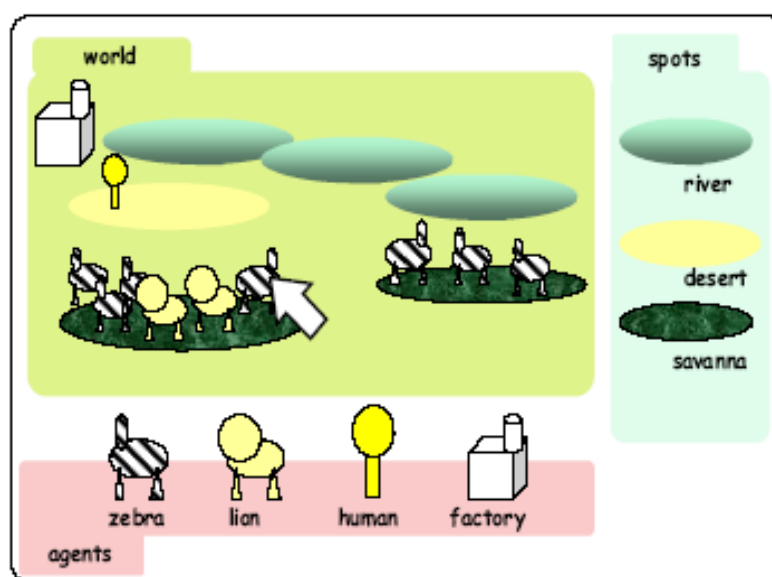


Figura II.16 – Representação de um modelo no ambiente *SABER*.

No *SABER* é necessário identificar as regras de comportamento, *roles*, para cada um dos agentes:

- A fábrica polui o rio.
- O rio se estiver poluído pode ser prejudicial ao homem e aos animais.
- A zebra come a erva que cresce na savana.
- O leão caça zebras.

No *SABER* a representação de regras faz-se com recurso a linguagens de programação que permitem definir os comportamentos para cada *stage*, as acções dos agentes e as interacções que possam existir em cada *spot*. A estrutura genérica do código de controlo utilizado para definir as regras de cada elemento está definida na Figura II.17. A ferramenta não possui, no entanto, um ambiente específico de edição de código. Os autores indicam o *Squeak Smalltalk*<sup>22</sup> como a ferramenta indicada para a implementação dos modelos do ambiente de simulação *SABER* (Sasaki, Ishiyama, & Deguchi, 2006).

```

Repeat N_step times
{
/* execute Stage[1] */
foreach agent in Agents /* agent turn */
  perform agent's role for stage 1
foreach spot in Spots /* spot turn */
  execute spot's rule for stage 1
/* execute Stage[2]: */
foreach agent in Agents
  perform agent's role for stage 2
foreach spot in Spots
  execute spot's rule for stage 2
....
/* execute Stage[N_stage] */
}

```

Figura II.17 – *SABER*, código da estrutura de controlo.

Para auxiliar a compreensão de comportamentos dinâmicos através da modelação e da simulação é utilizada a metodologia *ABEA -Agent Based Educational Architecture* (Figura II.18). Na *ABEA* são identificados os diferentes actores que participam na construção de mundos virtuais: criança, professor e o sistema *SABER* que permite representar e interagir com o modelo. Ao mentor/professor cabe o papel de identificar problemas, sugerir actividades e acompanhar os alunos na exploração dos modelos representados. A *ABEA* identifica duas formas de como o professor pode interagir com os alunos: o professor representa ou constrói um modelo e cria actividades que

---

<sup>22</sup> *Squeak Smalltalk*, <http://www.squeak.org/>, acedido em Abril de 2011.

permitem explorar o sistema representado; o professor explica detalhadamente todo o processo com o objectivo de facilitar a compreensão do mesmo.

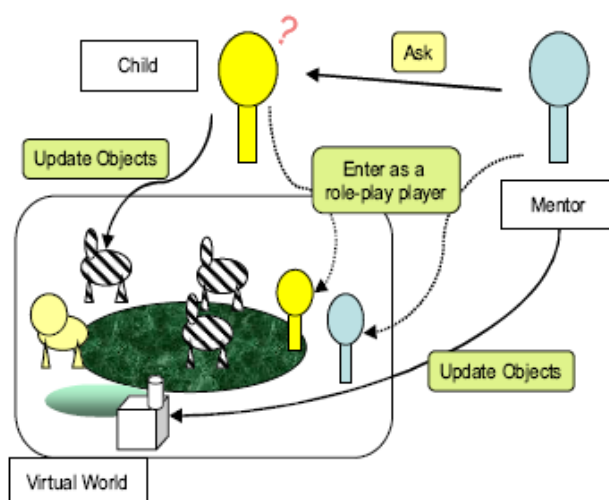
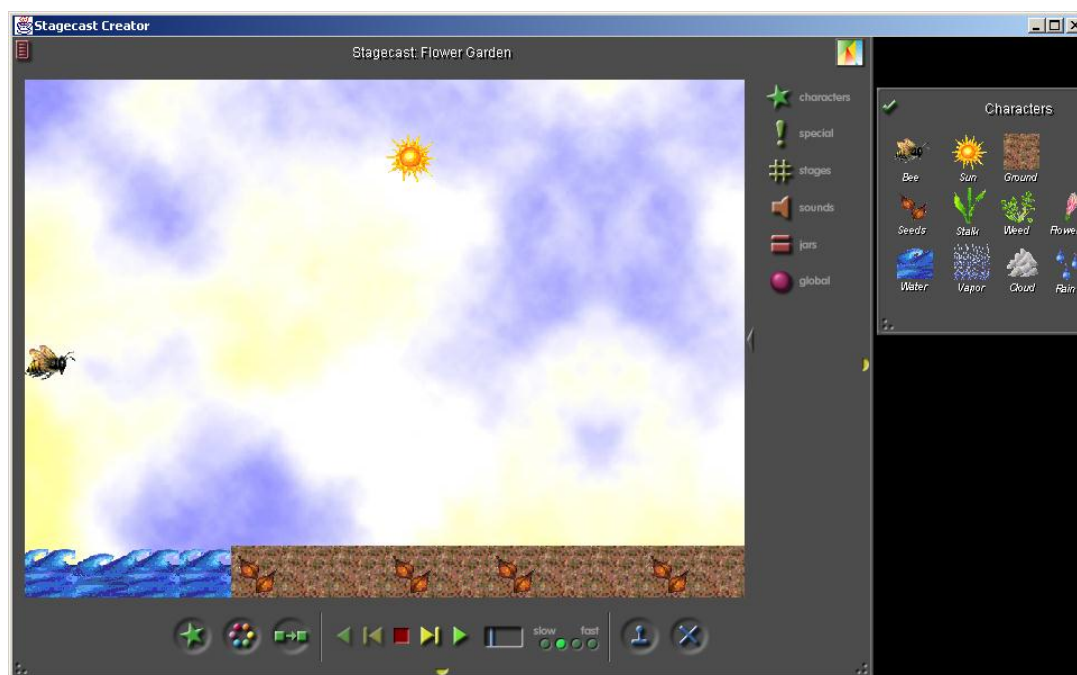


Figura II.18 – Metodologia ABEA -Agent Based Educational Architecture.

#### II.9.2.4 StageCast Creator

O *StageCast Creator* é uma ferramenta de programação que foi desenvolvida com o objectivo das crianças, ou outros utilizadores que não possuam conhecimentos de programação, poderem desenvolver os seus próprios programas. O *StageCast* é a versão comercial das ferramentas *Cocoa/KidSim* (Cypher & Smith, 1995).

No *StageCast* é utilizada uma metáfora idêntica a um filme. O autor tem que definir os actores-agentes, as acções de cada actor e como é que estes interagem no ambiente de simulação (Figura II.19). A representação dos agentes e acções é feita recorrendo a uma representação gráfica das acções de cada agente (Nicolaou & Constanti, 2005).



**Figura II.19 – StageCast, edição de um modelo.**

Na definição das acções de cada agente é necessário ter conhecimentos sobre alguns conceitos fundamentais de programação, tais como variáveis, condições, funções, entre outros (Nicolaou & Constanti, 2005). O *StageCast* combina duas formas diferentes de programação (Smith, Cypher, & Tesler, 2000):

- Programação por exemplo – o autor executa um conjunto de acções e o *StageCast* grava essas acções para posterior reprodução;
- Programação *visual before-after rules* - o utilizador tem a possibilidade de definir as regras de forma visual - de um momento inicial, *before*, a um momento final, *after*.

A representação da aplicação é feita na janela *spreadsheets*, que serve de palco ou ambiente de simulação das acções definidas para cada agente. As acções de cada agente são definidas através de uma grelha de execução, onde é possível visualizar e definir o momento inicial e o momento final de cada agente. Nos momentos inicial e final podem estar representados o tamanho, a posição e a interacção com outros agentes. A *spreadsheets* possui botões que possibilitam manipular a execução da simulação, adicionar agentes e definir as regras de execução. Na Figura II.20 é possível visualizar o conjunto de



regras definidas para o agente *Bee*: as três primeiras acções, por exemplo, verificam se existe alguma flor numa célula adjacente e definem o avanço de uma célula de acordo com a posição da mesma.

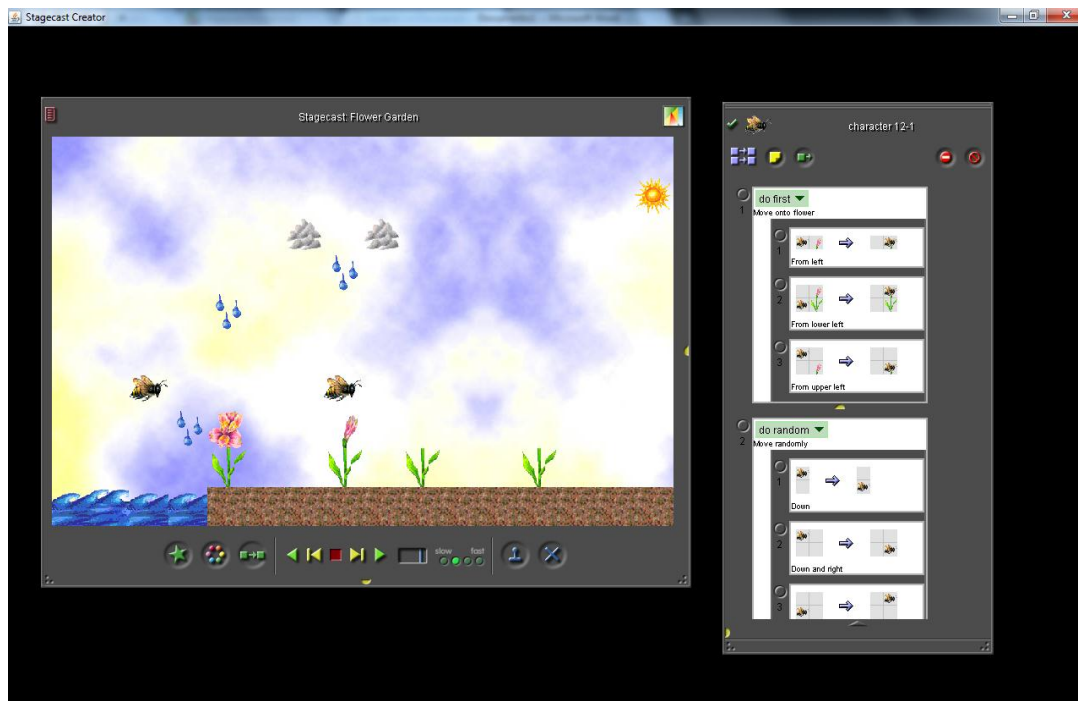


Figura II.20 – *StageCast*, programação do agente Bee.

### II.9.2.5 ModelsCreator's

O *ModelsCreator's* (Figura II.21) é uma ferramenta de modelação que permite aos alunos do 1º ciclo e seguintes desenvolverem e analisarem modelos de vários tipos, incluindo qualitativos (Partsakoulakis & Vouros, 2002).

A representação de um novo modelo obriga os alunos a identificar as entidades que o constituem e, de seguida, reconhecerem e criarem as relações que existem entre elas.

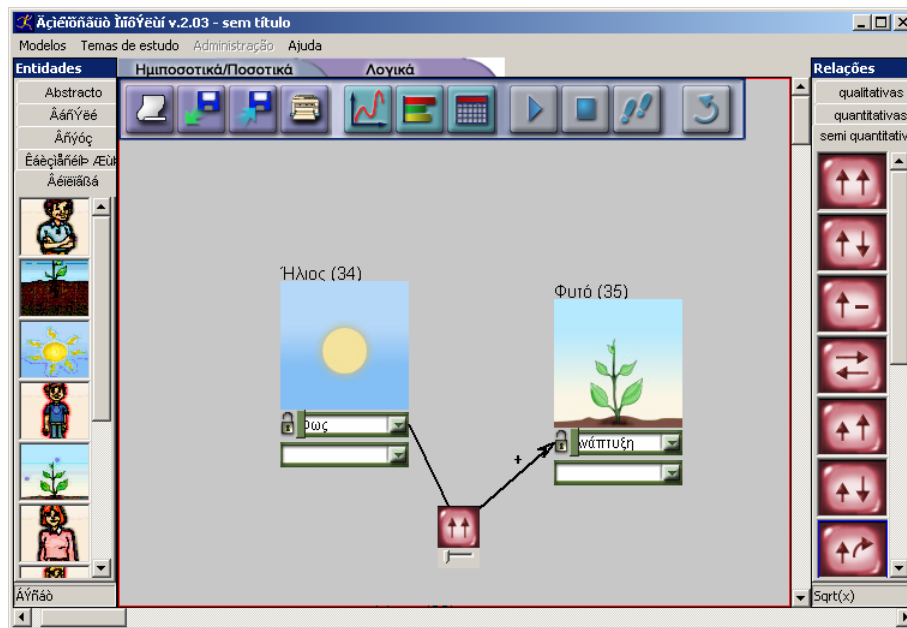


Figura II.21 – *ModelsCreator's*, ambiente de trabalho da ferramenta.

No *Modelscreator's* o utilizador tem a possibilidade de criar entidades concretas ou abstractas (Figura II.22), que representam objectos ou conceitos.

As relações podem ser descritas através das seguintes categorias:

- *Qualitative logical relations.*
- *Qualitative semantic relations.*
- *Semi-quantitative relations.*
- *Quantitative simple algebraic relations.*



Figura II.22 – *ModelsCreator's*, lista de entidades e suas relações.

A aplicação possui uma área de trabalho para o professor e outra para o aluno. Na área do aluno, este ou o professor criam as entidades de um modelo com base nas entidades disponíveis nas bibliotecas de entidades. De igual forma, as relações são criadas com base nos diferentes tipos de relações que existem nas bibliotecas de relações.

Na área do professor há a possibilidade de se criarem novas entidades, relações e de se gerirem bibliotecas e áreas de estudos. Por exemplo, ao criar uma nova entidade, no gestor de entidades, o professor tem que lhe associar propriedades e definir o número de estados associados a cada uma delas. Para cada estado o professor tem que associar uma imagem; o conjunto de imagens de uma propriedade representa o possível comportamento da entidade no que se refere a essa propriedade (Figura II.23).

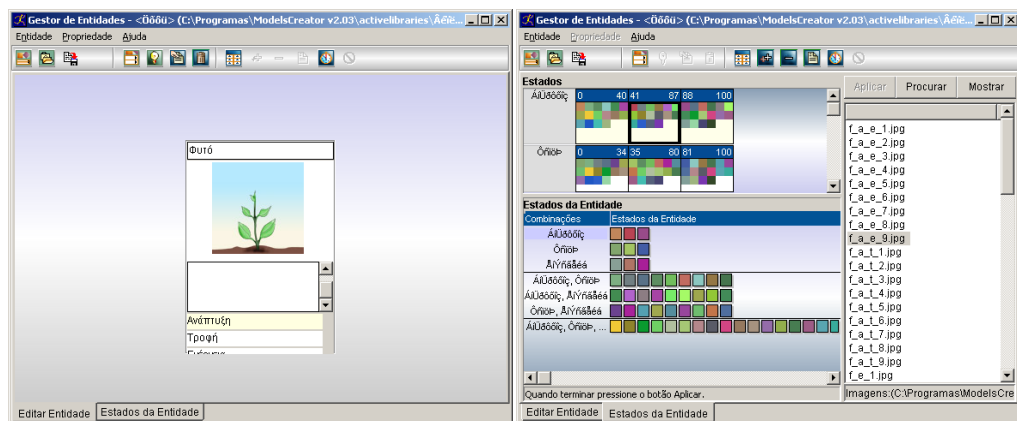


Figura II.23 – *ModelsCreator's*, gestor de entidades.

### II.9.2.6 Garp3

A ferramenta *Garp3* foi desenvolvida em SWI-Prolog<sup>23</sup> e surge como a junção das aplicações:

- *Garp* (Linnebank, 2004), simulador qualitativo desenvolvido com base na linguagem de programação *Prolog* (Bredeweg, 1992).

<sup>23</sup> *Prolog*, <http://www.swi-prolog.org/>, acedido em Abril de 2011.

- *Homer* (Machado & Bredeweg, 2002), interface gráfica para a construção de modelos na ferramenta *Garp*.
- *VisiGarp* (Bouwer & Bredeweg, 2001), aplicação que mostra graficamente os resultados das simulações criadas na ferramenta *Garp* (Bouwer, 2005).

A aplicação *Garp3* (Figura II.24) foi desenvolvida de acordo com a Teoria qualitativa centrada em processos (Forbus, 1984). A representação de um modelo baseia-se na identificação das *entidades*, dos *processos* e dos *cenários* que o representam.



Figura II.24 – *Garp3*, Menu de opções.

As entidades são criadas de forma hierárquica. São-lhes atribuídas *quantidades*, que representam propriedades relevantes e que permitem caracterizar o seu comportamento. No *Garp3* as quantidades são definidas no *Quantity definitions editor* (Figura II.25).

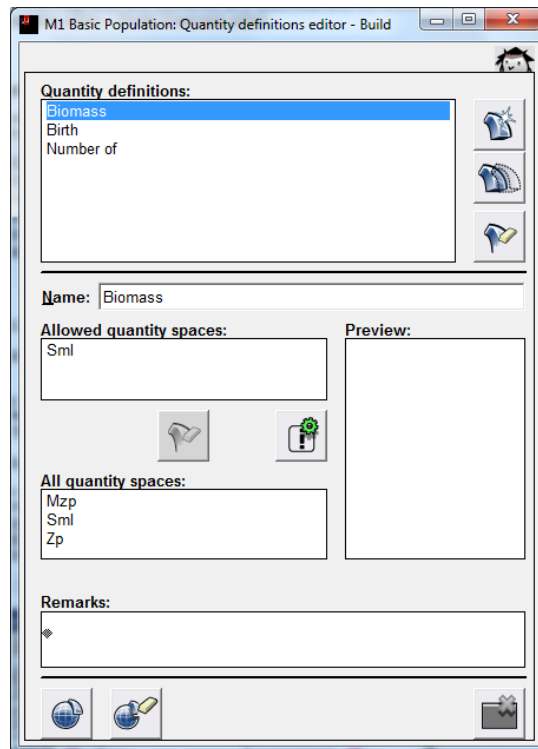


Figura II.25 – Garp3, área de definição de quantidades.

As *quantidades* podem assumir *valores qualitativos*, cujo conjunto se designa por *espaço quantitativo* (Figura II.26). Os *valores qualitativos* de cada *quantidade* são definidos através da *magnitude* e da *derivada*. A *magnitude* está associada ao número, à grandeza, à quantidade ou ao volume da entidade. As *derivadas* possuem um *espaço quantitativo* definido,  $\{-, 0, +\}$ , que mostram se as quantidades estão a diminuir, estáveis ou a crescer.

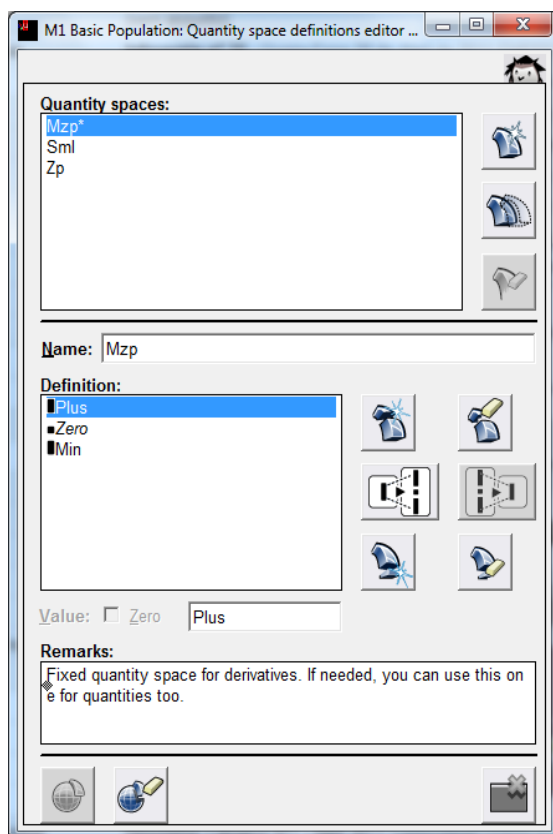


Figura II.26 – Garp3, área de definição de *espaços quantitativos*.

Na Figura II.27 podemos observar o cenário de um modelo populacional que representa a evolução de uma população de acordo com as condições do habitat e com as taxas de reprodução e de mortalidade respectivamente.

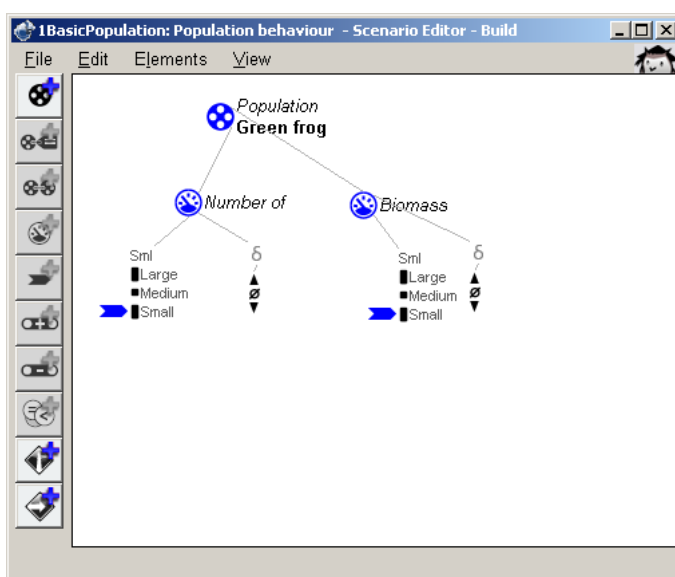


Figura II.27 – Garp3, Cenário de um modelo populacional.

A alteração de um *valor qualitativo* ocorre sempre que se inicia um *processo*. No *Garp3* os processos qualitativos permitem representar relações matemáticas ou relações de causalidade (Salles & Bredeweg, 2006). Um *processo* é definido por meio de *influências* que são representadas por  $I_{\pm}$  (Figura II.28 e Figura II.29). Os efeitos dos processos propagam-se para outras quantidades através de proporcionalidades qualitativas, representadas por  $P_{\pm}$ .

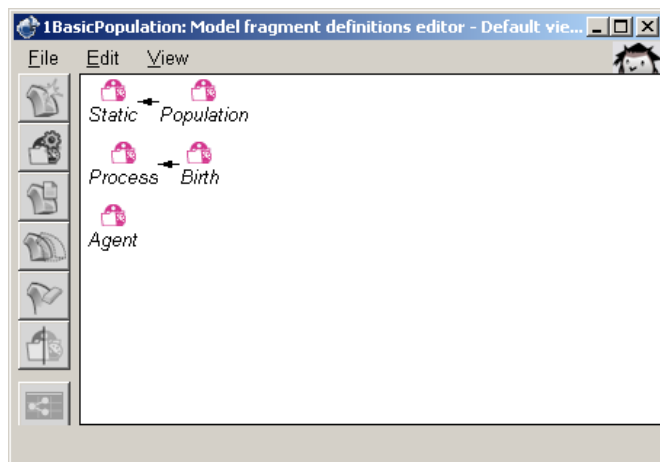


Figura II.28 – *Garp3*, área de definição de processos.

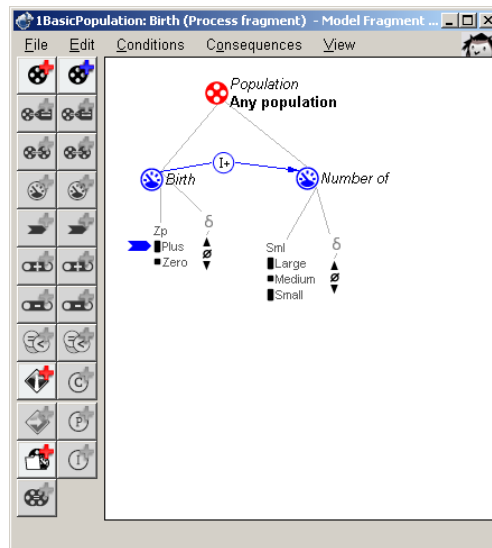


Figura II.29 – *Garp3*, área de representação de processos entre quantidades.

O autor do modelo poderá verificar a sua evolução através da opção simulação de cenários. Nesta opção o autor visualiza um grafo com todos os possíveis comportamentos do modelo representado (Figura II.30).

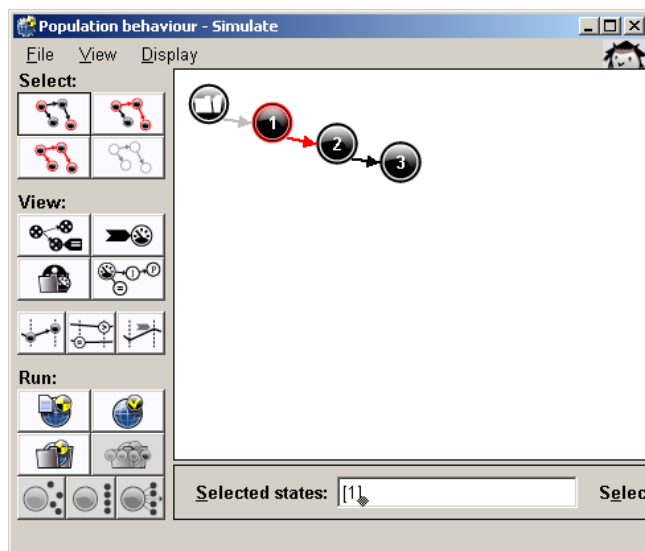


Figura II.30 – *Garp3*, grafo de estados.

### II.9.2.7 Betty’s Brain

A ferramenta *Betty’s Brain* foi desenvolvida pelo TAG<sup>24</sup>, da Universidade de Vanderbilt, com o objectivo de criar uma aplicação que proporcionasse aos alunos um ambiente interactivo que os auxiliasse na compreensão de conteúdos na área das Ciências. O sistema *Betty’s Brain* utiliza uma metodologia *learning by teaching*, como referem os seus autores, que possui vantagens quando utilizada no ensino das Ciências (Wagster, Kwong, Segedy, Biswas, & Schwartz, 2008).

As actividades implementadas subdividem-se em três fases: *teach*, *query*, *quizz*. Na primeira fase, *teach*, há a criação de um mapa conceptual, que tem como objectivo *ensinar* a aplicação *Betty’s Brain*; na fase seguinte, *query*, os alunos criam perguntas sobre o problema em questão para o sistema

<sup>24</sup> *Teachable Agents Group*, <http://www.teachableagents.org/>, acedido em Abril de 2011.



responder; na última fase, *quizz*, os alunos verificam o desempenho da aplicação às respostas criadas na fase anterior.

A construção de mapas conceptuais é a metáfora utilizada para a representação de modelos na ferramenta (Leelawong, Wang, Biswas, Vye, Bransford, & Schwartz, 2001). Desta forma, é possível criar um ambiente intuitivo e eficiente para a sua representação. Os mapas conceptuais são constituídos por um conjunto de conceitos e relações entre eles (Novak, 1996). Na aplicação *Betty's Brain* os conceitos são representados por entidades (Figura II.31).

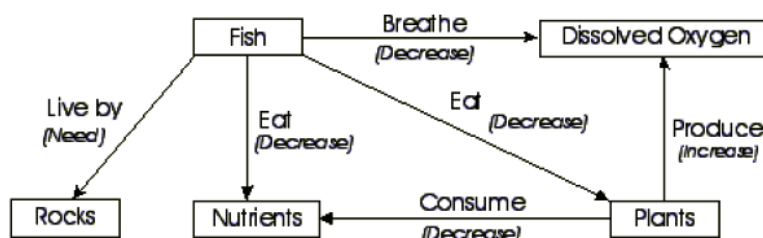


Figura II.31 – Mapa conceptual que representa um ecossistema de um rio.

As relações que interligam duas entidades podem referir-se a (Figura II.32):

- relações de *causa-efeito* - expressam relações positivas (+) ou negativas (-).
- relações de *necessidade* – representam relações em que uma entidade é dependente da outra, mas a mudança de estado de uma entidade não implica a mudança de estado da outra.
- relações *hierárquicas* - permitem representar relações entre entidades e sub-entidades.

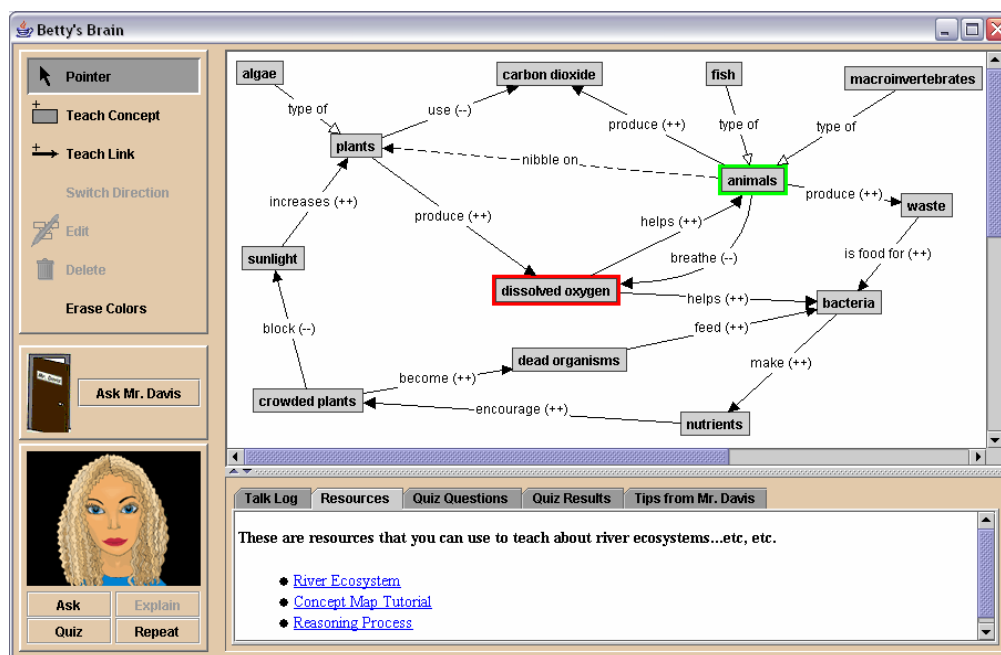


Figura II.32 – Ambiente de trabalho da ferramenta *Betty's Brain*.

Os estudos realizados com a ferramenta demonstraram que a sua utilização permitiu que os alunos obtivessem conhecimentos mais profundos e duradouros sobre os temas analisados quando comparados com grupos de controlo que usaram outras abordagens (Wagster, Kwong, Segedy, Biswas, & Schwartz, 2008).

### II.9.3 Análise comparativa

Os exemplos apresentados na secção anterior mostram a diversidade de aplicações e de metáforas utilizadas para criar, em contexto educativo, actividades de modelação e de simulação. Relativamente às ferramentas-autor analisadas, apresentamos na Tabela II.5 um conjunto de critérios que considerámos válidos para fazer uma avaliação comparativa das mesmas, quando utilizadas para a representação de modelos qualitativos em contextos educativos do 1º ciclo do Ensino Básico. Nessa tabela indicamos:

- as áreas de utilização,
- se foram desenvolvidos especificamente para o 1º ciclo do Ensino Básico,

- se possuem um ambiente próprio de edição de modelos,
- se a representação de um modelo é feita recorrendo a linguagens de programação,
- se a representação do modelo é simples ou complexa,
- se a representação das entidades do modelo é simples ou complexa,
- se a representação das relações das entidades do modelo é simples ou complexa,
- se é possível a reutilização e a adaptação de modelos para outras actividades,
- se os autores têm a possibilidade de controlar a execução dos modelos,
- as formas de visualização que permitem,
- se há a possibilidade de inserir conteúdos multimédia que auxiliem, de alguma forma, a representação de um modelo,
- se são para ambiente *Web*.

	<i>Scratch</i>	<i>AgentSheets</i>	<i>SABER</i>	<i>StageCast</i>	<i>Models Creator's</i>	<i>Garp3</i>	<i>Betty's Brain</i>
Área de aplicação	todas	todas	todas	todas	todas	todas	todas
Específico	sim	sim	sim	sim	não	não	não
Ambiente de edição	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim
Programação	sim	sim	sim	sim	não	não	sim
Representação do modelo	difícil	difícil	difícil	difícil	simples	difícil	difícil
Representação de entidades	simples	simples	difícil	simples	difícil	simples	simples
Representação de relações	difícil	difícil	difícil	difícil	simples	difícil	difícil
Reutilização de modelos	difícil	difícil	difícil	difícil	simples	simples	difícil
Controlo	não	não	não	não	não	não	não
Visualização	estados	estados	estados	estados	estados	grafo	-
Capacidades Multimédia	sim	sim	sim	sim	sim	não	não
Ambiente Web	não	sim	não	não	não	não	não

**Tabela II.5 – Análise comparativa de ferramentas.**

As aplicações analisadas permitem a representação de modelos qualitativos sem se restringirem a uma área específica. As aplicações *ModelsCreator's*, *Garp3* e *Betty's Brain* não foram desenvolvidas especificamente para este nível de ensino. No entanto, seria possível ao professor implementar modelos e permitir que os alunos os utilizassem para compreenderem determinados sistemas. No caso específico da ferramenta *Garp3* a sua utilização no 1º ciclo seria praticamente inviável devido à metáfora e metodologia utilizadas para representar os modelos. No *ModelsCreator's* a fase mais complicada seria a representação das entidades e dos estados associados a cada entidade. Relativamente à representação das relações consideramos que é um processo simples e passível de ser executado por estes alunos.

Relativamente às restantes ferramentas analisadas, e apesar de serem desenvolvidas especificamente para o 1º ciclo de Ensino Básico, nem todas as ferramentas possuem um ambiente gráfico simples e próprio para a edição dos modelos e implementação de regras e/ ou de comportamentos, sendo o caso mais paradigmático o da aplicação *SABER*, que não possui um ambiente próprio para a edição de modelos.

Podemos referir algumas questões que, na nossa opinião, podem, de alguma forma, impossibilitar ou dificultar a utilização deste tipo de ferramentas em ambiente de sala de aula:

- As aplicações *Scratch*, *StageCast*, *AgentSheets* e *SABER* não permitem ao aluno a construção de modelos de uma forma simples, pois o aluno tem a necessidade de criar uma cadeia de eventos, alterar formas de variáveis e definir formas de visualização e interações com as entidades e com os elementos de controlo. As metáforas utilizadas obrigam o aluno a criar um *storyboard* do modelo, o que se antevê que seja uma tarefa difícil, senão impossível, para esta faixa etária, principalmente para modelos mais complexos, que envolvam um maior número de elementos e de variáveis.

- Praticamente em todas ferramentas o utilizador tem que possuir conhecimentos básicos de programação, que os alunos do 1º ciclo de Ensino Básico não têm.
- As ferramentas não operam em ambiente *Web*, dificultando desta forma a sua utilização e a reutilização de modelos. Algumas ferramentas analisadas permitem criar um executável que possibilita a sua publicação na *Web*, mas esta operação envolve um conjunto de procedimentos que vêm dificultar a sua utilização.

## II.10. Conclusão

No dia-a-dia as crianças agem naturalmente como cientistas, são curiosas e procuram explicações para os fenómenos que as rodeiam. A realização de actividades de investigação práticas no 1º ciclo do Ensino Básico permite que os alunos sejam envolvidos na realização destas actividades e na obtenção de resultados que tenham significado para eles. Neste capítulo tivemos como objectivo demonstrar a importância das actividades de investigação práticas e do raciocínio causal na construção do conhecimento. Evidenciámos a relevância que o raciocínio causal pode ter no desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos.

Analisámos diferentes formas de utilização da Modelação e da Simulação na Educação e quais as vantagens dessa utilização no processo educativo. Referimos os diversos tipos de modelos que podemos encontrar, que classificámos como modelos quantitativos e modelos qualitativos, e de que forma a utilização de modelos qualitativos pode permitir que um maior número de alunos e professores possam conceber e realizar actividades de modelação e de simulação nos diversos níveis de ensino, com especial ênfase no 1º ciclo do Ensino Básico. A representação de modelos causais, recorrendo à modelação qualitativa, permite a professores e alunos que não possuam conhecimentos matemáticos ou a informação necessária para a representação

de modelos quantitativos, uma forma de modelar fenómenos que observam no mundo real, ou que pretendam analisar, e sobre os quais apenas possuem as características fundamentais. Descremos diferentes metodologias para a análise de sistemas dinâmicos e desenvolvimento de modelos. Apresentámos também as áreas disciplinares do 1º ciclo onde mais facilmente se podem realizar estas actividades.

Passámos ainda em revista um conjunto de produtos (simulações fechadas, ferramentas-autor de modelação e/ou de simulação) que podem ser usadas no 1º ciclo do Ensino Básico. As primeiras são relativamente comuns e abrangem um largo espectro do curriculum do 1º ciclo. No entanto, como referimos anteriormente, possuem limitações. As ferramentas-autor, nesse sentido, podem ajudar a ultrapassá-las. Contudo e apesar da diversidade de ambientes, contextos e estratégias onde as actividades de modelação e de simulação podem ser usadas, a grande maioria dos professores e dos alunos tem alguma dificuldade em utilizar modelos, simulações e ferramentas para a sua construção. Essa dificuldade está relacionada com as especificidades das ferramentas, as características dos ambientes de edição, a falta de conhecimentos técnicos para utilizá-las correctamente, entre outros factores.

## **Capítulo III. Abordagens georreferenciadas e multissensoriais**

### **III.1. Introdução**

Em todo o processo de ensino/aprendizagem, em especial no 1º ciclo do Ensino Básico, a realização de actividades significativas e de desafios concretos relacionados com contextos locais e globais são cruciais para o desenvolvimento das crianças. A proliferação recente de sítios *Web* com informação geográfica e que permitem a georreferenciação dos conteúdos desenvolvidos pelos próprios utilizadores tem contribuído para o incremento da realização destas actividades neste contexto (Britt & LaFontaine, 2009; Silva, 2007; Silva, Lopes, & Silva, 2009).

Por outro lado, o ser humano tem a capacidade de lidar com a multiplicidade de estímulos com que se depara diariamente. Desde a infância, através dos sentidos, constrói a percepção que tem do mundo. Como refere Carvalho (2005) “*é essencialmente através de interações sensoriais e motoras que a criança descobre, sente, experimenta e conhece o mundo que a rodeia*” (*idem*, p. 130). Diversos estudos têm referido a importância da utilização dos diversos sentidos na compreensão de sistemas, no processo de comunicação e na partilha de conhecimentos. Apesar da importância que os sentidos podem ter na compreensão do mundo que nos rodeia, na escola as actividades que

envolvem a sua utilização para a aquisição, compreensão e partilha de conhecimento são esporádicas (Silva, Lopes, & Silva, 2010). Contudo, a diversidade e a massificação das aplicações multimédia têm possibilitado a integração e a realização de actividades multissensoriais em contexto educativo, que se caracterizam ainda por serem significativas, motivadoras e auxiliarem na memorização de processos (Murray, Foxe, & Wylie, 2005; Shams & Seitz, 2008).

Nas secções seguintes iremos apresentar um conjunto de ferramentas e de projectos que utilizam de alguma forma a georreferenciação e a informação multissensorial na produção ou na divulgação de conteúdos. Do ponto vista pedagógico enunciaremos quais as vantagens da utilização de actividades georreferenciadas e da informação sensorial em contexto educativo.

### **III.2. Georreferenciação**

Actualmente, apesar das facilidades que existem na deslocação de pessoas, as crianças, especialmente as dos meios urbanos, usufruem de pouco contacto com o meio ambiente e possuem pouco conhecimento sobre ele, o que pode ser um obstáculo no desenvolvimento de competências de orientação, de espacialidade e de georreferenciação (Williams, Jones, Fleuriot, & Wood, 2005). Como refere Silva e outros, os estudos realizados pela Unesco salientam que a aprendizagem deve ser baseada no que os alunos observam no ambiente em que estão inseridos e deve estar centrada na realização de actividades que tenham significado para eles e que representem acontecimentos por eles vivenciados (Silva, et al., 2009).

O acesso a ferramentas de georreferenciação até há alguns anos estava vedado a determinados sectores ou actividades da sociedade, devido à sua complexidade e aos custos associados à sua aquisição. Nos últimos anos têm surgido ferramentas, para ambiente *Web*, que possibilitam o seu acesso e



utilização nos mais diversos contextos, devido à fácil manipulação de mapas e de dados georreferenciados.

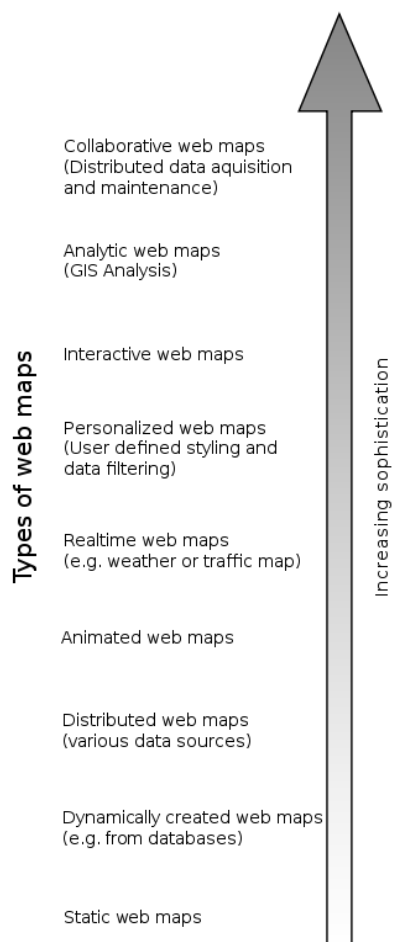
A utilização da *Web* como meio de divulgação de mapas é considerada por Neumanm (2007) um enorme avanço na cartografia e que abre novas oportunidades, como o acesso em tempo real, o desenvolvimento de mapas com conteúdos personalizados, a divulgação, a frequência e a facilidade das actualizações e os custos reduzidos quando comparados com o tempo e os custos de desenvolvimento dos mapas impressos. Numa fase inicial, os sistemas de georreferenciação na *Web* consistiam em representações gráficas estáticas dos mapas impressos. A evolução tecnológica possibilitou a introdução de interactividade e de conteúdos multimédia para facilitar a compreensão da informação que os próprios mapas possuem.

Nas ferramentas de georreferenciação disponíveis na *Web* estão presentes três conceitos, *Web mapping*, *Web cartography* e *Web GIS*. O conceito de *Web mapping* define o processo tecnológico de concepção e publicação de mapas na *Web*. A *Web cartography* refere-se a métodos de análise, de avaliação e de optimização de mapas publicados em ambiente *Web*. O conceito de *Web GIS* assemelha-se ao de *Web mapping*, no entanto coloca a ênfase no processo de análise e de exploração de mapas.

Uma das primeiras classificações que surgiu sobre os mapas utilizados em *Web mapping* foi apresentada por Kraak (2001) que distinguiu os mapas utilizados nos sistemas de georreferenciação em mapas estáticos e mapas dinâmicos (Figura III.1). Ambos os tipos de mapas subdividem-se em mapas só de leitura e mapas interactivos. Kraak define como mapas estáticos as aplicações onde os utilizadores podem apenas visualizar mapas idênticos aos mapas impressos. Os utilizadores não podem seleccionar os conteúdos a visualizar. Algumas destas aplicações permitem aos utilizadores aumentar ou diminuir a área de visualização; no entanto, não podem alterar a escala. Relativamente aos *Web* mapas dinâmicos, Kraak subdivide-os em:

- Dynamically-created Web maps,

- Distributed Web maps,
- Animated Web maps,
- Real-time Web maps,
- Personalized Web maps,
- Interactive Web maps,
- Analytic Web maps e
- Collaborative Web maps.



**Figura III.1 – Web Maps utilizados na Web.**<sup>25</sup>

Os mapas dinâmicos de uma forma geral fomentam a interactividade, a personalização, a elaboração, a análise de informação e, essencialmente,

---

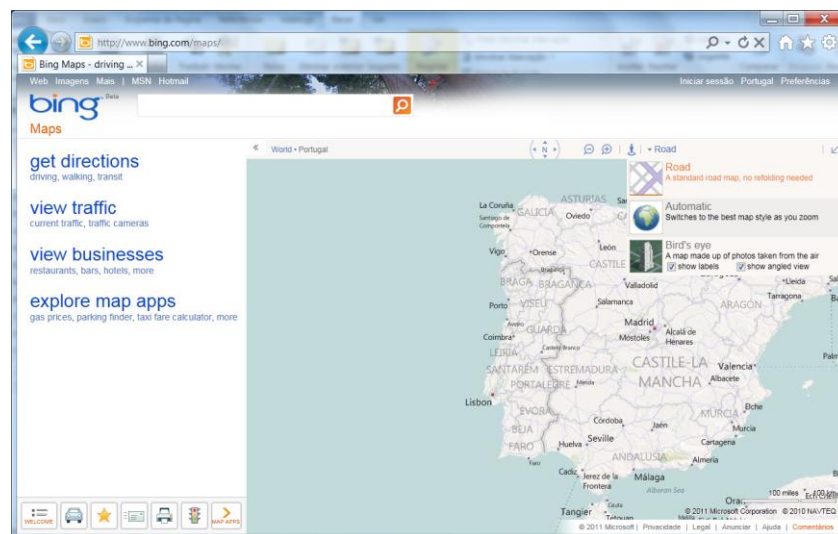
<sup>25</sup> Fonte: [https://www.e-education.psu.edu/geog863/resources/l3\\_p4.html](https://www.e-education.psu.edu/geog863/resources/l3_p4.html), acedido em Março de 2011.

possibilitam aos utilizadores a selecção de informação e a construção dos próprios mapas através de ambientes colaborativos.

Nas secções seguintes iremos apresentar algumas das ferramentas de georreferenciação gratuitas que actualmente estão disponíveis na *Web* e que permitem uma utilização diversificada: *Bing Maps*<sup>26</sup>, *OpenStreetMap*<sup>27</sup>, *Nasa World Wind*<sup>28</sup>, *Google Maps*<sup>29</sup>, *WikiMapia*<sup>30</sup> e *Google Earth*<sup>31</sup>.

### III.2.1 Bing Maps

O *Bing Maps* é um sistema para visualização interactiva de mapas e imagens de satélite desenvolvido pela *Microsoft*. É um serviço de visualização de mapas *online* incluído na suite *Bing* e que permite aos utilizadores procurar e visualizar informações relacionadas com itinerários, tráfego, actividades económicas e serviços.



**Figura III.2 – Ferramenta *Bing Maps*.**

<sup>26</sup> *Bing Maps*, <http://www.bing.com/maps/>, acedido em Maio de 2011.

<sup>27</sup> *OpenStreetMap*, <http://www.openstreetmap.org/>, acedido em Maio de 2011.

<sup>28</sup> *NASA World Wind*, <http://worldwind.arc.nasa.gov/>, acedido em Maio de 2011.

<sup>29</sup> *Google Maps*, <http://maps.google.pt/>, acedido em Maio de 2011.

<sup>30</sup> *Wikimapia.org*, <http://wikimapia.org>, acedido em Maio de 2011.

<sup>31</sup> *Google Earth*, <http://www.google.com/earth/index.html>, acedido em Maio de 2011.

Na Figura III.2 podemos observar a interface da ferramenta, onde o utilizador tem a possibilidade de alterar o modo de visualização dos mapas: *Road*, nesta opção a representação é idêntica aos mapas impressos; *Aerial*, representação baseada em fotografias de satélite; *Bird's eye*, visualização da informação com grande definição. O *Bing Maps* permite também a visualização de mapas 3D.

O *Bing Maps* possui ainda um conjunto de ferramentas que permite aos utilizadores visualizar ou criar informação georreferenciada. Através da opção *Map Apps* é possível visualizar as ferramentas disponíveis (Figura III.3).

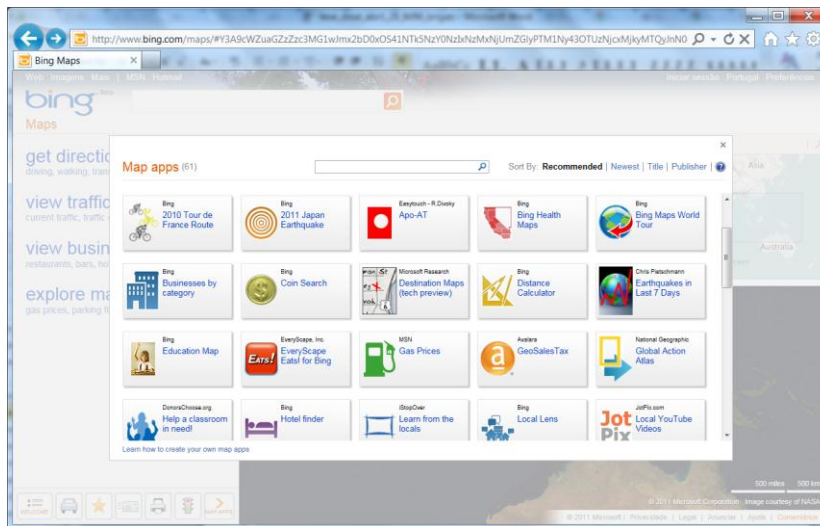


Figura III.3 – Aplicações disponíveis no *Bing Maps*.

Das ferramentas disponíveis destacamos as aplicações *Photosynth* e *EarthQuakes*. A aplicação *Photosynth* baseia-se na aplicação *Photosynth.net*<sup>32</sup> e permite aos utilizadores fazer o *upload* de fotografias, as quais poderão formar uma representação panorâmica do local (Figura III.4). A aplicação *EarthQuakes* georreferencia a actividade sísmica do planeta (Figura III.5).

<sup>32</sup> *Microsoft Photosynth*, <http://photosynth.net/>, acessido em Maio de 2011.

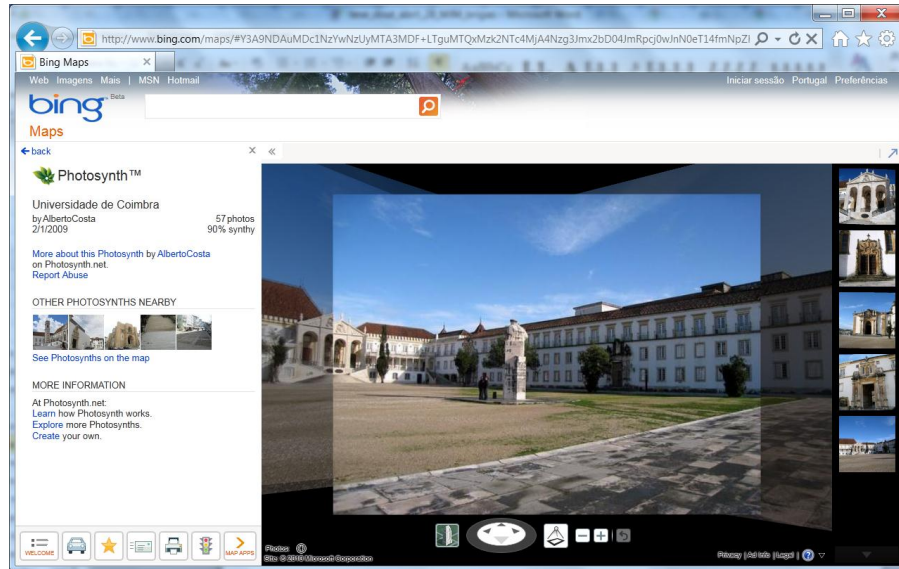


Figura III.4 – Aplicação *Photosynth* no *Bing Maps*.

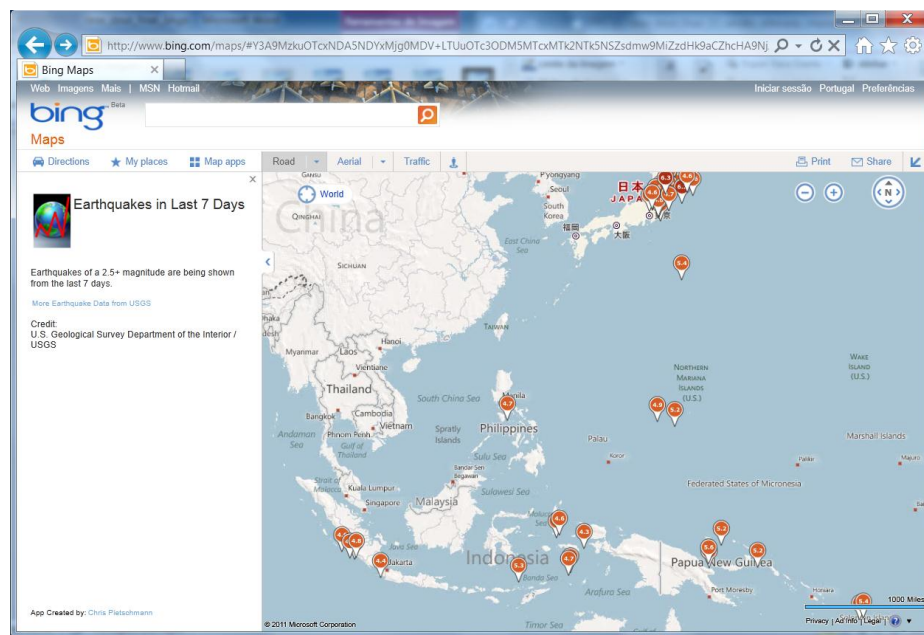


Figura III.5 – Aplicação *EarthQuakes* no *Bing Maps*.

No *Bing Maps* os utilizadores podem partilhar mapas através de *email* ou através de sítios *Web* (Figura III.6). Os mapas partilhados podem conter *places* com texto, imagens, hiperligações e formas geométricas.

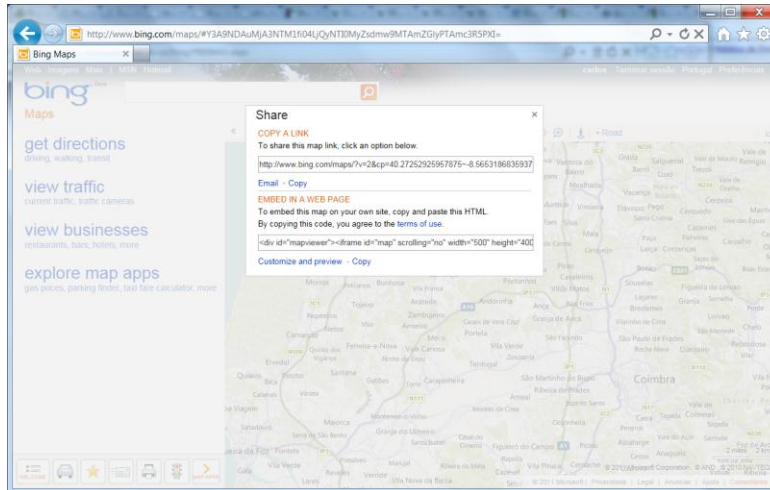


Figura III.6 – Partilha de mapas no *Bing Maps*.

### III.2.2 OpenStreetMap

O *OpenStreetMap* é um *Web map* gratuito e editável (Figura III.7), inspirado por sítios como a *Wikipedia*<sup>33</sup>. Tem como objectivo a criação e a distribuição de mapas do mundo, que representem estradas, cidades e regiões. Os mapas são editados no próprio sítio ou através de *uploading* de dados recolhidos pelos utilizadores com receptores GPS, fotografias aéreas ou outras fontes livres.

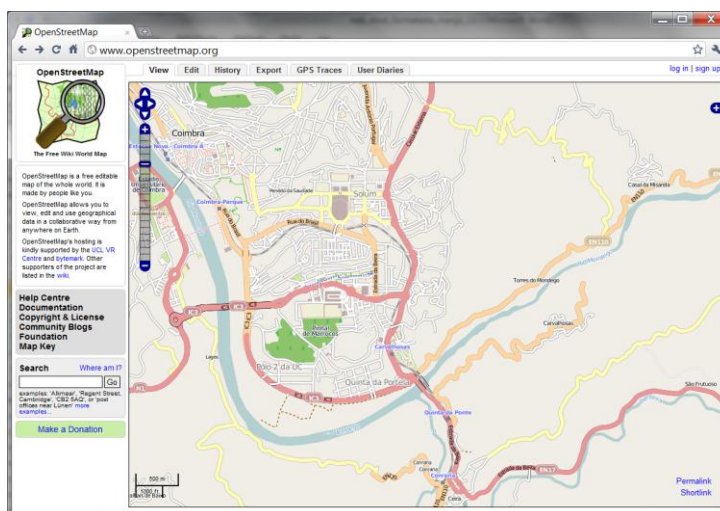


Figura III.7 – Ferramenta *OpenStreetMap*.

<sup>33</sup> *Wikipedia*, <http://pt.wikipedia.org>, acessido em Maio de 2011.



A edição dos mapas no *OpenStreetMap* é feita através da aplicação *Potlatch2*. Através dela o utilizador tem a possibilidade de inserir novas estradas, novos locais ou outros pontos de interesse (Figura III.19).

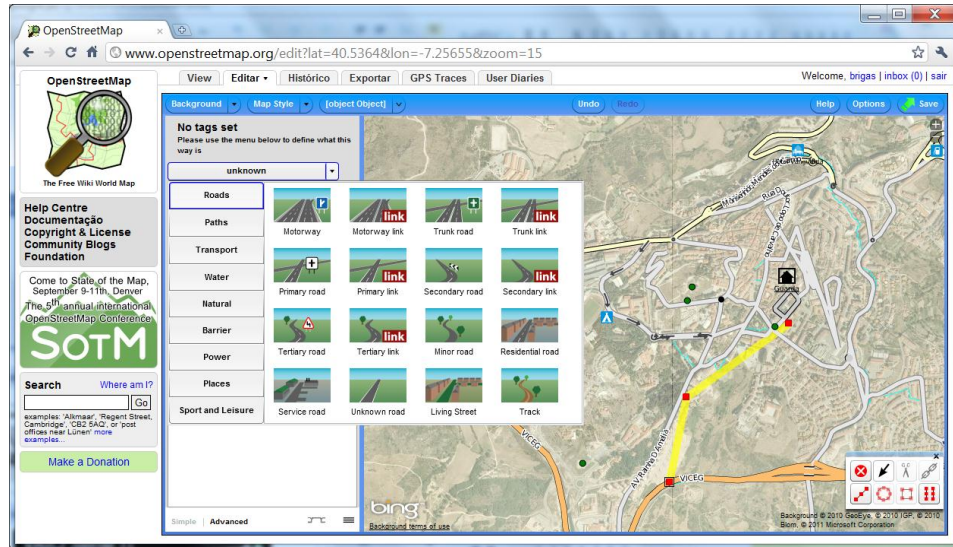


Figura III.8 – Inserção e classificação de caminhos no *OpenStreetMap*.

Na inserção e edição de pontos de interesse, o utilizador tem a possibilidade de utilizar um conjunto de ícones que o auxilia a classificar esses locais. Esta abordagem evita o surgimento de uma multiplicidade de ícones e termos para classificar o mesmo tipo de pontos de interesse (Figura III.9).

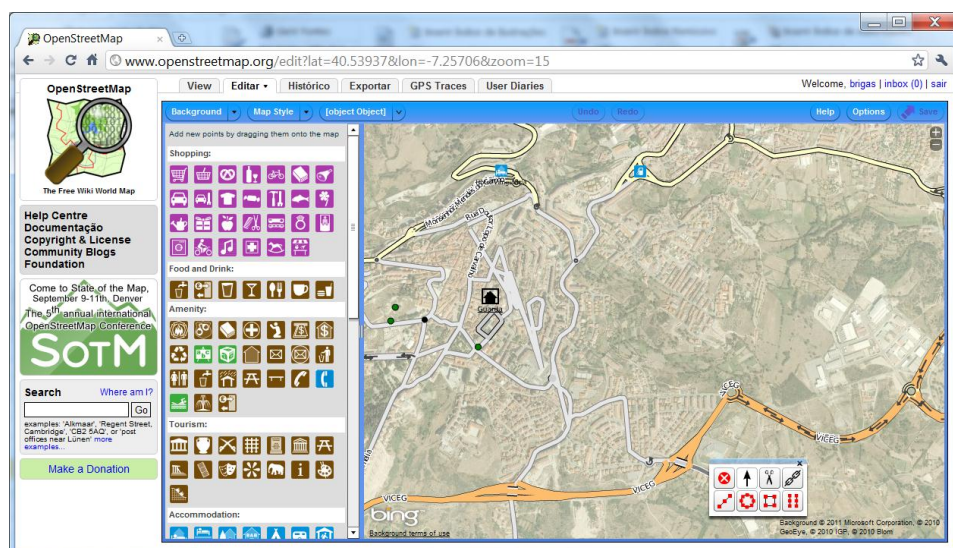


Figura III.9 – Inserção e edição de locais no *OpenStreetMap*.

### III.2.3 NASA World Wind

O *NASA World Wind* é uma ferramenta de visualização 3D do globo terrestre desenvolvida pela NASA<sup>34</sup> (Figura III.10). As imagens do globo são recolhidas por satélite e retiradas das bases de dados da NASA. Para acesso ao *NASA World Wind* o utilizador tem que fazer o *download* e a instalação da aplicação. O sistema possibilita o acesso a conteúdos com um nível de detalhe e de fiabilidade muito elevados. No *World Wind* é possível inserir conteúdos, desde simples formas geométricas a conteúdos multimédia.

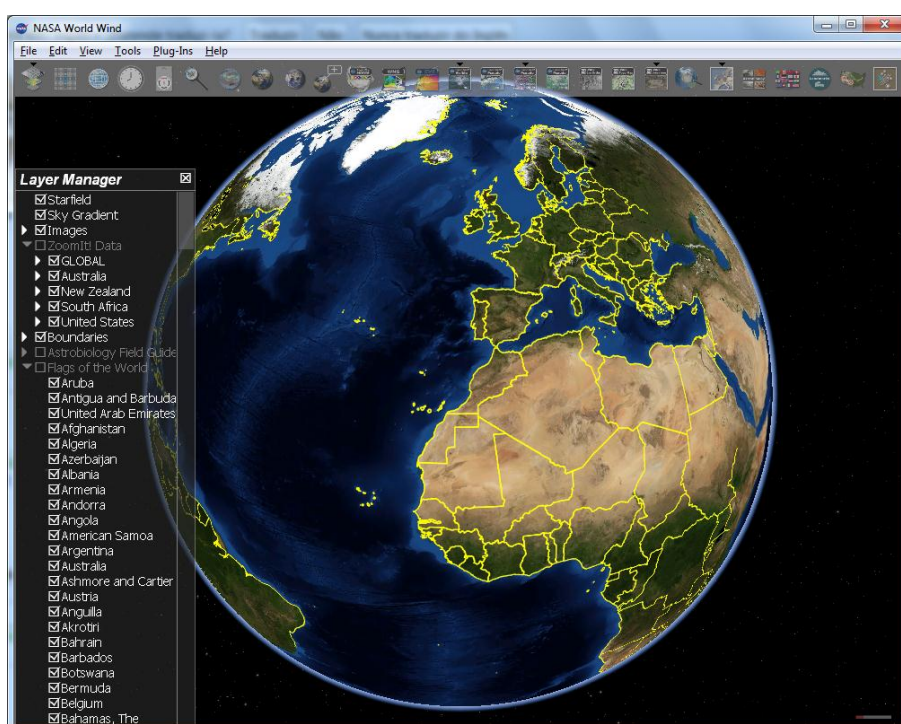


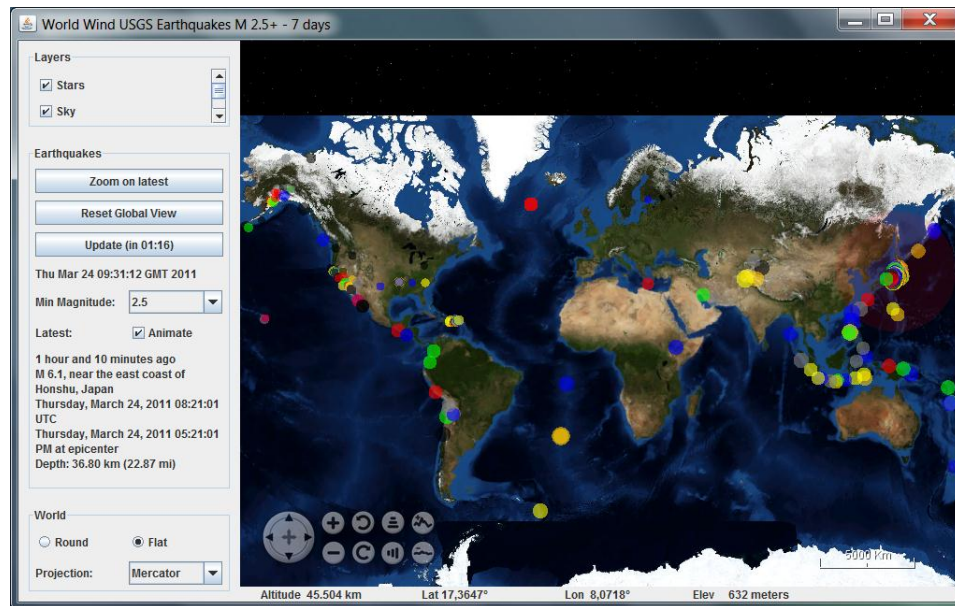
Figura III.10 – Ferramenta *NASA World Wind*.

No sítio da ferramenta estão elencados um conjunto de actividades que mostram as potencialidades da mesma, entre as quais podemos destacar o *World Wind USGS* (Figura III.11), onde é possível visualizar a actividade sísmica do planeta, os limites das placas continentais e as zonas com actividade sísmica mais elevada.

---

<sup>34</sup> *National Aeronautics and Space Administration*, <http://www.nasa.gov/>, acedido em Maio de 2011.





**Figura III.11 – Ferramenta NASA World Wind USGS.**

### III.2.4 Google Maps

O *Google Maps* é um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite, fornecido e desenvolvido pela *Google*<sup>35</sup>. O acesso ao *Google Maps* é feito através de um *browser* e não é necessário instalar aplicações para visualizar os mapas e os serviços disponíveis (Figura III.12), entre os quais podemos destacar:

- Personalização de mapas, através desta opção os utilizadores têm a possibilidade de criarem mapas, nos quais podem inserir marcadores, formas, linhas, texto, imagens e vídeos. Os mapas podem ser criados de uma forma colaborativa e partilhados com outros utilizadores.
- *Street View*, possibilita a visualização e a navegação em mapas ao nível de rua. Esta opção só está disponível para as principais cidades.
- Edição de mapas, é possível anexar informação a qualquer local através desta opção.
- Selecção de percursos, esta opção permite ao utilizador visualizar os itinerários entre dois pontos seleccionados.

<sup>35</sup> *Google*, <http://www.google.pt>, acedido em Março de 2011.

- Camadas de informação, existem camadas de informação sobre tráfego, fotografias, documentos da *Wikipedia*, etc.
- Importação de mapas para outros sítios e aplicações multimédia.

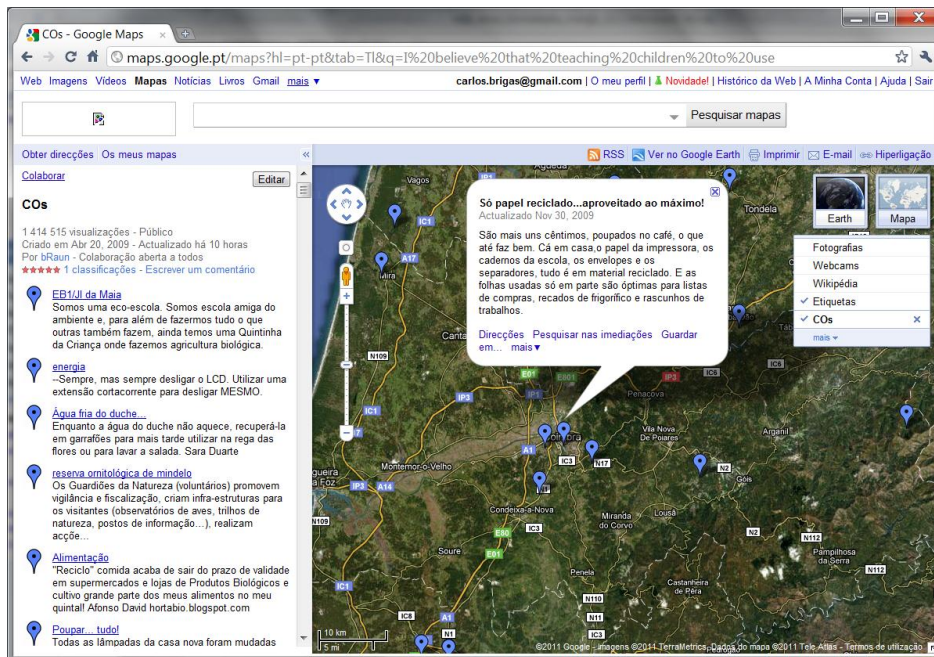


Figura III.12 – Ferramenta *Google Maps*.

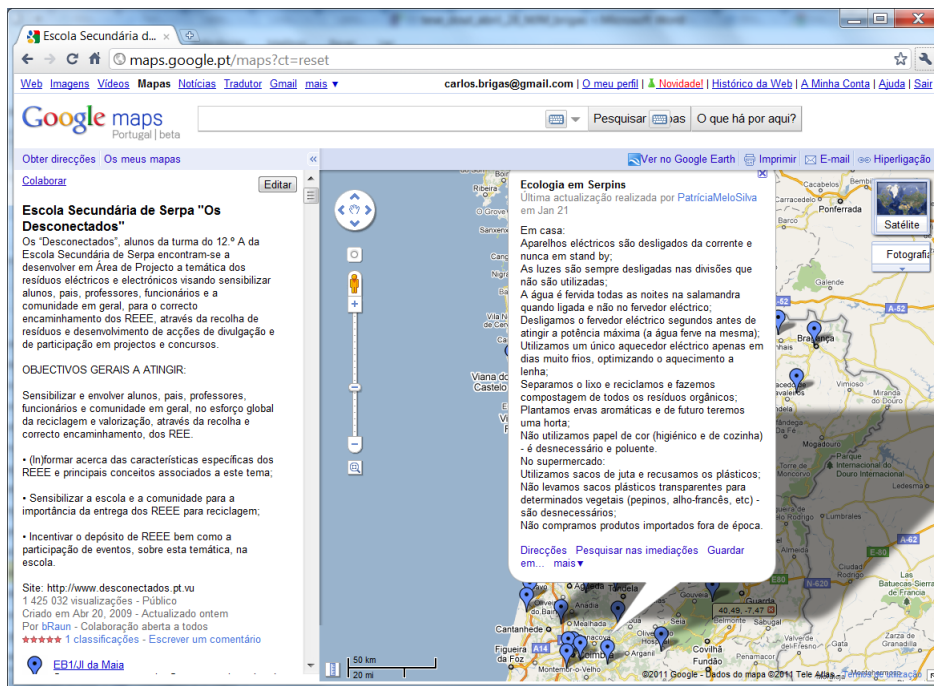


Figura III.13 – Mapa do projecto de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, *Google Maps*.

Na Figura III.13 podemos visualizar o mapa criado pelos alunos de uma turma da Escola Secundária de Serpa. O mapa pretende referenciar os locais de interesse e as acções relacionadas com o tratamento de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos.

### III.2.5 WikiMapia

O *WikiMapia* é um mapa interactivo editável, que foi desenvolvido com o objectivo de ser um mapa grátis com informações detalhadas sobre todos os locais da Terra (Figura III.14). Surgiu em 2006 e é uma conjugação de dois conceitos de sucesso, o *Google Maps* e a *Wikipedia*. O serviço baseia-se nos mapas e imagens de satélite do primeiro. O conceito de *wiki*, colecção de documentos de hipertexto ou de aplicações colaborativas, permite que qualquer utilizador tenha a possibilidade de inserir no mapa informações sobre rios, locais ou vias de transporte.

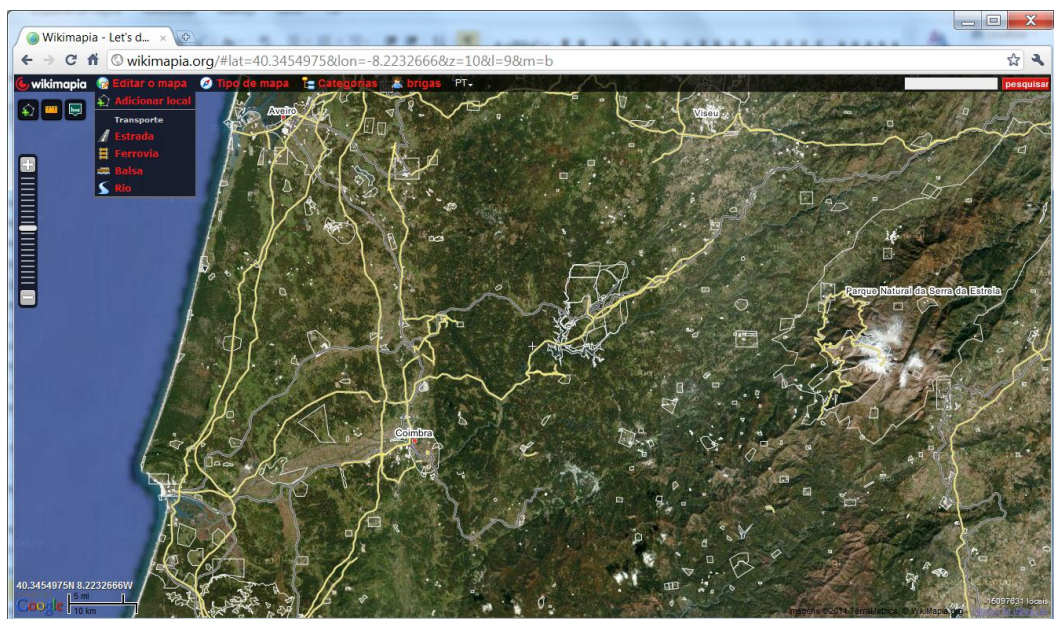


Figura III.14 – Ferramenta *WikiMapia*.

Ao inserir um novo local no *WikiMapia*, o utilizador define a localização e a área geográfica. Para cada local o utilizador tem a possibilidade de inserir uma descrição e definir uma classificação (Figura III.15 e Figura III.16).



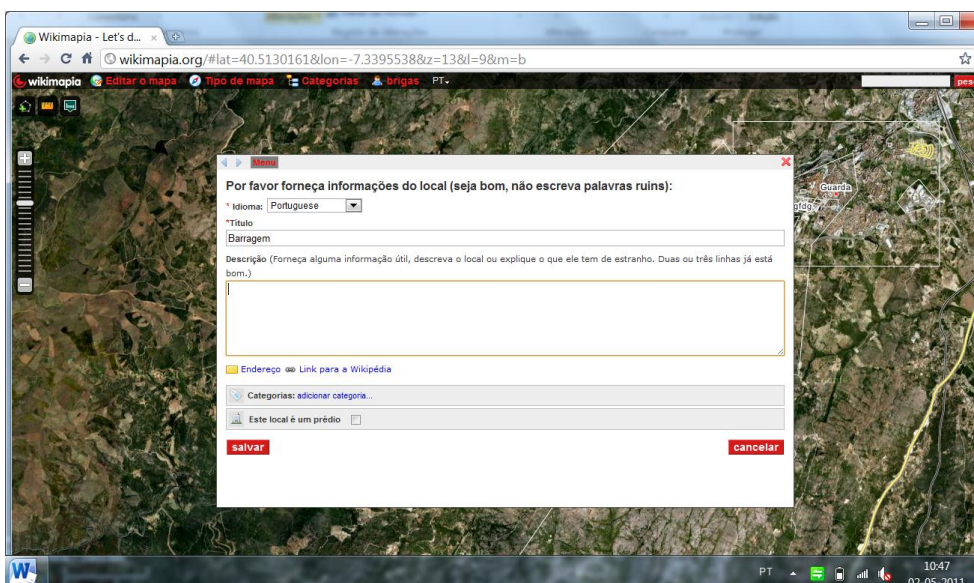


Figura III.15 – WikiMapia, definição de um local.

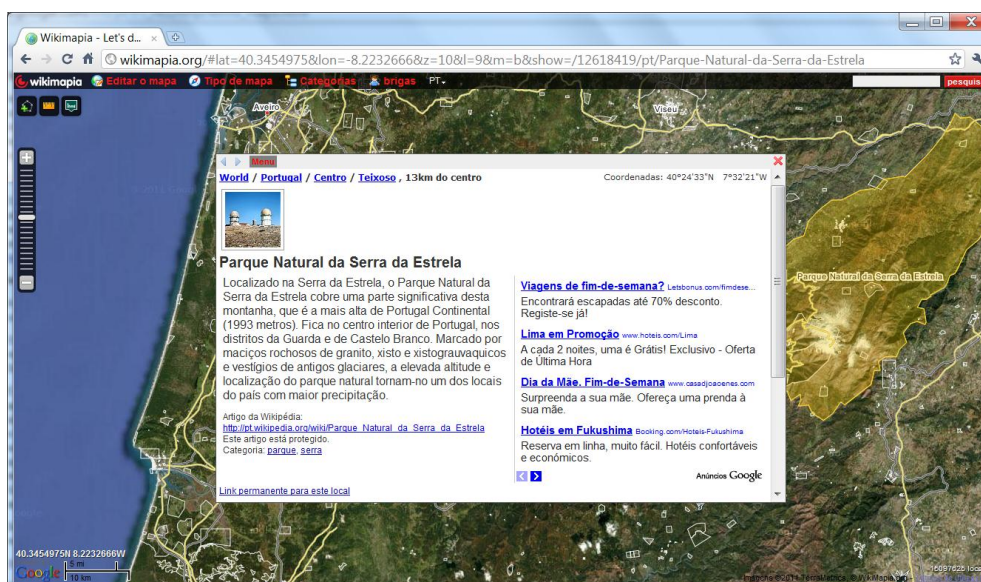


Figura III.16 – WikiMapia, descrição de um local.

### III.2.6 Google Earth

O *Google Earth* é uma aplicação desenvolvida pela *Google* que representa o globo terrestre usando um modelo tridimensional (Figura III.17). O globo é construído a partir de um mosaico de imagens de satélite, imagens aéreas e *GIS* 3D.

Através do *Google Earth* o utilizador tem acesso a informação que podemos classificar de usual neste tipo de aplicações, como as camadas de informação e de serviços. No entanto, podemos referir que alguns serviços possuem um enorme potencial educativo, como a representação de factos históricos, de locais culturais, de cidades e civilizações antigas, de fenómenos climatéricos, geológicos, acesso a locais inexplorados, como as profundezas do oceano, planetas do sistema solar ou galáxias. A Figura III.18 mostra um exemplo - os *placemarks* na cidade de Roma da figura referem-se aos locais históricos do período romano.

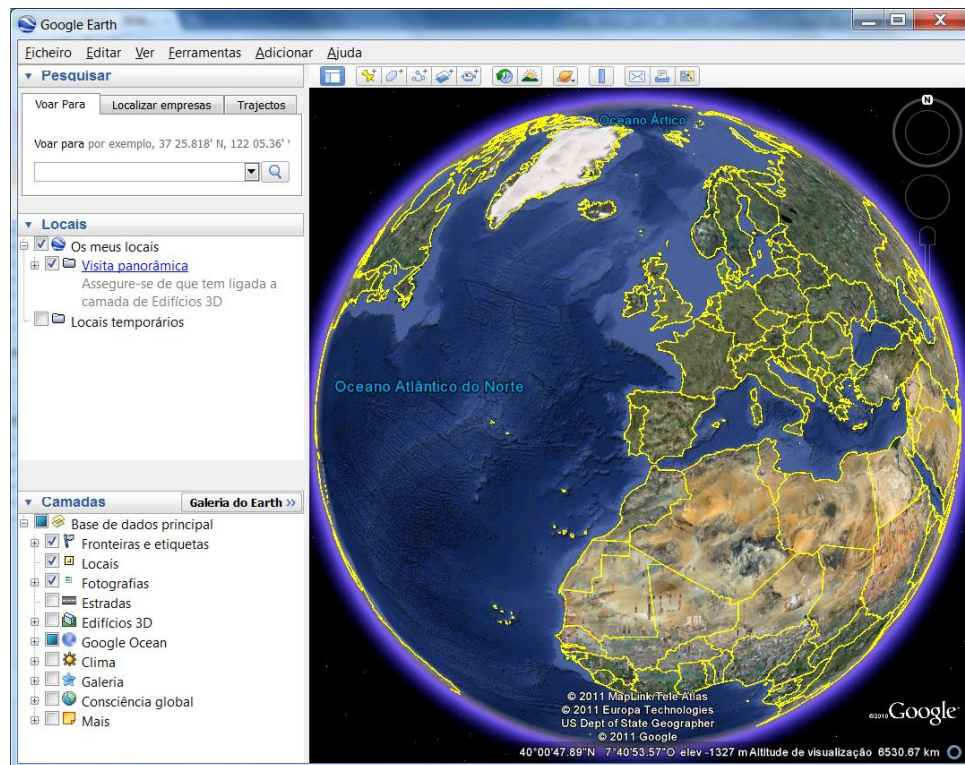


Figura III.17 – Ferramenta *Google Earth*.

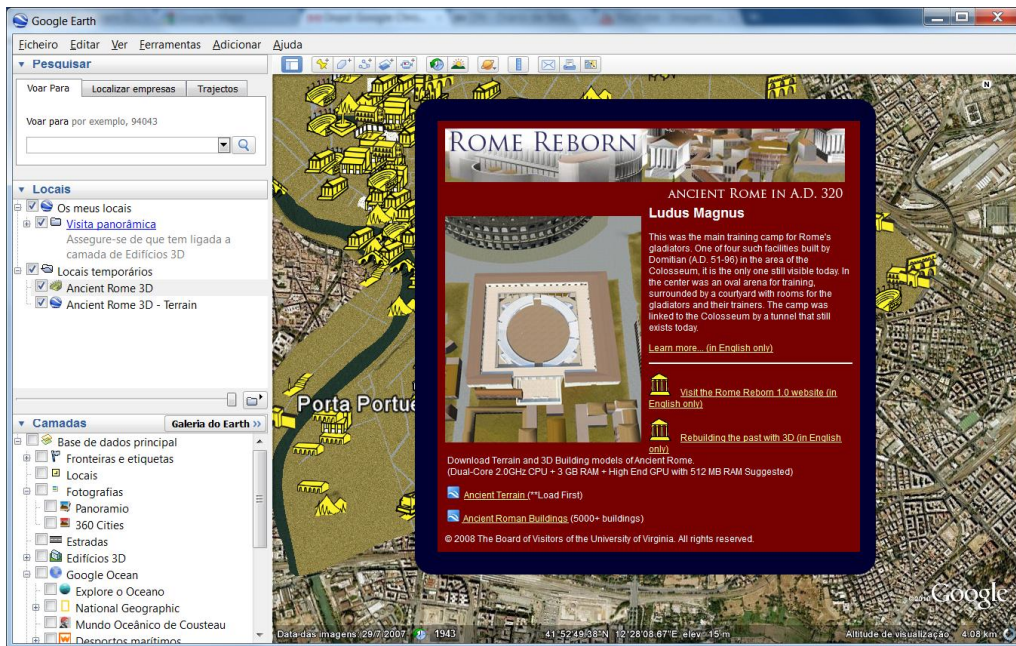


Figura III.18 – Google Earth, visualização de um placemark.

### III.2.7 Análise Comparativa de ferramentas de georreferenciação

De acordo com as especificidades dos alunos do 1º ciclo do Ensino Básico e com os objectivos delineados para este trabalho de investigação, avaliámos as ferramentas de georreferenciação descritas tendo em consideração os seguintes critérios:

- Usabilidade da ferramenta;
- Modos de visualização, utilização de mapas e de imagens satélite;
- Visualização do globo terrestre usando um modelo tridimensional;
- Facilidades de interacção e de navegação;
- Selecção de camadas de informação;
- Camadas de informação;
- Portabilidade;
- Requisitos técnicos necessários (de software e hardware);
- Elaboração e partilha de informação;
- Formas de integração em páginas Web.



A Tabela III.1 apresenta a análise comparativa das ferramentas de georreferenciação referidas nas secções anteriores.

	<i>Bing Maps</i>	<i>OpenStreetMap</i>	<i>Nasa World Wind</i>	<i>Google Maps</i>	<i>Wikimapia</i>	<i>Google Earth</i>
Usabilidade	simples	complexa	complexa	simples	complexa	simples
Imagens de satélite	sim	sim	Sim	sim	sim	sim
Globo Virtual	não	não	Sim	não	não	sim
Navegação	simples	simples	simples	simples	simples	simples
Seleção de camadas	sim	sim	Sim	sim	sim	sim
Camadas de informação	reduzidas	reduzidas	reduzidas	reduzidas	reduzidas	elevadas
Portabilidade	sim	sim	Sim	sim	sim	sim
Software	-	-	instalação da aplicação	-	-	instalação da aplicação
Hardware			placa de vídeo 3d			
Novos conteúdos	sim	sim	Sim	sim	sim	sim
Partilha de conteúdos	sim	sim	Sim	sim	sim	sim
Integração em páginas Web	sim	sim	Não	sim	não	sim

**Tabela III.1 – Análise comparativa de ferramentas de georreferenciação.**

Todas as ferramentas analisadas possuem características equivalentes. Permitem aos utilizadores a selecção e a visualização de camadas de informação, possuem uma interface simples, a navegação processa-se também de uma forma simples e eficaz. As principais diferenças consistem fundamentalmente nas metodologias utilizadas no desenvolvimento, na divulgação de conteúdos e na restrição do tipo de conteúdos que os utilizadores podem inserir nos mapas. Relativamente às ferramentas que utilizam o globo virtual para representação do planeta Terra, apesar de semelhantes, o *Google Earth* apresenta algumas vantagens relativamente ao *NASA World Wind*. O *NASA World Wind* possui uma interface menos intuitiva e a instalação da aplicação obriga ao *download* de outros pacotes de software, o que neste nível de ensino pode impossibilitar a sua utilização. Simões refere

que o *Google Earth* permite a partilha de informação; é de utilização livre, com acesso aberto à API da ferramenta; simples de instalar; pode ser utilizado em diversos sistemas operativos; é compatível com os *browsers* mais utilizados; possibilita uma fácil integração em páginas *Web* e possui um elevado número de conteúdos disponíveis (Simões, 2008).

### III.2.8 Georreferenciação na educação

A massificação da utilização da Internet em contextos educativos e o aparecimento de diversos sistemas de georreferenciação na *Web* permitiu que a integração destas ferramentas na prática pedagógica acontecesse de uma forma rápida e eficaz (Alibrandi & Baker, 2008; Rakshit & Ogneva-Himmelberger, 2008). As ferramentas de georreferenciação analisadas possuem interface amigáveis, o que permite o acesso a mapas e a informação georreferenciada de uma forma simples (Rakshit & Ogneva-Himmelberger, 2008). Diversos autores afirmam que a utilização da informação georreferenciada em ambientes educativos possibilita a implementação de ambientes mais dinâmicos, motivadores e significativos para os alunos (Britt & LaFontaine, 2009; Silva, 2007; Silva, Lopes, & Silva, 2009), mas também *“As representações e as interfaces de informação geográfica são encaradas como instrumentos para tornar possível: a ligação entre as experiências reais e as experiências virtuais; as viagens entre mundos macro e micro, entre contextos globais e locais, a compreensão e a partilha de experiências e ambientes locais e identitário”* (Gomes, Silva, & Marcelino, 2005, p. 1).

O *Google Earth* é um dos sistemas mais conhecidos e utilizados, que permite de uma forma imediata obter informações sobre os mais variados locais do planeta e que, quando utilizado em actividades educativas, permite a criação de ambientes motivadores e com o qual o utilizador cria empatia de imediato (Norman, 2006). Para Brit e LaFontaine (2009), o *Google Earth* é um ambiente interactivo ideal para ensinar os conceitos fundamentais de geografia. Através do *Google Earth* é possível visualizar a forma da terra; localizar e descrever sítios conhecidos; localizar cidades, países, continentes,



oceanos e elementos geográficos relevantes como serras, lagos, vulcões ou ilhas. A utilização de mapas para identificar espaços já conhecidos ou para localizar sítios permite aos alunos realizar actividades mais significativas. A utilização do *Google Earth* não se restringe a áreas relacionadas com a geografia, no entanto. Nas áreas das Línguas o *Google Earth* poderá servir, por exemplo, para identificar os lugares referenciados em livros e, desta forma, localizar no espaço as *histórias* relatadas.

Com o objectivo de salientar as potencialidades das ferramentas *de Web mapping*, o sítio *Google Geo Education*<sup>36</sup> possui actividades que exemplificam as potencialidades educativas das ferramentas *Google Maps* e *Google Earth*<sup>37</sup>. As actividades apresentadas caracterizam-se por ser actividades significativas, contextualizadas e com grande abrangência e transversalidade curricular. Para o 1º ciclo do Ensino Básico, o sítio poderá ser utilizado para registar: percursos de visitas de estudo, dos alunos até à escola ou de factos históricos, como os descobrimentos portugueses; o alcance e a localização de catástrofes; a análise da influência do ser humano no planeta; as alterações climáticas. Poderá ainda servir para identificar e relacionar a diversidade ecológica do planeta.

As diversas actividades promovidas pelo *PAView*<sup>38</sup> têm como objectivo a introdução de ferramentas como o *Google Earth* e o *Nasa World Wind* em actividades lectivas, e, deste modo, facilitar o acesso e a partilha de conteúdos georreferenciados. Como exemplo podemos referir a actividade *NASA World Wind Class Activity*<sup>39</sup>, onde através da utilização do *Nasa World Wind* os alunos podem localizar e descrever determinados locais do planeta.

---

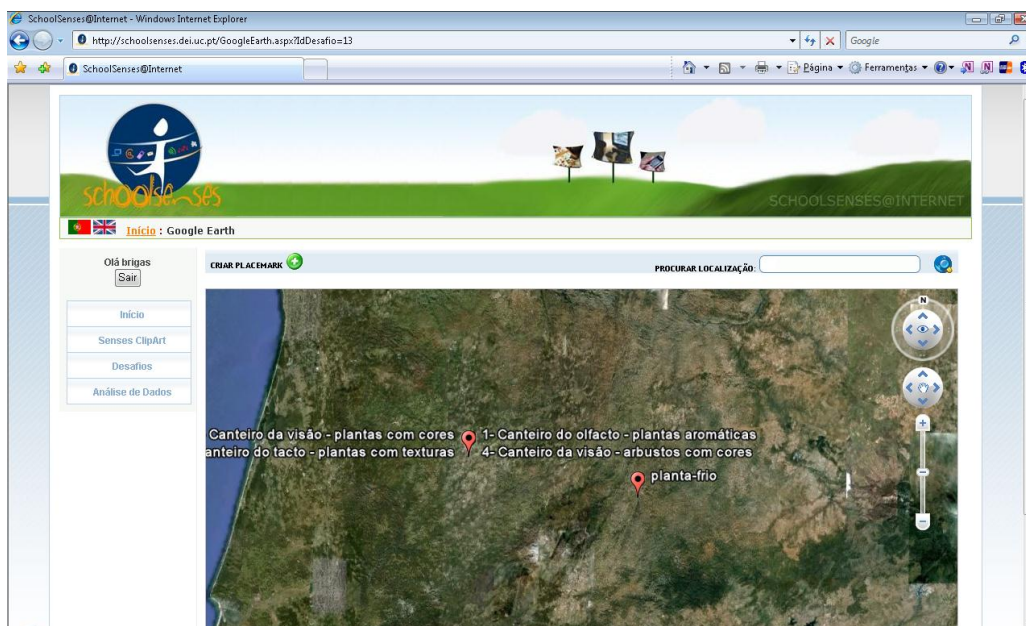
<sup>36</sup> *Geo Education Home*, <http://www.google.com/educators/geo.html>, acedido em Abril de 2011.

<sup>37</sup> *Google Earth for Educators*, <http://sitescontent.google.com/google-earth-for-educators/classroom-resources>, acedido em Abril de 2011.

<sup>38</sup> *PennsylvaniaView*, <http://www.paview.psu.edu/education.html>, acedido em Maio de 2011.

<sup>39</sup> *NASA World Wind Class Activity*, <http://www.paview.psu.edu/education/nasaproject.pdf> acedido em Maio de 2011.

Como foi referida na secção I.2, um dos objectivos do projecto *SchoolSenses@Internet* é possibilitar que os alunos sejam os autores de mensagens multissensoriais georreferenciadas e de modelos multissensoriais georreferenciados. A georreferenciação de mensagens e de modelos no projecto *SchoolSenses@Internet* é feita através de *placemarks* criados directamente no *Google Earth* (Figura III.19).



**Figura III.19 – *SchoolSenses@Internet*, placemark de actividades usando o *Google Earth*.**

A equipa de investigação do projecto *SchoolSenses@Internet* optou pela utilização do *Google Earth*, pelas seguintes razões:

- É um dos sistemas mais conhecidos e utilizados na área da georreferenciação.
- Está disponível numa versão gratuita e de grande portabilidade entre sistemas e *browsers*.
- Tem uma interface simples e intuitiva.
- Possui um processo simples de partilha conteúdos.
- Apresenta qualidade e diversidade de conteúdos.
- Providencia um acesso fácil à API da ferramenta.

Nas diversas sessões promovidas no âmbito do projecto nas escolas participantes verificou-se que as crianças não têm em consideração a localização geográfica como propriedade relevante no comportamento de sistemas dinâmicos e chegam a cometer erros muito grosseiros. No entanto, as mesmas sessões permitiram verificar o potencial educativo e a utilidade do conceito de informação georreferenciada para a concepção de experiências significativas de aprendizagem (Gomes, Silva, Brigas, Pereira, & Marcelino, 2006). Nas sessões realizadas as crianças participaram de uma forma empenhada na construção de conteúdos multissensoriais e utilizaram sem dificuldade a ferramenta de georreferenciação *Google Earth* (Silva, Ferreira, & Gomes, 2009).

### **III.3. Informação multissensorial**

As crianças e os adultos utilizam constantemente o som, o cheiro, as cores, o sabor, a visão e o tacto para identificarem objectos, para os classificarem, consoante as suas propriedades químicas ou físicas, na avaliação de situações, na tomada de decisões, isto é o homem utiliza os sentidos para compreender a realidade (Gouveia, 2008). Ao longo dos primeiros anos de vida da criança os sentidos assumem uma importância extrema na compreensão do mundo e dos objectos com que lida diariamente e, como afirma Carvalho (2005), numa fase inicial “*é essencialmente através de interacções sensoriais e motoras que a criança descobre, sente, experimenta e conhece o mundo que a rodeia*” (*idem*, p. 130) e é através das “*múltiplas sensações que cada criança aprende e se apropria do mundo que a rodeia*” (*idem*, p. 130).

Podemos definir informação multissensorial como informação que é adquirida e assimilada através dos vários sentidos (Marcelino, et al., 2007). Consideramos como informação multissensorial todos os conteúdos que utilizem mais do que um sentido para expressar o seu significado, ou seja implica a combinação de conteúdos que representem informação de pelo

menos dois sentidos (Scott, 1993). A informação multissensorial representa percepções sensoriais que de forma natural obtemos do meio ao sermos confrontados com situações do dia-a-dia.

Desde sempre o homem utilizou a informação multissensorial para partilhar as suas ideias, através de sons, de conteúdos visuais e de texto. A utilização deste tipo de linguagem facilita o processo de comunicação, devido à simplicidade e à universalidade dos seus símbolos. Muitas das mensagens e codificações são universais, ultrapassando questões éticas e culturais. Diariamente, somos confrontados com informação multissensorial (Silva, Lopes, & Silva, 2010), como, por exemplo, a associação de cores: vermelha a situações de perigo ou a temperaturas altas; verde que consideramos como válido, ligado ou a funcionar correctamente; azul como sinal de frio ou puro. A informação multissensorial pode facilitar e simplificar a compreensão da mensagem que o autor pretende transmitir.

Lowenfeld (1977) defende que a criança aprende quando há uma interacção desta com o ambiente, utilizando os sentidos para a sua consecução. A utilização de informação sensorial permite que sejam partilhadas sensações de forma mais simples e eficaz. Vários estudos referem que as actividades multissensoriais permitem uma memorização superior dos conteúdos em relação a actividades onde os alunos só utilizam um dos sentidos para compreender um sistema (Murray, Foxe, & Wylie, 2005; Shams & Seitz, 2008).

As actividades onde os alunos utilizam os sentidos para compreensão de sistemas e o emprego dos diferentes formatos de informação para partilharem e explicarem as suas próprias concepções, revelam ser actividades em que as crianças participam de uma forma activa e empenhada (Druin, Bederson, Boltman, Miura, Callahan, & Platt, 1998). Maal (2004) indica que *"If you really want to engage learners, try taking a multisensory approach. Presentations that appeal to auditory, visual, and kinesthetic modalities simultaneously connect more deeply and have a lasting impact"* (idem, p. 61). No entanto, a informação multissensorial não é utilizada com regularidade em

actividades educativas, e as próprias crianças não estão habituadas a reconhecer e a produzir informação multissensorial. Desta forma, é desperdiçada uma componente que pode ser um factor importante para a motivação, para o envolvimento e para a promoção de aprendizagens significativas (Silva, Gomes, & Marcelino, 2005). Westley (2003) refere que *"Even the most cursory study of education demonstrates a profound understanding and appreciation of the world derives from a full sensory experience-smell, movement-touch, aural-musical, visual. Relatively recent research in the field of multiple intelligence / emotional intelligence into how we learn, suggests that diversity of sensory and intellectual stimuli is key to increasing our capacity for learning"* (idem, p. 34).

Actualmente, a utilização das TIC nas diversas actividades de ensino/aprendizagem possibilita o desenvolvimento de ferramentas que permitem efectuar a junção dos diversos tipos de conteúdos, aliados a diferentes modos de representação. Torna-se, assim, cada vez mais viável a utilização de informação multissensorial em contexto educativo (Silva, Hipólito, & Gouveia, 2003).

Nas secções seguintes apresentamos alguns projectos e metodologias onde foi utilizada a informação multissensorial no ensino de algumas áreas curriculares, nomeadamente da Matemática, das Línguas e do Estudo do meio.

### **III.3.1 Informação multissensorial no ensino da Matemática**

Estudos realizados por Hiebert (1988) evidenciam que os alunos devem aprender e compreender primeiro os conceitos fundamentais de Matemática e só depois terão capacidade para compreender os conceitos abstractos mais complexos. Como Piaget refere, nem todos os alunos têm as mesmas aptidões para compreenderem, com a mesma facilidade e rapidez, determinados conceitos matemáticos. Os professores, aquando da introdução de novas matérias, geralmente utilizam objectos que de alguma forma auxiliam os alunos a compreender os novos conceitos. Exemplo dessas práticas são os

feijões utilizados para explicar os conceitos de adição ou de subtracção. Como Rains (2008) refere, no ensino de novos conceitos matemáticos, frequentemente, os professores utilizam objectos multissensoriais que auxiliam a criança a compreendê-los.

O projecto *Multi-sensory approach to the teaching and learning of mathematics* teve início no ano de 2004, com o objectivo de desenvolver ferramentas multissensoriais para o ensino da matemática para alunos entre os onze e os catorze anos. A equipa do projecto baseou a investigação e o desenvolvimento das ferramentas multissensoriais no facto de existir uma relação entre conhecimentos matemáticos e a capacidade de memória visual dos alunos. A equipa verificou que os alunos que possuíam dificuldades de aprendizagem na área da Matemática possuíam também uma memória visual reduzida. O projecto promove a aprendizagem de conceitos através da manipulação de dez *plates*. Cada uma das *plates* está associada a um número decimal e a uma cor. As actividades consistiam na utilização das *plates* para compreender a composição dos números e as operações de adição. O desenvolvimento do projecto permitiu, à equipa de investigação, afirmar que os alunos melhoraram as suas capacidades cognitivas a nível de conhecimentos matemáticos e memória visual; participaram activamente nas actividades em que se utilizaram recursos multissensoriais; nas escolas onde decorreu o projecto a utilização dos materiais multissensoriais passou a ser feita de forma natural e contínua.

Como afirma Rains (2008), a implementação de actividades multissensoriais, em geral, está relacionada com a utilização de materiais manipulativos. O conceito de material manipulativo é muito amplo. Reyes (1971) define-o como sendo um conjunto de materiais que o aluno pode manusear, tocar e sentir. Para Chester e outros (1991), material manipulativo é todo aquele que permite, ao aluno, ao manuseá-lo, encontrar as soluções para um determinado problema. Sowell (1989) agrupa os materiais manipulativos em materiais manipulativos concretos e materiais manipulativos pictóricos. Spicer (2000) refere-se às aplicações informáticas utilizadas em contexto educativo como materiais manipulativos virtuais, que o aluno manuseia através de periféricos

do computador pessoal. Independentemente do tipo de materiais manipulativos multissensoriais utilizados, Rains afirma que a sua utilização é essencial para uma aprendizagem eficaz de conceitos matemáticos. Nos trabalhos realizados por Shaw (2002) sobre a utilização de manipulativos no ensino da Matemática este afirma que “*Multisensory experiences provide access to ideas and concepts, and offer multiple entry points in discussions and reasoning*” (*idem*, p.3).

O projecto realizado por Thornton e outros (1982) teve como objectivo introduzir metodologias de ensino multissensoriais nas escolas de 1º ciclo. Aquando da introdução de novos conteúdos matemáticos os alunos tinham acesso a conteúdos visuais, auditivos e cenestésicos. Para avaliar o impacto dos conteúdos multissensoriais na aprendizagem de novos conceitos os alunos realizaram um pré-teste e um pós-teste. Os resultados obtidos demonstraram que os alunos aumentaram os seus conhecimentos quando comparados com alunos que não utilizaram conteúdos multissensoriais nas actividades de aprendizagem.

No âmbito do projecto *A multi-sensory approach to Arithmetic*, desenvolvido pelo *Kent Count Council*<sup>40</sup>, que tinha como objectivo criar ambientes de ensino da Matemática mais significativos, foram realizadas diversas sessões de trabalho onde se utilizou informação multissensorial no ensino de conceitos matemáticos. Nas sessões de trabalho participaram alunos até aos sete anos e eram utilizados materiais multissensoriais, *Numicon*<sup>41</sup>, para o ensino do conceito de número, para a compreensão do sistema de numeração decimal e dos conceitos fundamentais para a realização de operações aritméticas elementares. No decorrer das sessões a equipa de investigação constatou que as crianças desenvolveram uma atitude positiva e mostraram empenho na realização das actividades. Os resultados obtidos com a realização das sessões mostraram que a utilização deste tipo de conteúdos permitiu uma melhor compreensão e o desenvolvimento de concepções

---

<sup>40</sup> *Kent Count Council*, <http://www.kenttrustweb.org.uk/>, acedido em Março de 2011.

<sup>41</sup> *Numicon*, <http://www.numicon.com>, acedido em Março de 2011.

alternativas sobre os conteúdos leccionados e afirmam “*At Woodlands Junior School Numicon has been used to support pupils with an identified poor understanding of number and to whom mathematics has remained ‘bit of a mystery’. Numicon has helped their understanding of number and in particular the conservation of number. The visual nature of the materials has helped them to understand different ways of making a number like twelve by overlaying Numicon pieces to make different patterns of twelve*”<sup>42</sup>.

O projecto *Every Child Counts* pretendeu avaliar o impacto da utilização de conteúdos multissensoriais no ensino da Matemática nas escolas do 1º ciclo. Os resultados obtidos comprovam as potencialidades dos recursos multissensoriais. Os professores que participaram no projecto afirmaram que a utilização de conteúdos multissensoriais motivou mais as crianças a realizarem determinadas actividades e permitiu que “*Some concepts which children find difficult were picked up quickly using the Numicon and children enjoyed spotting patterns which helps them understand abstract concepts*” (Jermy, 2009).

### **III.3.2 Informação multissensorial no ensino das Línguas**

Estudos realizados pelo *NICHD*<sup>43</sup> indicam que o recurso a actividades multissensoriais é uma das metodologias mais eficazes em situações em que o aluno tenha dificuldade em aprender a ler. Os métodos multissensoriais são também conhecidos como *VAK Modalities - Visual, Auditory e Kinesthetic*. As metodologias *VAK*, alguns autores utilizam a designação *VAKT*, agrupam três estilos de aprendizagem: *Visual; Auditory*, relacionado com actividades que fazem recurso à audição, e, por último, *Kinesthetic/Tactile*, o aluno tem a possibilidade de realizar actividades práticas, manipular objectos e executar acções. O método multissensorial *VAK* é utilizado para auxiliar crianças

---

<sup>42</sup> *Kent Count Council*, [http://www.clusterweb.org.uk/UserFiles/ASK8/File/PEPs\\_Home/tonbridge\\_Case\\_Study\\_Numicon\\_0308.pdf](http://www.clusterweb.org.uk/UserFiles/ASK8/File/PEPs_Home/tonbridge_Case_Study_Numicon_0308.pdf), acedido em Março de 2011.

<sup>43</sup> *NICHD - National Institutes of Child Health and Human Development*, <http://www.nichd.nih.gov>, acedido em Março de 2011.



disléxicas, ou com dificuldades de aprendizagem, a memorizar palavras através de actividades que envolvem os sentidos de audição, visão e tacto.

Nos trabalhos desenvolvidos para o ensino da leitura por Dev, Doyle e Valente (2002), nos quais participaram alunos do 1º ciclo com dificuldades de aprendizagem, a equipa de investigação utilizou a metodologia VAK. Os trabalhos realizados demonstraram a importância da utilização de actividades multissensoriais nas aprendizagens. Todos os alunos que participaram aumentaram a sua capacidade de leitura e deixaram de frequentar o ensino especial. Os resultados obtidos demonstraram, de uma forma inequívoca, a importância das metodologias multissensoriais na aprendizagem.

Um outro estudo que evidencia as potencialidades da informação multissensorial na educação foi realizado por Kuhn e Schroeder (1971). Este trabalho comprovou a eficácia da utilização da informação multissensorial no ensino das Línguas, na aquisição de vocabulário, pois os alunos que utilizaram uma metodologia multissensorial obtiveram resultados superiores aos alunos que utilizaram metodologias tradicionais.

### **III.3.3 Informação multissensorial no ensino do Estudo do meio**

Os trabalhos desenvolvidos por Clark e Jorde (2004) tinham como objectivo verificar a eficiência da multissensorialidade na aprendizagem de Ciências físicas. A equipa de investigação propôs a dois grupos de alunos a realização e a análise de actividades laboratoriais sobre o equilíbrio térmico. A um dos grupos foi possível utilizar sensores tácteis virtuais, onde era possível visualizar mensagens, texto, som e animações, que sugeriam a temperatura do objecto. Após a realização das actividades os alunos foram avaliados e os resultados demonstraram que os alunos que utilizaram os sensores obtiveram resultados que permitiram afirmar à equipa de investigação que os ganhos verificados se deviam à utilização das ferramentas multissensoriais.

O projecto *Sonicpostcards*<sup>44</sup> é um projecto de educação, desenvolvido pela Sonic Arts Network, no qual participam escolas do Reino Unido. O projecto disponibiliza um portal de conteúdos sonoros que permite a professores e a alunos partilharem as suas paisagens sonoras através da criação de cartões postais sonoros. O projecto foi criado com o objectivo de permitir aos alunos desenvolver competências:

- Na criação de conteúdos sonoros com o recurso às TIC;
- De comunicação;
- Sobre os espaços que os rodeiam.

Relativamente aos professores o projecto pretende fornecer um espaço que potencie a utilização das TIC no desenvolvimento de conteúdos sonoros, que poderão ser utilizados posteriormente no ensino das diferentes áreas curriculares.

O projecto *SchoolSenses@Internet*, onde este trabalho de investigação se insere, é um projecto transversal às diferentes áreas curriculares do Ensino Básico, que tem como objectivo disponibilizar aos alunos e aos professores espaços e actividades que permitam a criação e a utilização de informação multissensorial georreferenciada, através da utilização das TIC, que, segundo a equipa de investigação do projecto, são um factor de promoção da qualidade das aprendizagens no 1º ciclo do Ensino Básico. No seu âmbito foram realizadas actividades e lançados desafios sobre problemas concretos, que permitiram criar oportunidades de aprendizagem significativas, relacionadas com contextos locais ou globais, reais, e de acordo com o currículo do 1º ciclo e os projectos das escolas onde se realizavam as mesmas. Estas actividades possibilitaram o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem colaborativos, onde os alunos tiveram a oportunidade de serem autores de conteúdos multissensoriais georreferenciados. A participação activa dos professores e dos alunos permitiu validar o potencial educativo e a utilidade da informação multissensorial georreferenciada no desenvolvimento destas actividades. O projecto estabeleceu como um dos seus objectivos o

---

<sup>44</sup> *Sonic postcards*, <http://www.sonicpostcards.org/>, acedido em Março de 2011.

desenvolvimento de um Portal que servisse de repositório de conteúdos multissensoriais e que possibilitasse a elaboração e a partilha de novos conteúdos produzidos por alunos das escolas do 1º ciclo do Ensino Básico Portuguesas.

Nas sessões iniciais do projecto os alunos assumiram o papel de informantes sobre as questões relativas à utilização de informação multissensorial georreferenciada e ao desenvolvimento das várias ferramentas do projecto. Aos alunos e aos professores era pedido o desenvolvimento e a classificação de conteúdos sobre vários temas da área curricular de Estudo do meio. Na Tabela III.2 apresentamos alguns ícones multissensoriais que fazem parte do *clipart* do Portal do projecto. Numa das actividades foi pedido aos alunos que classificassem ou associassem informação/percepções sensoriais a cada um dos ícones representados na Tabela III.2, entre outros.

Water	
Wind	
Sounds	
Ice	
Smells	
Lightning in a thunderstorm	

**Tabela III.2 – Significados dos ícones, Workshop “*História com Clima*” - projecto *SchoolSenses@Internet*.**

Numa fase seguinte os alunos e os professores utilizaram ícones multissensoriais impressos na criação de conteúdos multissensoriais relacionados com os temas das sessões (Figura III.20 e Figura III.21).



**Figura III.20 – Utilização de ícones multissensoriais, Workshop “História com Clima” - projecto *SchoolSenses@Internet*.**



**Figura III.21 – Documento criado pelas crianças com ícones multissensoriais, Workshop “História com Clima” - projecto *SchoolSenses@Internet*.**

As diversas sessões realizadas com professores e alunos tiveram como objectivo explorar as potencialidades das TIC na criação de informação

multissensorial, validar o seu potencial educativo e verificar a utilidade deste tipo de informação no desenvolvimento de actividades integradas no currículo do 1º ciclo do Ensino Básico (Gomes, Silva, Brigas, Pereira, & Marcelino, 2007).

### **III.4. Projectos de informação multissensorial georreferenciada**

Na *Web* é possível encontrar exemplos de actividades ou de projectos que recorrem a informação mono ou multissensorial georreferenciada para partilharem conteúdos relacionadas com sons, odores, cores que encontramos diariamente em espaços urbanos ou em espaços naturais. Devido à proliferação e ao incremento da utilização de ferramentas como o *Google Maps*, *Bing Maps* e *Google Earth*, existe uma variedade muito grande de projectos que utilizam a informação multissensorial georreferenciada como forma de comunicar e de partilhar ideias e conteúdos. Os projectos que descrevemos a seguir são exemplo dessa diversidade.

#### **National Geographic My Shot Photography Maps<sup>45</sup>**

O *National Geographic's My Shot Photography Maps* (Figura III.22) é um projecto, desenvolvido pela *National Geographic*, que consiste num mapa interactivo de fotografias sobre diversos países, que possuem uma grande diversidade de recursos naturais. Os mapas são enriquecidos com fotografias dos membros registados no *My Shot Photography*. Através deste projecto a *National Geographic* pretende dar a conhecer locais através de conteúdos visuais.

---

<sup>45</sup> *National Geographic my Shot Photo Maps*, <http://ngm.nationalgeographic.com/myshot-/maps>, acedido em Março de 2011.

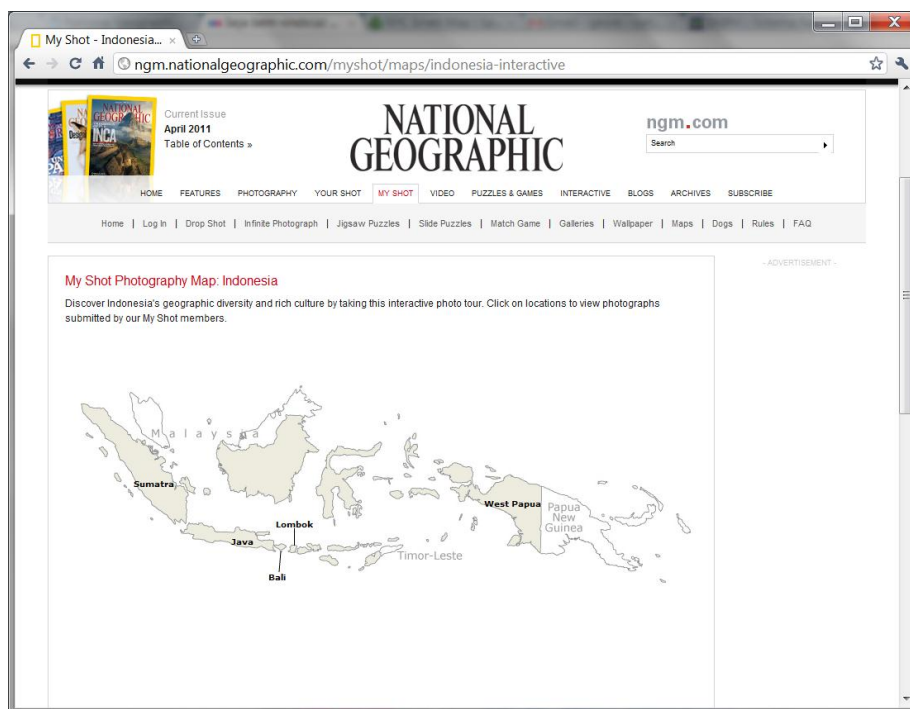


Figura III.22 – National Geographic's My Shot Photography Maps: Indonesia.

### SNIRH-JÚNIOR <sup>46</sup>

O *SNIRH-JÚNIOR* (Figura III.23) é um sítio, integrado no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, com conteúdos direccionados para os diferentes níveis de ensino. O *SNIRH-JÚNIOR*, na secção rios de Portugal, apresenta um mapa com os rios de Portugal. Para cada rio são descritos a localização geográfica, a nascente, a foz, os principais afluentes, as serras, as povoações, o comprimento e dados relativos ao caudal. Para complemento destas informações, o utilizador tem a possibilidade de visualizar fotografias e vídeos sobre locais do percurso ou sobre fenómenos naturais ocorridos na bacia de cada rio. O *SNIRH-JÚNIOR* possui ainda animações 3D do percurso e do relevo da bacia hidrográfica dos rios.

---

<sup>46</sup> Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, <http://snirh.pt/junior/>, acedido em Março de 2011.



Figura III.23 – SNIRH-JÚNIOR, Rios de Portugal - Rio Mondego.

### Flickr Geotagging<sup>47</sup>

O *Flickr* é um portal de partilha de fotografias, que permite aos utilizadores armazenar e partilhar fotografias (Figura III.24). Das diversas potencialidades que o *Flickr* possui, salientamos a possibilidade dos utilizadores poderem georreferenciar fotografias. As fotografias georreferenciadas são visualizadas num mapa mundial, o que permite aos diversos utilizadores do *Flickr* visualizarem as fotografias de acordo com a sua localização.

<sup>47</sup> *Flickr*, <http://www.flickr.com/>, acedido em Março de 2011.



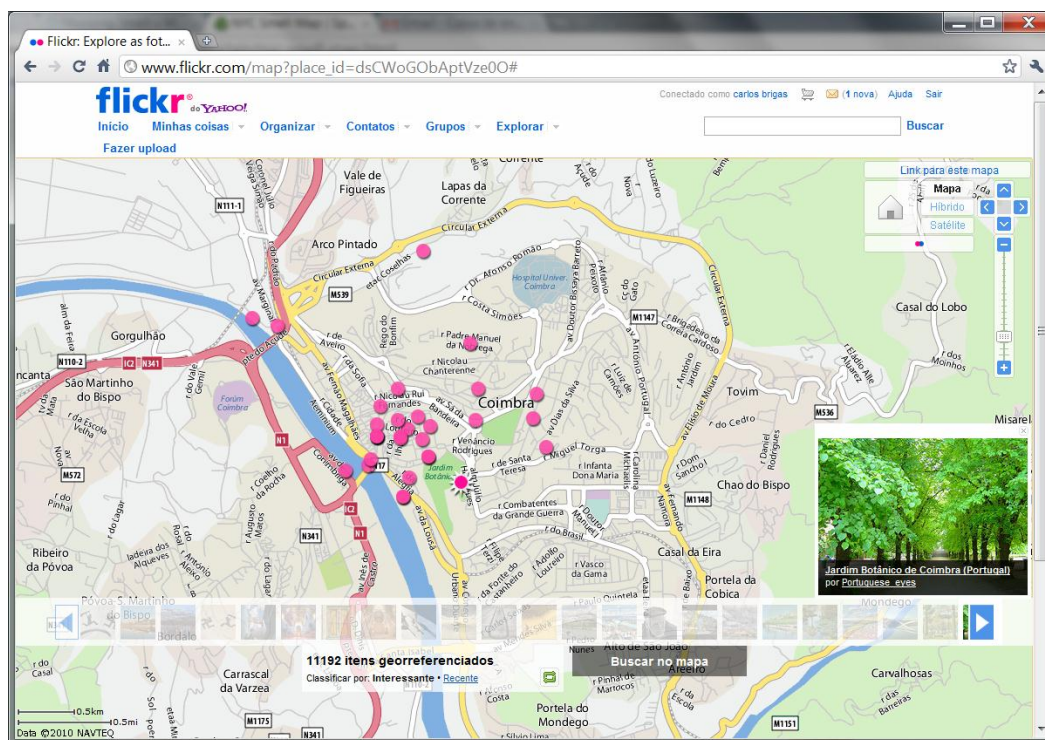


Figura III.24 – Flickr, visualização de fotografias georreferenciadas.

### Great British Smell Map<sup>48</sup>

O *Great British Smell Map* foi criado com o objectivo de ser um repositório de odores de determinados locais do Reino Unido e, desta forma, descrever o Reino Unido através do sentido do olfacto (Figura III.25). O *Great British Smell Map* baseia-se no *Google Maps*. Os utilizadores de serviços Google têm a possibilidade de partilharem as suas sensações olfactivas através de *placemarks*.

<sup>48</sup> *Great British Smell Map*, <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=en&msa=0&msid=116134505203129911048.00046049a02e03156d6b6&z=6>, acedido em Março de 2011.



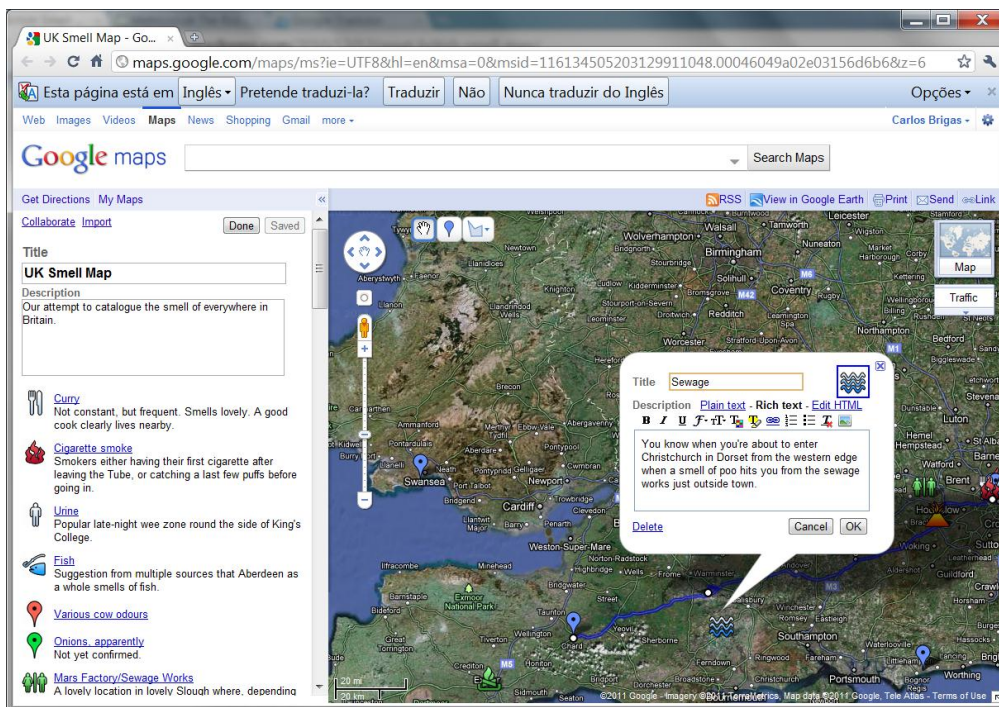


Figura III.25 – Great British Smell Map, placemark associado a cheiros de esgotos.



Tabela III.3 – Ícones multissensoriais do Great British Smell Map.

O utilizador ao criar um *placemark* pode associar a essa representação texto e ícones multissensoriais, que ajudam o utilizador a partilhar e a descrever os

cheiros experimentados. Na Tabela III.3 podemos visualizar alguns dos ícones que se podem associar a um *placemark*. Os ícones são formas ou *cliparts* que representam actividades, animais, pessoas, espaços, elementos naturais ou objectos, que facilmente podemos associar a uma determinada experiência olfactiva.

### Scents and the City<sup>49</sup>

O *Scents and the City* foi desenvolvido por Jason Logan, jornalista do *The New York Times* (Figura III.26). O projecto pretende descrever as experiências olfactivas do jornalista, na época estival, nas diversas áreas da cidade de Nova Iorque e, dessa forma, dar a conhecer a variedade de locais e actividades da cidade.

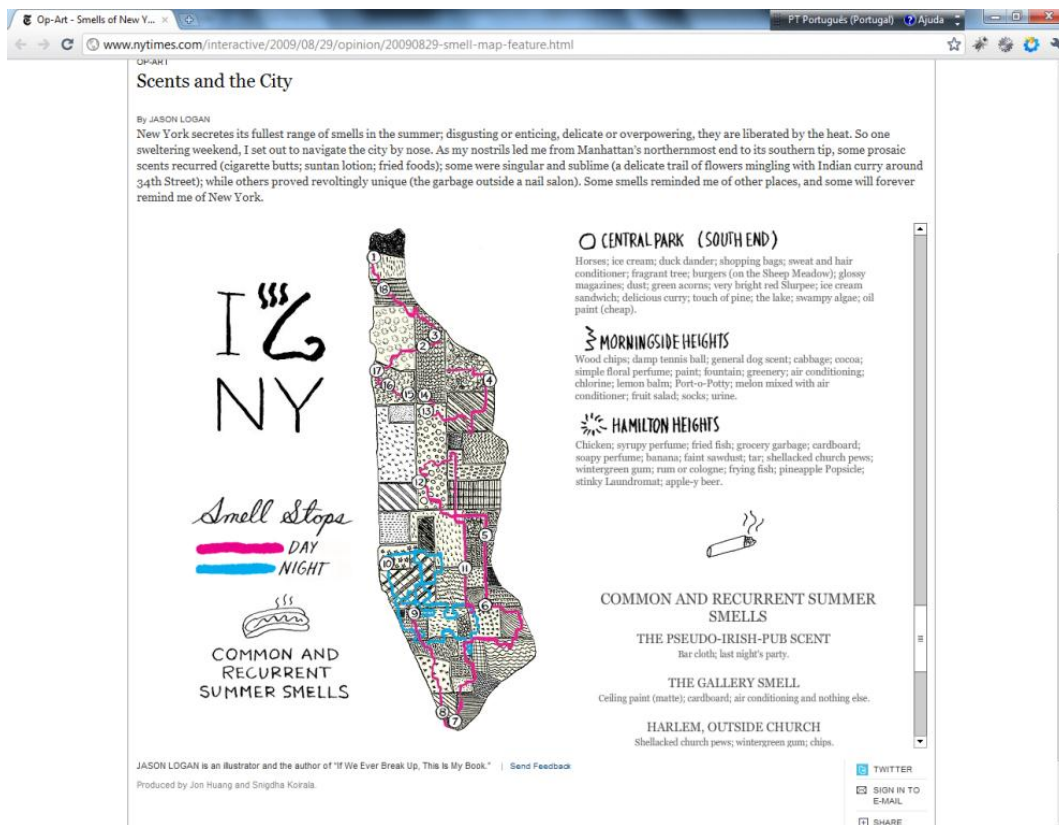


Figura III.26 – *Scents and the City*, mapa de aromas.

<sup>49</sup> *Scents and the City*, <http://www.nytimes.com/interactive/2009/08/29/opinion/20090829-smell-map-feature.html>, acedido em Março de 2011.

## UK Sound Map – British Library<sup>50</sup>

O *UK Sound Map* é um projecto promovido pela *British Library* e a *Noise Futures Network* que pretende ser um repositório de sons do Reino Unido (Figura III.27). De forma a simplificar a publicação e a adesão ao projecto, a recolha de sons e a sua publicação pode ser feita através de *smartphones*. Ao efectuar a publicação através da ferramenta *AudioBOO*<sup>51</sup>, no caso de ser realizada através de *smartphones*, é automaticamente atribuída uma localização; no caso de ser feita através de um *browser* é necessário definir a localização. Os sons podem possuir uma descrição textual do local, da situação onde foram captados e ser classificados através de *tags*, para facilitar futuras pesquisas. A visualização da localização dos sons é feita num mapa *Google Maps* e cada som é representado através de um *placemark*.

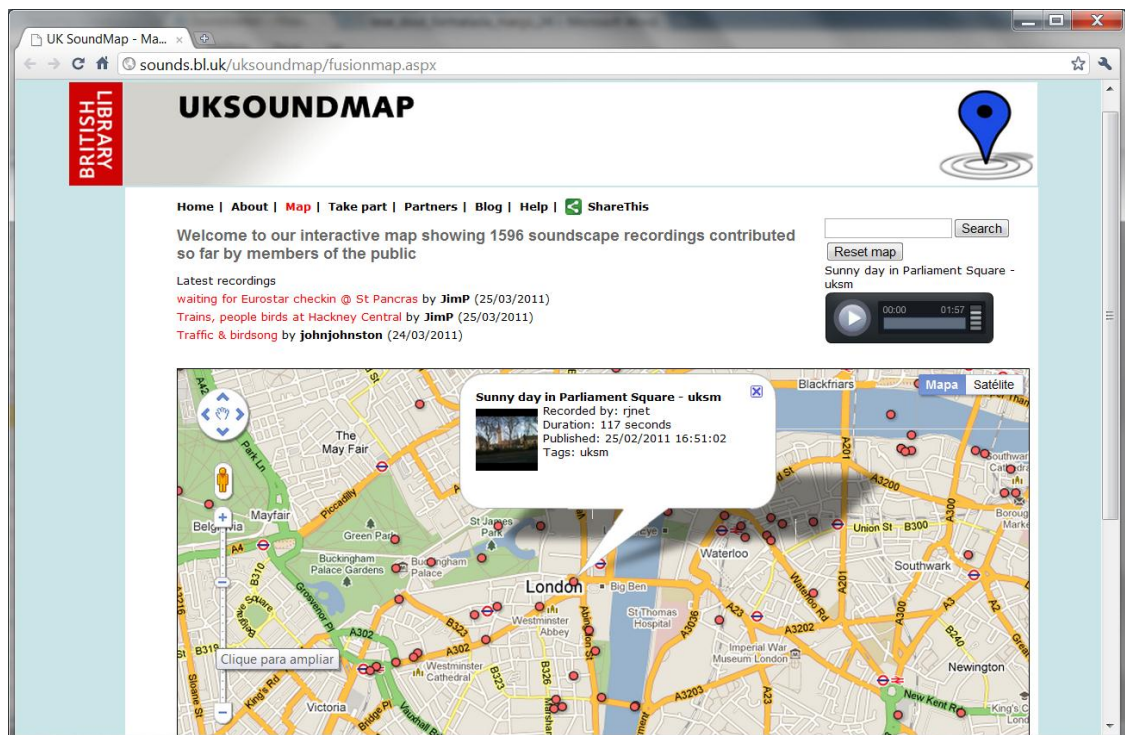


Figura III.27 – *UK Sound Map*, mapa de sons.

<sup>50</sup> *UK Sound Map* – British Library, <http://sounds.bl.uk/uksoundmap/fusionmap.aspx>, acessido em Março de 2011.

<sup>51</sup> *Audioboo*, <http://audioboo.fm/>, acessido em Março de 2011.



## Soundcities<sup>52</sup>

O *SoundCities* é um Portal áudio, com sons georreferenciados de várias cidades do planeta (Figura III.28). Os autores pretendem mostrar, através do Portal, a diversidade e as particularidades de cada uma das cidades participantes. Os sons são visualizados no *Google Maps* através de um *placemark*, que possui as categorias e as coordenadas da localização. Os sons do *SoundCities* estão associados a pessoas, espaços, animais, trânsito, ritmos, barulhos, música e ambiente. O portal é dinamizado pelos seus autores e utilizadores.

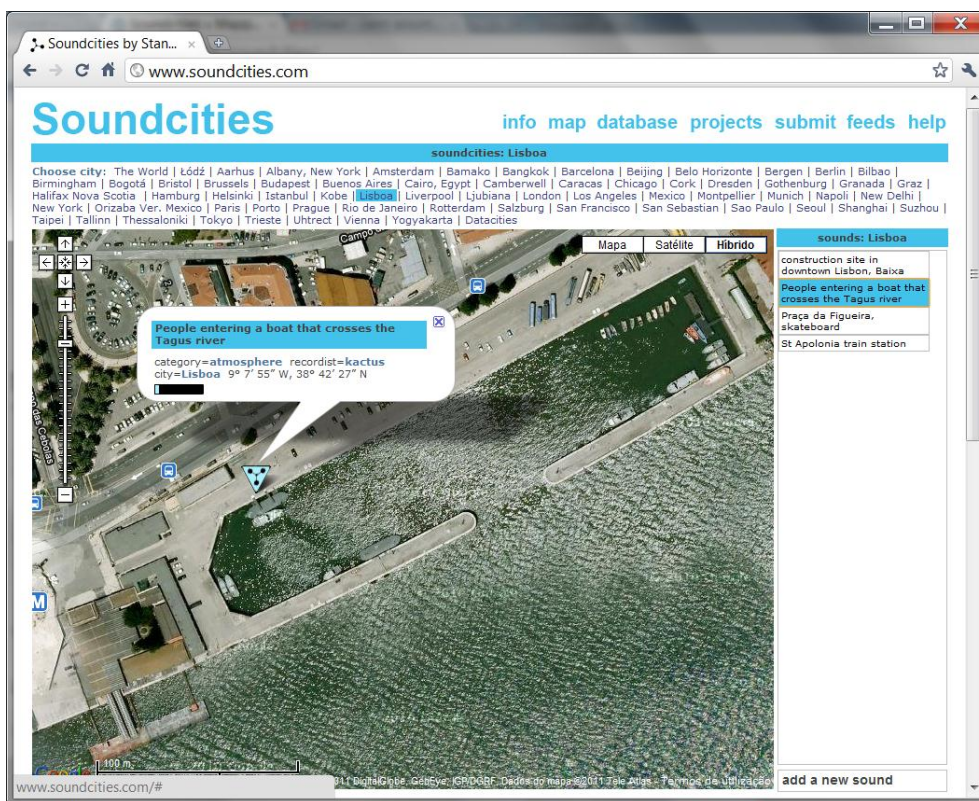


Figura III.28 – *Soundcities*, mapa de sons.

<sup>52</sup> *Soundcities*, <http://www.soundcities.com/>, acessado em Março de 2011.

### **III.5. Conclusão**

A evolução das TIC possibilitou a introdução de ferramentas de georreferenciação e o desenvolvimento de projectos com elas relacionados nos mais diversos contextos, devido à fácil manipulação de mapas e de dados georreferenciados. A simplicidade das interfaces, na manipulação e partilha de informação, facilitou a elaboração e a divulgação deste tipo de conteúdos. As actividades educativas que a eles recorrem caracterizam-se usualmente por serem dinâmicas, motivadoras e significativas para os alunos.

Neste capítulo apresentámos também as potencialidades da informação multissensorial e da informação multissensorial georreferenciada na realização de actividades educativas e descrevemos um conjunto de projectos que utilizam este tipo de informação como forma de construção e divulgação de conhecimento. A transversalidade de áreas curriculares e de contextos são características partilhadas por todos os projectos referidos, pois a sua utilização é abrangente, independentemente dos conhecimentos dos alunos e da complexidade das análises. Estes projectos possibilitam também ao aluno actividades que promovem uma atitude mais activa, mais observadora e fornecem novos métodos de análise, de construção e de divulgação de conhecimento. Podemos afirmar que os alunos que participam em actividades que utilizam informação multissensorial georreferenciada são alunos mais conhecedores do meio onde estão inseridos, identificam mais facilmente a sua diversidade e reconhecem melhor os problemas que o afectam.



## **Capítulo IV. Metodologia de apoio ao desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação**

### **IV.1. Introdução**

Como já foi referido, uma das questões fundamentais no desenvolvimento de uma actividade de modelação ou de simulação é a sua planificação. A definição do contexto de utilização, das estratégias a utilizar, das formas de análise e de representação dos sistemas é crucial para que uma actividade deste tipo seja profícua.

Neste capítulo pretendemos descrever uma metodologia para o desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico. A metodologia irá definir os objectivos que se poderão alcançar com a realização deste tipo de actividades, os contextos e estratégias de utilização, as áreas curriculares onde se podem implementar, os métodos de análise e de representação de sistemas dinâmicos, entre outros.

A metodologia pretende fornecer aos professores um conjunto de normas que permitam envolver, motivar e auxiliar os alunos na execução de actividades de investigação que modelem ou simulem *“fenómenos que lhe são comuns, de*

*questões que os preocupam, de experiências vividas em trabalho de campo”* (ME, 2002, p.80).

A metodologia apresentada pretende ainda fornecer um conjunto de especificações para apoiar a utilização e o desenvolvimento de ferramentas-autor de modelação e de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico.

## **IV.2. Metodologia Modelling for Kids**

A metodologia *Modelling for Kids (M4K)* pretende auxiliar os professor e os alunos no desenvolvimento de actividades de modelação e de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico. A metodologia possui:

- Um conjunto de normas que irá assessorar o professor na planificação e implementação deste tipo de actividades.
- Um processo para a análise e representação de sistemas dinâmicos, baseado na modelação qualitativa e no raciocínio causal, que irá permitir que alunos e professores deste nível de ensino construam os seus próprios modelos.
- Um conjunto de especificações para o desenvolvimento de ferramentas-autor de modelação e de simulação para este nível de ensino.

A realização de actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico deverá ser regulada pelas normas descritas nas secções IV.2.1 e IV.2.2, que podem ser agrupadas em dois grupos distintos: fase de planificação e implementação de actividades e fase de análise e representação de modelos.

### **IV.2.1 Fase de planificação e implementação de actividades**

A fase de planificação e implementação pretende fornecer aos professores indicações sobre as finalidades das actividades de modelação e de simulação,



as áreas curriculares e os contextos onde se podem utilizar estas actividades, as estratégias de utilização, etc. Nesta fase também é descrita a função do professor, é apresentado um modelo de planificação das actividades e são identificadas as fases de apoio à sua implementação.

**1ª. Norma** A realização de actividades de modelação ou de simulação deverá ter como finalidades:

- Proporcionar actividades de investigação práticas para o 1º ciclo do Ensino Básico.
- Criar actividades de aprendizagem significativas.
- Promover actividades mais centradas na acção e na reflexão sobre a acção.
- Permitir uma aprendizagem mais dinâmica, interactiva e motivadora.
- Possibilitar uma aprendizagem pela descoberta, que irá permitir ao aluno desenvolver capacidades como o raciocínio, a reflexão, a intuição, a tomada de decisões, a criatividade e a generalização.
- Promover actividades de pesquisa.
- Incentivar os alunos a utilizar métodos científicos na análise de sistemas.
- Estimular os alunos a conceber, testar e torná-los conscientes das suas próprias ideias.
- Incentivar os alunos a utilizar ideias científicas.
- Promover o espírito crítico.
- Permitir que os alunos possam ilustrar os seus próprios pontos de vista alternativos.
- Desenvolver actividades onde os alunos possam prever e explicar o comportamento de um sistema, tendo por base a análise de um modelo que explicita as relações de causalidade de um fenómeno real.
- Promover e estimular a partilha, o debate de ideias e de conhecimentos aquando da explicação de um fenómeno através de um modelo.

- Possibilitar a análise de sistemas complexos de uma forma simples e eficaz.
- Permitir identificar e compreender as componentes de sistemas dinâmicos, mesmo as que estão ocultas, e compreender o comportamento de um sistema ao longo do tempo.
- Representar modelos fáceis de entender, manipular, modificar e que produzam resultados compreensíveis.
- Permitir a construção, pelos alunos, dos seus próprios modelos.

**2ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação deverão criar ambientes motivadores e que sejam por si só um desafio intelectual, que permitam à criança questionar, reflectir, relacionar situações, desenvolver interpretações, elaborar previsões, isto é compreender o comportamento de sistemas dinâmicos.

**3ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação poderão ser utilizadas em todas as áreas curriculares do 1º ciclo do Ensino Básico.

**4ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação poderão ser utilizadas em diversos contextos de sala de aula. As actividades de modelação poderão ser úteis na análise mais pormenorizada de fenómenos sociais, químicos, físicos ou ambientais. As actividades de simulação poderão auxiliar a tarefa do professor na fase de inicial de introdução de sistemas complexos e na sua análise.

**5ª. Norma** A implementação das actividades de modelação e de simulação pode ser realizada numa estratégia de grupo ou individual, de exploração livre ou de descoberta. As estratégias devem variar consoante o tema a que se referem, as actividades a que estão associadas e de acordo com o nível de conhecimentos dos alunos que as vão utilizar.

**6ª. Norma** A definição do nível de detalhe de análise de um sistema é fundamental para o sucesso deste tipo de actividades. Essa definição está relacionada com os objectivos de aprendizagem, definidos pelo professor, que dependem do desenvolvimento cognitivo e do grau de autonomia dos alunos (Martins, et al., 2007).

Caamaño (2003) designa o nível de detalhe de análise de um sistema como o *grau de abertura* e classifica como *grau de abertura fechado* quando o professor define todo processo de investigação, quando existe apenas uma solução. Em oposição, no *grau de abertura aberto* o aluno tem a possibilidade de seleccionar as variáveis a analisar, os alunos é que definem todo o processo de investigação. O nível de detalhe de análise de um sistema deverá ser intermédio, não ser tão redutor como num nível de detalhe *grau de abertura fechado*, o que contrariava todo o processo de modelação e de simulação em ambientes de aprendizagem, nem totalmente *aberto*, porque poderá exigir conhecimentos que poderão dificultar a implementação deste tipo de actividades, sobretudo as de modelação. O professor deverá, pois, ter em consideração o conhecimento prévio e a experiência dos alunos na definição do nível de detalhe. A definição do nível de detalhe está relacionada com os objectivos das actividades e com as informações que o professor pretende que os alunos retirem ao realizá-las.

**7ª. Norma** A selecção de uma actividade de modelação ou de uma actividade de simulação depende das áreas curriculares, dos conhecimentos dos alunos e dos objectivos estabelecidos para a actividade.

**8ª. Norma** Uma actividade de modelação é caracterizada pela construção ou pela exploração de um modelo qualitativo. Ao analisar um sistema dinâmico, o aluno identifica as entidades e as relações existentes entre elas, o que irá permitir desenvolver um modelo que represente o sistema observado.

**9ª. Norma** Uma actividade de simulação consiste na manipulação de um modelo, com o qual o aluno pode interactivar variando os seus parâmetros com o objectivo genérico de proceder ao seu estudo. Este tipo de utilização permite ao aluno interpretar e compreender um sistema e formular explicações sobre o comportamento do sistema. No entanto, o aluno não necessita, para isso, de conhecer a estrutura do modelo simulado. Numa actividade de simulação os alunos podem fazer a monitorização e o diagnóstico de sistemas, entre outros.

**10ª. Norma** Ao professor cabe o papel de motivar, moderar debates, apoiar e avaliar o desempenho dos alunos. O professor enquanto responsável por todo o processo de ensino deixa de cumprir a função de transmissor, passando a assumir o papel de facilitador e de organizador de ambientes ricos, estimulantes, diversificados e propícios à vivência de experiências de aprendizagens integradoras e significativas.

O processo de análise de modelos é um processo complexo. Mesmo para os modelos mais simples, a identificação dos elementos, qual a sua importância no sistema pode ser uma tarefa difícil para os alunos. Compreender o significado das entidades e as funções que estas assumem no sistema exige esforço cognitivo e uma atitude de observação e de análise. Nestas actividades os alunos devem ser apoiados pelo professor, para que identifiquem os elementos mais importantes que compõem um modelo e, desta forma, ajudá-los a ultrapassar eventuais dificuldades e evitar que façam uma análise ou uma representação errónea do sistema. No decorrer do processo deverão ser criados ambientes de discussão e de partilha de concepções entre os alunos, para que sejam eles a construir os seus próprios modelos, no caso de uma actividade de modelação, a identificar imprecisões nas representações criadas e a partilhar as ideias concebidas.

O professor é o tutor de todas as actividades de modelação e de simulação realizadas pelo aluno e é sua função:

- Estabelecer objectivos alcançáveis e dá-los a conhecer aos alunos.

- Propor actividades significativas, situando-as num contexto autêntico, isto é, actividades que estudem situações vivenciadas pelas crianças ou do seu conhecimento. As crianças aprendem melhor quando participam em actividades que são percebidas como úteis na vida real e culturalmente relevantes.
- Desenvolver actividades inseridas no plano curricular e cujo tema deve ser previamente introduzido. O professor deverá apresentar e discutir o tema com os alunos, de forma a assegurar que todos os alunos têm os conhecimentos prévios necessários para a compreensão e a realização das mesmas. O sucesso deste tipo de actividades depende do conhecimento que os alunos possuem sobre o tema, que deve ser um conhecimento genérico sobre o sistema em análise.
- Assegurar-se de que as actividades são compreendidas pelos alunos. Quando os alunos compreendem os conceitos analisados, podem identificar as semelhanças e as diferenças, podem comparar e gerar analogias.
- Fomentar o desenvolvimento de conceitos alternativos, incentivando as crianças a testarem várias hipóteses sobre o mesmo problema.
- Apoiar sempre o aluno na planificação e no desenrolar da actividade, de forma a avaliar, em cada instante, as consequências das decisões tomadas.
- Utilizar ferramentas de modelação e de simulação que permitam a representação de um modelo sem ser necessário adquirir conhecimentos específicos sobre a ferramenta, o que aumentaria o grau de dificuldade de execução das actividades.
- Orientar os alunos na realização de processos elementares de investigação e de pesquisa. O professor deverá auxiliar o aluno a definir:
  - i. A questão-problema a estudar,
  - ii. O que medir, quais as entidade e os estados relevantes do sistema,
  - iii. Como registar os dados,

- iv. Como testar e prever comportamentos.
- Auxiliar as crianças a aperfeiçoar o raciocínio causal promovendo para isso:
  - i. Actividades de dedução lógica.
  - ii. Propor-lhes que criem as suas próprias interpretações ou explicações.
  - iii. Partilhar com os alunos os princípios básicos da ciência experimental. Os alunos devem ser incentivados a identificar quando ocorre um determinado evento, a sua causa e as relações que possam existir entre os elementos que participem de alguma forma nesse evento. Assim, aprendem a utilizar o método científico para determinar quais as entidades, processos e relações que estão presentes num sistema.
- Valorizar todas as percepções que as crianças têm sobre um determinado fenómeno. O conhecimento é construído com base naquilo que já está compreendido e que é crença. É fundamental a familiarização, por parte do professor, com as ideias que as crianças têm sobre o tema em estudo, o que poderá ser efectuado, por exemplo, através da realização de questionários antes das actividades.
- Encorajar o aluno a partilhar os seus conhecimentos. Pedir aos alunos para explicar, por palavras suas, um fenómeno ou conceito.
- Estimular a auto-análise, a reflexão e a procura de outras soluções para a resolução dos problemas.
- Definir o nível de interactividade de execução de um modelo/simulação. Park (2009) define dois modos possíveis de interactividade, *low interactivity* e *high interactivity*. Define como *low interactivity* um tipo de actividade em que o aluno não tem a possibilidade de alterar os parâmetros do modelo, o objectivo é que o aluno analise apenas o comportamento do sistema representado. A execução, por exemplo, de uma simulação com *high interactivity* permite aos alunos a alteração de parâmetros para avaliar o impacto

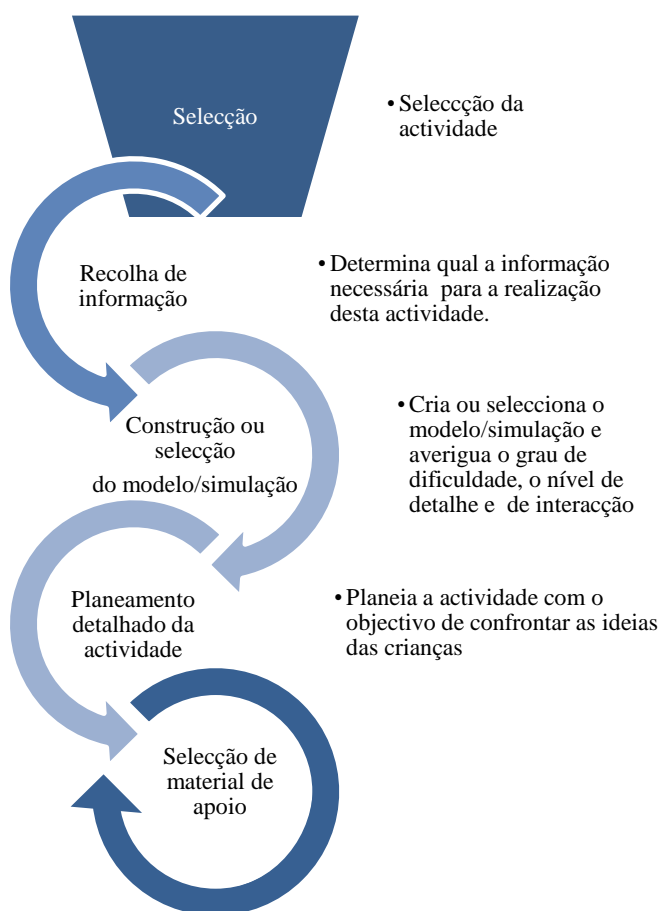
de cada um deles no sistema modelado. Park define que a utilização de um nível de interactividade mais baixo é indicado para alunos que não possuam conhecimentos sobre o modelo, isto é, quando se procede à introdução de um novo tema. Afirmar que em situações em que os alunos possuam conhecimentos sobre o tema é mais vantajoso a utilização de simulações com *high interactivity*, porque permitem aos alunos testarem as suas próprias ideias. Nesta situação a utilização de simulações com interactividade reduzida é redundante, porque os alunos já possuem uma visão geral sobre o funcionamento do modelo subjacente.

- Encorajar a utilização de diversas fontes de informação, pelo recurso a material multimédia e à *Web*. A *Web* é uma fonte de informação na análise de sistemas dinâmicos, porque permite, por exemplo, o acesso a conteúdos de instituições oficiais ou especializadas no(s) tema(s) em análise. No entanto, a actividade de pesquisa e recolha de informação deverá ser orientada pelo professor.
- Colocar as crianças perante situações inesperadas e “contra-intuitivas”. As crianças ao serem colocadas perante este tipo de situações são impelidas a gerarem novas explicações. Deverá valorizar a construção de diferentes explicações sobre um determinado fenómeno, para que as crianças possam confrontar várias explicações, de forma a dar consistência ao conhecimento construído e a compreenderem que é possível haver mais do que uma explicação para um determinado fenómeno.
- Dispor de tempo para a realização destas actividades, porque a compreensão de modelos complexos é uma tarefa árdua, que obriga a que o aluno tenha tempo para analisar e entender o comportamento do sistema.
- Elaborar e desenvolver conteúdos de apoio. O professor deverá criar conteúdos que sirvam de apoio a todo o processo de modelação ou de simulação. Os conteúdos de apoio deverão possuir:
  - i. Informação sobre o sistema em estudo,
  - ii. Objectivos da actividade,

- iii. Referências a livros, a suportes multimédia ou a sítios Web com informação sobre o sistema,
- iv. Descrição das tarefas propostas e orientações.

**11ª. Norma** Para uma adequada implementação das actividades de modelação e de simulação é fundamental realizar uma planificação correcta das actividades.

Podemos afirmar que o papel do professor é preponderante e ele é fundamental na realização destas actividades. Podemos resumir as tarefas do professor nas figuras seguintes. A Figura IV.1 representa todas as fases da planificação de uma actividade de modelação ou de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico na perspectiva do professor.



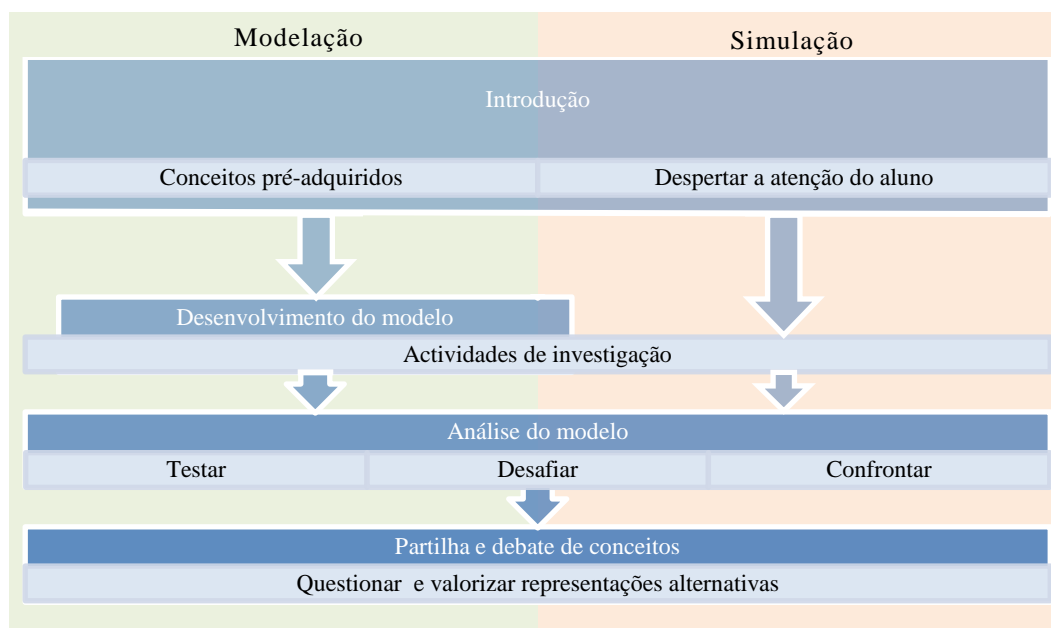
**Figura IV.1– Fases de planificação de uma actividade de modelação ou de simulação.**



O professor terá que começar por analisar e seleccionar os temas onde poderão ser implementadas actividades de modelação e/ou de simulação. A escolha dos temas deverá ter em consideração o currículo nacional do 1º ciclo do Ensino Básico, a possibilidade de poderem ser analisados em diferentes contextos e com diferentes graus de profundidade, de acordo com o ano de escolaridade, o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos, a pertinência e a actualidade dos temas. A recolha de informação sobre o sistema e a construção ou a selecção de um modelo/simulação permite averiguar a dificuldade e os conhecimentos necessários para a sua construção. O professor deverá criar um inventário sobre perguntas e desafios a colocar às crianças, de forma a motivá-las, a avaliar as dificuldades e o seu progresso no desenrolar da actividade. Por último, deverá desenvolver conteúdos de apoio à realização da(s) actividade(s).

**12ª. Norma** No decorrer da actividade o professor deverá motivar, apoiar e fornecer aos alunos conteúdos que permitam compreender os objectivos da actividade e despertar a sua atenção. É função dos professores auxiliar os alunos na análise e na esquematização de sistemas dinâmicos. Em simultâneo deverão questionar e incentivar os alunos a testar hipóteses e a partilharem conhecimentos.

A Figura IV.2 descreve todas as actividades a realizar com os alunos sempre que o professor promova uma actividade de modelação ou de simulação em ambiente educativo.



**Figura IV.2 – Apoio à realização de actividades de modelação e de simulação.**

A familiarização, por parte do professor, com as ideias das crianças sobre o tema a abordar é extremamente importante, porque permite definir o tipo de actividade, auxiliar na sua planificação, avaliar o conhecimento e os conceitos que a criança tem sobre o tema a analisar e definir o contexto, as estratégias e o nível de detalhe da actividade.

Na apresentação do problema aos alunos, o professor deve promover actividades que centrem a atenção dos alunos num fenómeno em particular.

Na realização destas actividades o professor deverá fomentar o pensamento crítico e científico dos alunos, colocar questões, evidenciar concepções alternativas, confrontar opiniões, desafiar a criança a construir e a testar as suas próprias ideias. Nas actividades de modelação ou de simulação, onde são reutilizados modelos previamente criados, não há a construção de um modelo. No entanto, a reutilização de modelos pode ser antecedida de uma actividade que promova a pesquisa e a observação do sistema representado. Deverá fomentar o desenvolvimento de conceitos alternativos, propondo aos alunos que testem várias hipóteses sobre o mesmo problema. Deverá encorajar o aluno a partilhar os seus conhecimentos e induzi-lo a confrontar as suas

concepções prévias com os dados obtidos com a execução do modelo/simulação.

É de sublinhar o papel activo do professor nas actividades de modelação e de simulação, que se caracteriza por uma constante interacção entre professor e alunos, a incentivar, a elucidar e a apoiá-los nas actividades propostas.

#### **IV.2.2 Fase de análise e representação de sistemas**

A realização de actividades de modelação e de simulação envolve a análise, no caso de ambas, e pode envolver a representação de sistemas dinâmicos, no caso das primeiras. A dificuldade inerente à identificação de todos os elementos e relações presentes num sistema e de todas as conjugações de estados pode restringir a utilização destas actividades no 1º ciclo do Ensino Básico. Daí a necessidade, em nossa opinião, de uma metodologia que possa auxiliar nesses processos.

Na *M4K* a fase de análise e representação de sistemas fornece aos professores e aos alunos metodologias que facilitam a análise e a representação de sistemas dinâmicos. Esta fase possui também um conjunto de normas que:

- Definem os tipos de modelos que podem ser utilizados em actividades de modelação e de simulação.
- Descrevem o processo de análise e de representação de modelos.
- Identificam as etapas de desenvolvimento de uma actividade de modelação.

**13ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico deverão basear-se na análise e na representação de modelos qualitativos, com base no raciocínio causal, o que irá habilitar os alunos a fazerem previsões e a explicar o comportamento de sistemas dinâmicos.

As actividades de modelação neste nível de ensino deverão utilizar modelos qualitativos porque:

- A análise de sistemas dinâmicos neste nível de ensino baseia-se na análise de relações de causalidade dos fenómenos, em que é importante determinar o que acontece, quando acontece e quais os seus efeitos.
- Os modelos qualitativos permitem a representação de sistemas complexos e dinâmicos apenas com as características essenciais da sua estrutura e comportamento.
- A utilização dos modelos qualitativos não está limitada a uma determinada faixa etária ou a uma determinada área.
- Os modelos qualitativos permitem a professores ou a alunos, que não possuam conhecimentos matemáticos suficientes e/ou conhecimentos técnicos, a modelação de sistemas complexos.

**14ª. Norma** Os modelos criados deverão ser modelos que representem as características essenciais do sistema correspondente. Desta forma, os alunos ou os professores não necessitam de informação específica, ou muito detalhada, sobre um sistema para representá-lo.

**15ª. Norma** A representação dos modelos deverá ser feita recorrendo a uma linguagem natural para o aluno, através de metodologias e de linguagens que já sejam do seu conhecimento e que permitam representar as relações de causalidade que estão presentes no sistema analisado. A representação de um modelo deverá fazer-se de uma forma gráfica e simples, sem recorrer a sintaxe ou tecnologia complexas, para que os alunos não tenham dificuldades desnecessárias e acrescidas na sua utilização.

**16ª. Norma** A representação de um sistema deverá basear-se na definição de diagramas ou esquemas estruturais e funcionais. O esquema que representa a estrutura irá reproduzir a organização estrutural do sistema, isto é, a organização de todos os elementos que

dele fazem parte. O esquema funcional irá representar todas as acções e sequências de eventos que ocorrem num sistema dinâmico (Heiser & Tversky, 2006).

A representação da estrutura de sistemas dinâmicos através de diagramas é natural e não apresenta dificuldades de representação e de compreensão (Tversky, 1995; Tversky, 2001). A representação da funcionalidade de um sistema é mais complexa, porque expressa as acções e os eventos que ocorrem num sistema e é mais difícil de descrever de uma forma gráfica. Heiser (2006) refere que a representação funcional deverá ser dinâmica, recorrendo a sons, imagens e texto para representar todos os eventos e acções de um sistema dinâmico. Para as crianças deste nível de ensino a expressão através da escrita pode ser uma tarefa difícil e que pode causar inibições. As crianças ao representarem um modelo através de representações gráficas tornam a representação mais rica, expressiva e representativa da sua organização mental (Ponte, 2003). Stern (1976) afirma que a expressão simbólica é como uma segunda linguagem do inconsciente e que esta completa a razão (Ponte, 2003).

**17ª. Norma** A construção dos modelos deverá ser feita através da representação e descrição das entidades e das relações de causalidade que possam existir entre elas.

**18ª. Norma** Os modelos criados devem basear-se, essencialmente, nas relações causais que alunos estabelecem para compreender os sistemas em análise, em que a variação de uma entidade é acompanhada pela variação de uma outra entidade. Desta forma os alunos poderão representar fenómenos através de relações de causa-efeito em que as relações entre os vários elementos são do tipo “A causa B” e “Se A se alterou pode também B ter-se alterado”.

**19ª. Norma** A implementação de um modelo é um processo iterativo e heurístico, pois a sua reformulação é importante para a compreensão de sistemas dinâmicos e irá permitir que a criança compreenda o

funcionamento do sistema e como é que as entidades interagem no mesmo.

**20ª. Norma** No desenvolvimento de um modelo, o aluno ou o professor deverá:

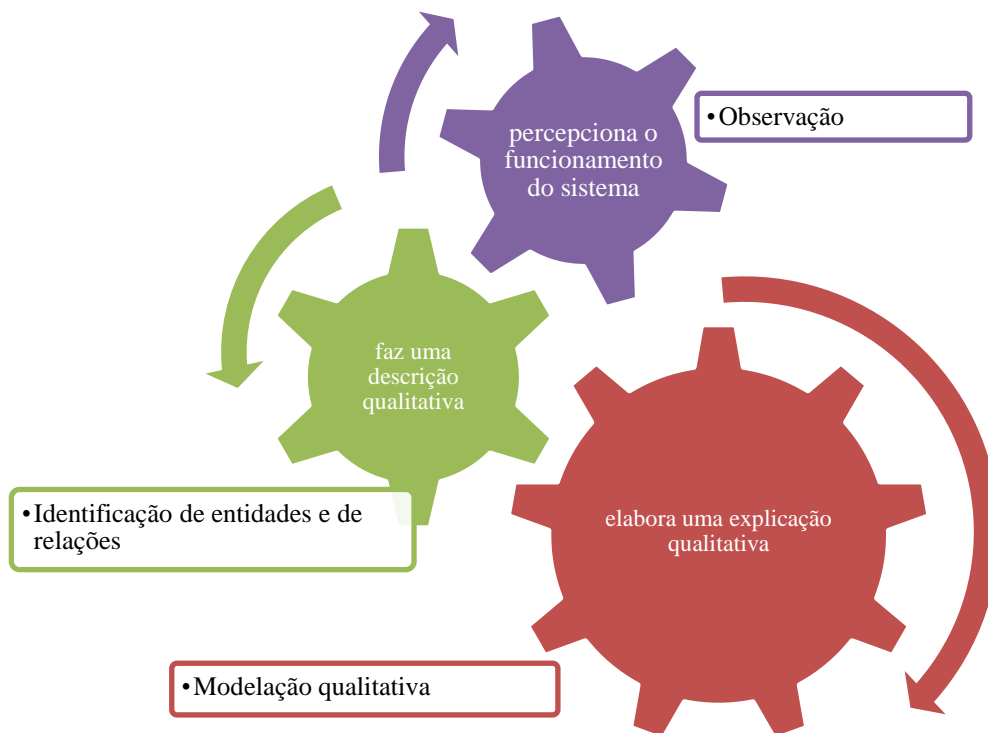
- I. Identificar as entidades que compõem o modelo. As entidades identificadas estão relacionadas com um elemento, ou processo, identificado no sistema real que se pretende simular.
- II. Descrever os estados qualitativos de cada entidade. Os estados qualitativos das entidades representam os possíveis valores que cada uma pode adoptar. Um estado qualitativo representa o comportamento que a entidade pode assumir num determinado momento. Os estados qualitativos formam um conjunto finito e ordenado de valores qualitativos, deverão ser seleccionados de acordo com o *princípio de relevância* definido por Forbus (1984) e apenas devem conter os valores que sejam relevantes para o sistema.
- III. Definir quais são as *entidades-causa* do modelo representado. Como a elaboração de um modelo se baseia na representação de entidades e das relações de causalidade que possam existir entre elas, é necessário identificar quais são as *entidades-causa* do modelo, pois são as suas mudanças de estado que podem originar mudanças de estado nas *entidades-efeito*.
- IV. Representar o comportamento de um sistema dinâmico através da chamada *Tabela de relacionamento* (Tabela IV.1). Esta tabela permite relacionar todos os estados qualitativos de uma, ou mais, *entidade-causa* com todos os estados qualitativos de uma *entidade-efeito*. O resultado obtido representa todas as possíveis combinações que podem existir entre as entidades, isto é todos os possíveis estados do sistema no que a essas entidades diz respeito. Cada um dos estados obtidos representa a relação de causalidade que existe entre uma *entidade-causa* e uma *entidade-efeito*. A *Tabela de relacionamento* tem como possíveis valores os estados qualitativos da *entidade-efeito*. A evolução do

sistema depende da ocorrência de eventos que estão representados nesta tabela. A evolução ao longo do tempo é expressa através das mudanças de estado. Contudo, os modelos qualitativos não possuem informação sobre a duração de um determinado evento ou comportamento, apenas se sabe qual é a sua sequência ao longo do tempo.

		<i>Entidade-efeito</i>	
		Estado qualitativo 1 <i>entidade-efeito</i> (Tempo N)	Estado qualitativo 2 <i>entidade-efeito</i> (Tempo N)
<i>Entidade-causa</i>	Estado qualitativo 1 <i>entidade-causa</i> (Tempo N+1)	Estado qualitativo <i>entidade-efeito</i> (Tempo N+1)	Estado qualitativo <i>entidade-efeito</i> (Tempo N+1)
	Estado qualitativo 1 <i>entidade-causa</i> (Tempo N+1)	Estado qualitativo <i>entidade-efeito</i> (Tempo N+1)	Estado qualitativo <i>entidade-efeito</i> (Tempo N+1)

**Tabela IV.1 – Tabela de relacionamento envolvendo duas entidades.**

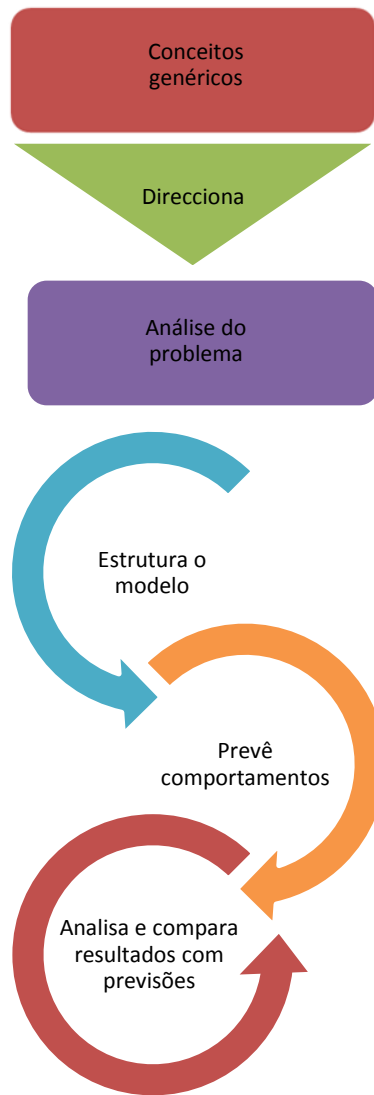
A Figura IV.3 apresenta as fases de desenvolvimento de um modelo. Este processo passa pela observação e percepção que o aluno tem sobre um determinado problema. Essa observação possibilita que a criança reconheça o funcionamento do sistema, o que irá permitir identificar as entidades principais do sistema e de como elas se relacionam. Ao realizar estas tarefas a criança elaborou uma descrição qualitativa sobre um determinado fenómeno. A representação desse fenómeno através de métodos qualitativos permite à criança obter uma explicação qualitativa, através da análise da execução do modelo.



**Figura IV.3 – Fases de desenvolvimento de um modelo.**

De acordo com a Figura IV.4, numa actividade de modelação o aluno deverá, numa fase inicial, adquirir os conhecimentos genéricos sobre o sistema, o que irá permitir que o aluno analise o sistema e consiga extrair a informação que lhe irá permitir identificar as entidades e prever o comportamento do modelo. Ao executar o modelo a criança irá comprovar se as suas ideias e as suas previsões são válidas ou não.





**Figura IV.4 – Fases de desenvolvimento de uma actividade de modelação.**

**21ª. Norma** Os estados qualitativos das entidades de um modelo deverão poder ser representados usando informação multissensorial.

A percepção sensorial desempenha um papel muito importante na compreensão do meio que nos rodeia. O recurso às sensações olfactivas, visuais, tácteis, gustativas, auditivas e térmicas que se obtêm constantemente do meio onde estamos inseridos, dos objectos que manuseamos, da observação de fenómenos, permite-nos perceber as características desse meio através

dos sentidos. Como referimos na secção III.3, a informação multissensorial é adquirida e assimilada através de pelo menos dois sentidos. Na mesma secção dissemos que a utilização deste tipo de conteúdos em contextos educativos permite aos alunos partilhar as sensações de forma simples e eficaz e que estes participam mais activamente na realização de actividades onde é utilizada informação multissensorial. A utilização deste tipo de informação auxilia-os ainda a memorizarem mais facilmente os conteúdos analisados. A utilização de informação multissensorial na definição dos estados qualitativos de uma entidade de um modelo irá permitir que os alunos representem e compreendam melhor o comportamento das entidades e os eventos que ocorrem num sistema.

**22ª. Norma** Os modelos e as simulações deverão ser georreferenciados.

A evolução das TIC e a diversificação das ferramentas de *Web mapping* permitiu a sua integração em contextos educativos, tornando as actividades mais dinâmicas, mais motivadoras e fundamentalmente mais significativas para os alunos. A junção de ferramentas de *Web mapping* com ferramentas de modelação e de simulação irá possibilitar que os alunos, de uma forma imediata, obtenham informação sobre os mais variados locais do planeta e visualizem qual o impacto da localização no modelo, ou na simulação, que estão a criar ou a explorar. Estas ferramentas disponibilizarão aos alunos ambientes onde é possível analisar a dinâmica do planeta e verificar a importância que o mesmo tem no desenrolar dos fenómenos e sistemas que observam e estudam. A utilização de dados georreferenciados relacionados com aspectos meteorológicos, ou da fauna e da flora e da actividade humana irá permitir aos professores e aos alunos a realização de actividades de modelação e de simulação para avaliar a influência desses dados georreferenciados nos modelos representados. A utilização de modelos/simulações com informação georreferenciada irá permitir que o aluno verifique o comportamento das entidades e do próprio modelo/simulação tendo em conta a sua localização geográfica, uma vez que o mesmo modelo/simulação poderá ter diferentes comportamentos de acordo

com ela. Desta forma, o professor poderá desenvolver actividades significativas, localizadas no meio onde se insere a própria escola e comparar o comportamento de um modelo/simulação noutros locais. Por exemplo, um modelo de crescimento de uma planta é claramente afectado pela sua localização. Há espécies inclusive que não crescem em determinadas zonas do globo, mas noutras sim.

**23<sup>a</sup>. Norma** Os alunos deverão poder criar modelos do tipo:

- *Entidade* – este tipo de modelo irá permitir ao aluno verificar o comportamento de uma entidade de acordo com a localização de execução do modelo.
- *Causa-efeito* – este tipo de modelo é composto por duas entidades, uma *entidade-causa* e uma *entidade-efeito*. A alteração do estado da *entidade-causa* poderá provocar a alteração do estado da *entidade-efeito*. O comportamento do modelo irá depender da sua localização geográfica.
- *Interacção* – este tipo de modelo será constituído por três entidades, duas *entidades-causa* e uma *entidade-efeito*. A conjugação de estados das *entidades-causa* poderá resultar na mudança de estado da *entidade-efeito*. O comportamento do modelo irá depender da sua localização geográfica.

Tendo em consideração as capacidades cognitivas do público-alvo, não será possível representar modelos com mais de três entidades. A representação de modelos com mais de três entidades obrigaria o aluno a definir uma rede de influências entre entidades muito complexa, que iria gerar um número muito elevado de possíveis comportamentos, o que dificultaria a análise e a compreensão dos modelos representados. Por outro lado, é possível representar desta forma modelos relativamente complexos se o nível de agregação de entidades for elevado. De facto, de forma a permitir a representação de modelos com diferentes níveis de complexidade o professor deverá induzir o aluno a representar os modelos tendo duas perspectivas diferentes:

- *Análise micro* – nesta situação as entidades representam objectos, acções ou elementos que interagem directamente com outras entidades do mesmo tipo.
- *Análise macro* – no caso de um sistema possuir um número elevado de objectos as entidades deverão representar subsistemas do modelo representado.

A *análise micro* irá permitir ao aluno representar modelos com um nível de detalhe superior à *análise macro*. Através de um modelo macro o aluno terá a possibilidade de compreender as relações dos subsistemas que estejam presentes nos sistemas analisados.

#### **IV.2.2.1 Desenvolvimento de modelos**

O desenvolvimento dos três tipos de modelos que a *M4K* permite definir deve obedecer a um conjunto de acções.

Assim, para os modelos do tipo *entidade*, que têm como objectivo verificar o comportamento de um processo, ou entidade, numa determinada região, a sua representação implica:

1. A definição da entidade e dos estados qualitativos que representam o seu comportamento.
2. A representação das formas de *visualização* do comportamento de cada estado qualitativo. O aluno ou o professor podem adicionar a cada estado textos e conteúdos multissensoriais.
3. A identificação da variável georreferenciada que pode influenciar o comportamento da entidade, como por exemplo a humidade, a temperatura, as características do solo, a poluição, entre outros.

O desenvolvimento de modelos do tipo *causa-efeito* permite ao aluno analisar sistemas que possam ser representados através de uma relação de causa-efeito; estes modelos são descritos através de uma *entidade-causa* e de uma

*entidade-efeito*. Para o desenvolvimento de um modelo deste tipo, o aluno ou o professor deverá:

1. Identificar as entidades.
  - a. Definir a *entidade-causa* e a *entidade-efeito* do modelo.
2. Definir os estados qualitativos de cada entidade.
3. Representar as formas de visualização do comportamento de cada estado qualitativo.
4. Preencher a *Tabela de relacionamento*, que irá possuir todos os possíveis estados do sistema. O cruzamento dos estados qualitativos de cada uma das entidades que compõem o modelo irá permitir representar todos os estados do sistema.
5. Georreferenciar o modelo, identificar qual a variável georreferenciada que pode influenciar o comportamento do modelo, como, por exemplo, a humidade, a temperatura, a poluição, entre outros.

Os modelos do tipo *interacção* permitem aos alunos analisarem sistemas dinâmicos que são representados através de três entidades, duas *entidades-causa* e uma *entidade-efeito*. A criação deste tipo de modelos obriga o aluno a:

1. Identificar as entidades, definir as *entidades-causa* e a *entidade-efeito*.
2. Definir os estados qualitativos de cada entidade.
3. Representar as formas de visualização do comportamento de cada estado qualitativo.
4. Preencher a *Tabela de relacionamento* que possui todos os possíveis estados do sistema. O cruzamento dos estados qualitativos de cada uma das *entidades-causa* que compõem o modelo irá permitir representar todos os estados possíveis do sistema. Neste tipo de modelo a *Tabela de relacionamento* irá representar a combinação de estados qualitativos das *entidades-causa* e terá como resultado um dos estados qualitativos da *entidade-efeito*.
5. Identificar qual a variável georreferenciada que pode influenciar o comportamento do modelo.

#### **IV.2.2.2 Desenvolvimento de simulações**

As actividades de simulação caracterizam-se pela utilização de simulações previamente desenvolvidas pelo professor, ou por outros alunos. Neste tipo de actividades os alunos executam as simulações disponíveis no Portal *SchoolSenses@Internet*. Nestas actividades os alunos não têm acesso ao esquema funcional dos modelos, não conseguem visualizar a *Tabela de relacionamento*, nem conseguem alterar as definições das entidades que compõem o modelo. Na realização destas actividades a ferramenta deverá permitir apenas a alteração da localização geográfica do modelo subjacente à simulação.

Como Marcelino (1998) afirma as actividades de simulação caracterizam-se também pelo apoio às actividades realizadas pelos alunos. Para além de construir ou seleccionar o modelo, o professor deverá criar e disponibilizar aos alunos informações sobre:

- Os objectivos da actividade.
- Conteúdos complementares.
- As estratégias de aprendizagem.
- As formas de como o aluno pode interactuar com o modelo simulado.
- As actividades que o aluno pode realizar (perguntas, tarefas, explicações, etc.).

### **IV.3. Requisitos de uma ferramenta-autor de modelação e de simulação**

Uma ferramenta-autor de modelação e de simulação deverá partilhar as características que Papert (Resnick, et al., 2010) identificou nas linguagens de programação desenvolvidas para este nível etário: *Low Floor*, *High ceiling* e *Wide halls*. Papert afirma que as aplicações direccionadas para as crianças deverão ser aplicações fáceis de utilizar, isto é permitir que sejam acessíveis,

de modo a que os seus utilizadores possam usufruir destas aplicações sem empregar muito tempo para a sua compreensão, *Low Floor*. No entanto, deverão possibilitar que utilizadores mais experientes realizem actividades de acordo com o seu nível de conhecimentos, *High ceiling*. O sucesso deste género de aplicações depende também da sua abrangência curricular, isto é deverão, dentro do possível, abarcar um vasto leque de áreas curriculares, *Wide halls*.

Baseando-nos nas orientações apresentadas na metodologia *M4K*, uma ferramenta-autor de modelação e de simulação para o 1º ciclo deverá obedecer às seguintes especificações:

**1ª. Especificação** Possibilitar o desenvolvimento de actividades de modelação e de actividades de simulação.

Facilitar ao professor diversas configurações, de modo a permitir o desenvolvimento de actividades de modelação, ou de simulação, de acordo com os objectivos por ele definidos.

**2ª. Especificação** Utilizar uma linguagem clara e precisa, com uma estrutura e apresentação visual simples.

**3ª. Especificação** Permitir uma utilização abrangente relativamente ao programa curricular do 1º ciclo do Ensino Básico.

**4ª. Especificação** Possuir uma metáfora simples e intuitiva, que permita aos alunos e aos professores criarem, manipularem e alterarem facilmente os modelos.

**5ª. Especificação** Permitir uma fácil e eficaz utilização, o aluno deverá ser capaz de realizar rapidamente as tarefas a que se propõe; a ferramenta deverá possuir uma estrutura transparente e uma interface que torne o seu uso intuitivo.

A interface deve permitir que os utilizadores rapidamente se concentrem nos conteúdos e, ao mesmo tempo, possibilitar uma memorização simples, para que o utilizador possa voltar a usar a ferramenta, após algum tempo de afastamento, sem necessitar de (re)aprender a manipulá-la.

**6ª. Especificação** Possibilitar a representação de modelos qualitativos que permitam aos alunos construir, manipular e compreender modelos que representem sistemas dinâmicos.

**7ª. Especificação** Possibilitar diversas formas de visualização da evolução do comportamento do modelo.

**8ª. Especificação** Permitir a reutilização de modelos e de simulações.

**9ª. Especificação** Representar o mesmo modelo com diversos níveis de detalhe e graus de fidelidade.

**10ª. Especificação** Permitir a utilização e a construção de modelos e de simulações contendo informação multissensorial.

**11ª. Especificação** Possibilitar a criação de modelos ou de simulações com dados georreferenciados.

**12ª. Especificação** Possibilitar ao autor do modelo, ou da simulação, áreas que permitam a representação de modelos, a definição dos objectivos a alcançar, das formas de interacção e das actividades que o aluno pode realizar.

**13ª. Especificação** Permitir que o professor defina o grau de interacção e de manipulação dos modelos. O grau de interacção e de manipulação dos modelos definem também o tipo de actividade a realizar pelos alunos.



**14ª. Especificação** Ser compatível com várias plataformas, sem ser necessário recompilar a aplicação, instalar software ou hardware.

**15ª. Especificação** Ser desenvolvida para ambiente *Web*, de forma a beneficiar das potencialidades desse ambiente. A *Web* constitui um meio poderosíssimo que permite a pesquisa, o acesso e a transmissão de informação de uma forma fácil, ilimitada e sem fronteiras. As ferramentas desenvolvidas para ambiente *Web* possibilitam a realização de actividades colaborativas, uma utilização massificada e a publicação de conteúdos de uma forma simples e rápida.

**16ª. Especificação** Ser completamente integrada num *browser*, de modo a que o utilizador não tenha que instalar ou configurar a ferramenta. Devido à especificidade do público-alvo, a sua utilização deverá ser o mais transparente e simples possível, para que não haja grandes obstáculos à sua utilização.

#### **IV.4. Conclusão**

A ausência de uma metodologia que facilitasse e *normalizasse* a integração de actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico originou que esta equipa de investigação identificasse um conjunto de procedimentos que assumem uma importância relevante na realização destas actividades.

Neste capítulo apresentámos a metodologia *Modelling for Kids*, que possui um conjunto de normas que auxiliam o professor e o aluno a realizar actividades de modelação e de simulação. A Tabela IV.2 apresenta de uma forma resumida todas as normas identificadas pela *M4K*.

- 1ª. Norma** A realização de actividades de modelação ou de simulação deverá ter como finalidade proporcionar actividades significativas e de investigação práticas no 1º ciclo do Ensino Básico.
- 2ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação deverão criar ambientes motivadores e que sejam por si só um desafio intelectual, que permitam à criança questionar, reflectir, relacionar situações, desenvolver interpretações, elaborar previsões, isto é compreender o comportamento de sistemas dinâmicos.
- 3ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação poderão ser utilizadas em todas as áreas curriculares do 1º ciclo do Ensino Básico.
- 4ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação poderão ser utilizadas em diversos contextos de sala de aula. As actividades de modelação poderão ser úteis na análise mais pormenorizada de fenómenos sociais, químicos, físicos ou ambientais. As actividades de simulação poderão auxiliar a tarefa do professor na fase de inicial de introdução e na análise de sistemas complexos.
- 5ª. Norma** A implementação das actividades de modelação e de simulação pode ser realizada numa estratégia de grupo ou individual, de exploração livre ou de descoberta. As estratégias devem variar consoante o assunto a que se referem, as actividades a que estão associadas e de acordo com o nível de conhecimentos dos alunos que as vão utilizar.
- 6ª. Norma** A definição do nível de detalhe de análise de um sistema é fundamental para o sucesso deste tipo de actividades. Essa definição está relacionada com os objectivos de aprendizagem, definidos pelo professor, que dependem do desenvolvimento cognitivo e do grau de autonomia dos alunos.
- 7ª. Norma** A selecção de uma actividade de modelação ou de uma actividade de simulação depende das áreas curriculares, dos conhecimentos dos alunos e dos objectivos estabelecidos para a actividade.
- 8ª. Norma** Uma actividade de modelação é caracterizada pela construção ou a exploração de um modelo qualitativo. Ao analisar um sistema dinâmico, o aluno identifica as entidades e as relações existentes entre elas, o que irá permitir desenvolver um modelo que represente o sistema observado.
- 9ª. Norma** Uma actividade de simulação consiste na manipulação de um modelo, com o qual o aluno pode interactuar variando os seus parâmetros com o objectivo genérico de proceder ao seu estudo. Este tipo de utilização permite ao aluno interpretar e compreender um sistema e formular explicações sobre o comportamento do sistema. No entanto, o aluno não necessita, para isso, de conhecer a estrutura do modelo simulado. Numa actividade de simulação os alunos podem fazer a monitorização e o diagnóstico de sistemas.
-

**10ª. Norma** Ao professor cabe o papel de motivar, moderar debates, apoiar e avaliar o desempenho dos alunos. O professor enquanto responsável por todo o processo de ensino deixa de cumprir a função de transmissor, passando a assumir o papel de facilitador e de organizador de ambientes ricos, estimulantes, diversificados e propícios à vivência de experiências de aprendizagens integradoras e significativas.

**11ª. Norma** Para uma adequada implementação das actividades de modelação e simulação é necessário realizar uma planificação correcta das actividades.

**12ª. Norma** No decorrer da actividade o professor deverá motivar, apoiar e fornecer aos alunos conteúdos que permitam compreender os objectivos das actividades e despertar a atenção dos alunos. É função dos professores auxiliar os alunos na análise e na esquematização de sistemas dinâmicos. Em simultâneo deverão questionar e incentivar os alunos a testar hipóteses e a partilharem conhecimentos.

**13ª. Norma** As actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico deverão basear-se na análise e na representação de modelos qualitativos, com base no raciocínio causal, o que irá habilitar os alunos do 1º ciclo do Ensino Básico a fazerem previsões e a explicar o comportamento de sistemas dinâmicos.

**14ª. Norma** Os modelos criados deverão ser modelos que representem as características essenciais do sistema que representam. Desta forma os alunos ou os professores não necessitam de informação específica ou muito detalhada sobre um sistema para representá-lo.

**15ª. Norma** A representação do modelo deverá ser feita recorrendo a uma linguagem natural para o aluno, através de metodologias e de linguagens que já sejam do conhecimento do aluno e que permitam representar as relações de causalidade que estão presentes no sistema analisado. A representação de um modelo deverá fazer-se de uma forma gráfica e simples, sem recorrer a sintaxe ou tecnologia complexas, para que os alunos não tenham dificuldades desnecessárias e acrescidas na sua utilização.

**16ª. Norma** A representação de um sistema deverá basear-se na definição de diagramas ou esquemas estruturais e funcionais. O esquema que representa a estrutura irá reproduzir a organização estrutural do sistema, isto é, a organização de todos os elementos que fazem parte do sistema. O esquema funcional irá representar todas as acções e sequências de eventos que ocorrem num sistema dinâmico.

**17ª. Norma** A construção dos modelos deverá ser feita através da representação e descrição das entidades e das relações de causalidade que possam existir entre as entidades.

**18ª. Norma** Os modelos criados baseiam-se, essencialmente, nas relações causais que alunos estabelecem para compreender os sistemas em análise, em que a variação de uma entidade é acompanhada pela variação de uma outra entidade. Desta forma os alunos poderão representar fenómenos através de relações de causa-efeito em que as relações entre os vários elementos são do tipo “A causa B” e “Se A se alterou pode também B ter-se alterado”.

**19ª. Norma** A implementação de um modelo é um processo iterativo e heurístico. A reformulação de modelos é importante para a compreensão de sistemas dinâmicos e irá permitir que a criança compreenda o funcionamento do sistema e como é que as entidades interagem no mesmo.

**20ª. Norma** No desenvolvimento de um modelo, o aluno ou professor deverá identificar as entidades que compõem o modelo, descrever os estados qualitativos de cada entidade e representar o comportamento dinâmico do sistema.

**21ª. Norma** Os alunos deverão a ter possibilidade de representar os estados qualitativos das entidades de um modelo usando informação multissensorial. A informação multissensorial deverá ser utilizada para descrever os estados qualitativos das entidades e na descrição do sistema modelado.

**22ª. Norma** Os modelos e as simulações deverão poder ser georreferenciados.

**23ª. Norma** Os alunos deverão poder criar modelos do tipo *entidade, causa-efeito e interacção*.

---

**Tabela IV.2 – Normas da metodologia M4K.**

Em contexto educativo, como afirma Papert (1993), as melhores actividades de investigação são aquelas onde os alunos participam activamente, onde os temas abordados são significativos e do interesse dos alunos. A *M4K* pretende, através das normas apresentadas, fornecer uma metodologia onde são valorizadas as concepções que os alunos possuem e que constroem quando analisam um determinado sistema, fornecendo para isso procedimentos que promovam uma atitude de análise activa e científica. A metodologia apresenta esquemas de representação de sistemas dinâmicos, através da modelação qualitativa, e define quais as funções dos professores e dos alunos e as etapas a seguir na realização destas actividades. A *M4K* descreve ainda as especificações que as ferramentas-autor de modelação e de simulação deverão

possuir para permitir que estes alunos possam realizar com elas actividades de modelação e de simulação.



## **Capítulo V. Ferramenta-autor de modelação e de simulação *Simulkids***

### **V.1. Introdução**

No Capítulo II, na secção II.9, apresentámos algumas aplicações que permitem realizar actividades de simulação ou, nalguns casos, actividades de modelação. No entanto, e como já referimos anteriormente, existem algumas restrições na utilização dessas aplicações - algumas não permitem alterar os objectos e as relações que compõem o sistema, outras utilizam metáforas desadequadas para este nível de ensino ou para o desenvolvimento de actividades de modelação, etc. Como afirmam Joolingen e Jong (1991) as ferramentas de modelação deverão permitir aos utilizadores averiguar as relações existentes entre as entidades de um sistema, avaliar a influência de cada uma delas no mesmo e permitir que os utilizadores testem as suas concepções e previsões.

Com o objectivo de avaliarmos a utilização da metodologia *Modelling for Kids (M4K)* na planificação e realização de actividades de modelação e de simulação para o 1º ciclo do Ensino Básico desenvolvemos um protótipo de uma ferramenta-autor de modelação e de simulação, tendo em conta as indicações apresentadas na referida metodologia, a que chamámos *Simulkids*.

O *Simulkids* está inserido no Portal do projecto *SchoolSenses@Internet* (Figura V.1) e permite aos professores e aos alunos a construção e a execução de modelos qualitativos e de simulações baseadas neste tipo de modelos.



**Figura V.1 – Homepage do Portal *SchoolSenses@Internet*.<sup>53</sup>**

No desenvolvimento da ferramenta *Simulkids*, procurámos criar uma ferramenta genérica de forma a permitir:

- A representação de modelos qualitativos.
- A definição do nível de detalhe e de interacção dos modelos pelo seu autor.
- A utilização em diferentes anos do 1º ciclo do Ensino Básico.
- E em diversas áreas curriculares.
- A utilização de informação multissensorial nos modelos/simulações.
- A georreferenciação de modelos/simulações.
- A partilha de modelos.

<sup>53</sup> Portal *SchoolSenses@Internet*, <http://schoolsenses.dei.uc.pt/>, acedido em Julho de 2011.



- O acesso a alunos com diferentes níveis de conhecimentos, para que possam usufruir da aplicação, sem empregar muito tempo para a sua compreensão.
- Uma utilização simples e independente das plataformas tecnológicas utilizadas pelos alunos e professores.
- Uma manutenção eficiente - os autores dos modelos e das simulações poderão alterá-los sempre que o desejarem.

## **V.2. Metodologia adoptada para o desenvolvimento do Simulkids**

Como referimos anteriormente, as ferramentas desenvolvidas no âmbito do projecto *SchoolSenses@Internet* utilizaram a metodologia de *Cooperative Inquiry*, em que o público-alvo foram participantes activos no desenho e no desenvolvimento das mesmas. Os alunos participaram na definição e na validação das funcionalidades e das interfaces, em sessões que ocorreram em contextos reais, nas quais utilizaram tecnologias de baixo nível no desenho participativo das ferramentas, como o lápis e o papel, e em que foram continuamente observados pela equipa de investigação de forma a validar as funcionalidades das ferramentas. A participação dos alunos e dos professores permitiu ainda à equipa de investigação recolher informações sobre as formas de utilização das ferramentas de georreferenciação e sobre o processo de criação e utilização de informação multissensorial.

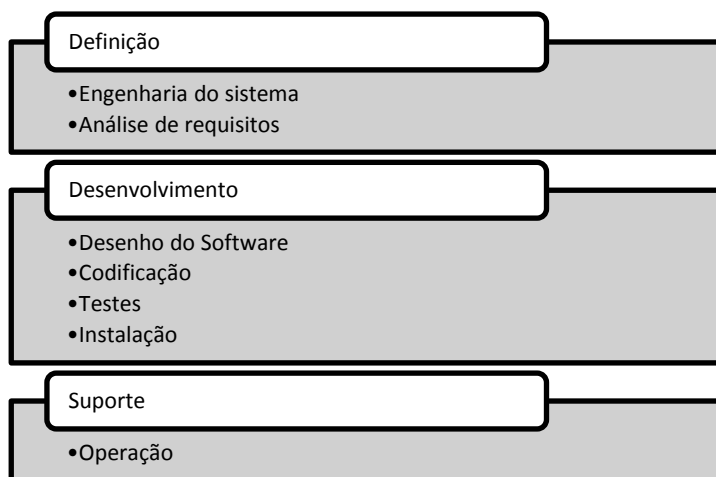
Para a primeira oficina, Alterações climáticas, foi desenvolvido um primeiro protótipo, em *Adobe Flash*<sup>54</sup>, com base na prototipagem “*Throw-away*”, descartável. A utilização desta metodologia de desenvolvimento ficou a dever-se aos objectivos delineados para a sessão (secção VI.2.1). As

---

<sup>54</sup> *Adobe Flash Professional*, <http://www.adobe.com/products/flash.html>, acedido em Março de 2011.

conclusões retiradas permitiram validar alguns dos requisitos previamente estabelecidos para ferramenta *Simulkids* a desenvolver.

Do ponto de vista do desenvolvimento de software, este pode ser dividido em três fases genéricas: fase de definição, fase de desenvolvimento e fase de suporte (Figura V.2).



**Figura V.2 - Fases genéricas do desenvolvimento de software.**

Na fase de definição são identificados os requisitos do sistema, as funcionalidades pretendidas, o comportamento expectável para o sistema, as interfaces e as formas de interacção da aplicação. O modelo *M4K* fornece os requisitos essenciais de uma ferramenta-autor de modelação e simulação para o 1º Ciclo do Ensino Básico. O desenho do software, a sua codificação e testes ocorrem na fase de desenvolvimento. Nesta fase é necessário definir o modo como os dados estão estruturados; quais as funções a implementar numa arquitectura de software; as interfaces. Na fase de suporte realiza-se a correcção de erros e as alterações necessárias para garantir a funcionalidade do sistema.

No desenvolvimento do protótipo *Simulkids* optámos por utilizar a metodologia de desenvolvimento descrita acima com uma metodologia de prototipagem evolutiva. A selecção desta metodologia deveu-se ao facto desta

permitir criar rapidamente um protótipo construído a partir de requisitos iniciais. É um processo que consiste basicamente em diversos ciclos iterativos. A prototipagem evolutiva possibilita uma maior participação do cliente, o que permite verificar a aceitação do sistema nos primeiros estágios do desenvolvimento. Em cada ciclo são adicionadas novas funcionalidades ao protótipo e é feita a avaliação do mesmo com base nos requisitos iniciais e na avaliação que os participantes e os investigadores fazem no decorrer das sessões.

### V.3. Tecnologias e ferramentas utilizadas e arquitectura da aplicação

As tecnologias e ferramentas utilizadas para desenvolver e integrar a ferramenta-autor *Simulkids* no sítio do projecto *SchoolSenses@Internet* apresentam-se na Tabela V.1 e Tabela V.2.

<i>Nome</i>	<i>Descrição</i>
<i>ASP.NET 3.5</i>	O ASP.NET é a plataforma da Microsoft para o desenvolvimento de aplicações Web.
<i>Silverlight</i>	O Silverlight é um Plug-in multi-plataforma e multi-browser que permite criar aplicações Web ricas em experiência de utilização. As aplicações Silverlight possuem uma parte declarativa e uma parte lógica. A parte declarativa é constituída por scripts em XAML que descrevem a interface do utilizador, enquanto a parte lógica é constituída por código C#. O Silverlight faz uso da framework .NET.
<i>Framework .NET 3.5</i>	A framework .NET é uma plataforma de desenvolvimento que fornece várias APIs para o desenvolvimento rápido de aplicações <i>stand-alone</i> e Web.

**Tabela V.1 – Tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do *Simulkids*.**

---

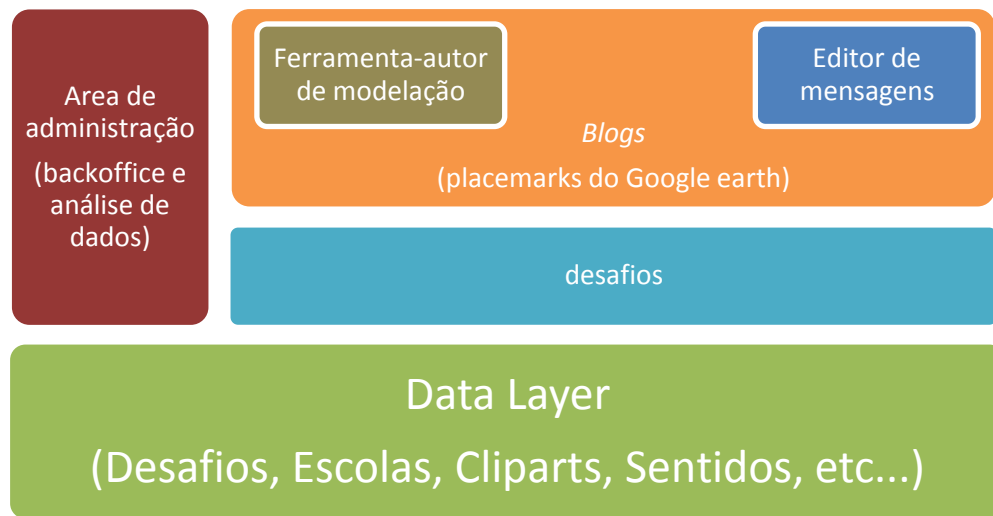
<i>Nome</i>	<i>Descrição</i>
<i>Visual Studio 2010</i>	O Visual Studio é o IDE padrão da Microsoft que permite a criação de aplicações Web e Windows, suportando a Framework .NET.
<i>IIS 6</i>	O IIS (Internet Information Services) é um servidor para ambientes Microsoft e possibilita a hospedagem de aplicações Web.
<i>SQL Server 2005</i>	O SQL Server é um servidor de base de dados relacionais desenvolvido pela Microsoft..

---

**Tabela V.2 – Ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do Simulkids.**

Foi objectivo da equipa de investigação integrar todas as ferramentas desenvolvidas no portal do projecto. Optou-se por utilizar estas ferramentas devido ao facto de algumas funcionalidades do portal já terem sido desenvolvidas em *Visual Studio 2005*, *framework .NET 2.0* e o mesmo utilizar, como sistema de gestão de dados, o *SQL Server 2005*.

A Figura V.3 apresenta a arquitectura do sítio do projecto. O editor de mensagens multissensorial, desenvolvido no âmbito de outro trabalho integrado no projecto, e a ferramenta-autor de modelação e de simulação são executados através do módulo *Blogs*. É neste módulo que é feita a georreferenciação das mensagens/modelos/simulações através da criação de *placemarks* no *Google Earth*. Para a integração do *Google Earth* na página Web é utilizado o *Google Earth Plug-in*. A cada *placemark* fica associado um *blog* de *mensagens*, que podem ter anexados modelos ou conteúdos multissensoriais. As mensagens dos *blogs* estão associadas aos desafios criados pelos administradores ou professores.



**Figura V.3 – Arquitectura do sítio do *Schoolsenses@Internet*.**

Como referimos anteriormente, o protótipo da ferramenta-autor *Simulkids* foi desenvolvido na tecnologia *Silverlight*, que permite a criação de aplicações Web do tipo RIA (*Rich internet applications*), o que facilitou também a sua integração no sítio do projecto, que foi desenvolvido sobre a *framework .NET*.

O desenvolvimento do protótipo teve por base a arquitectura *Model-View-ViewModel (MVVM)*. Esta arquitectura é uma arquitectura definida por Gossman (Gossman, 2005). O *MVVM* assemelha-se em alguns aspectos ao *Model View Controller (MVC)* e ao *Model View Presenter (MVP)*. Conceptualmente, o *MVVM* e o *MVP* são idênticos, o que os diferencia é que o *MVVM* é específico para a arquitectura *Silverlight* e o *MVP* é independente de plataforma. O *MVVM* tem como objectivo estabelecer uma clara separação entre o *Modelo* de objectos e a *View*, que é a interface com a qual o utilizador interage (Figura V.4).

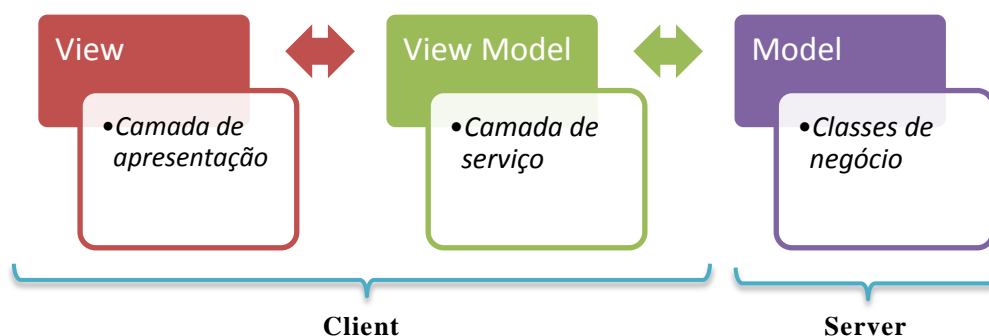


Figura V.4 – Arquitectura MVVM.

O *MVVM* estabelece uma separação clara de responsabilidades na camada de apresentação, pois a *View* apenas é responsável pela *User Interface*. O *Model* detém as regras de negócio (classes de negócio, acesso a dados, etc.) e o *ViewModel* é a camada de serviço, responsável por fornecer à *View* apenas os dados de que ela necessita. É também o *ViewModel* quem tem a responsabilidade de reagir aos eventos gerados pela *View*.

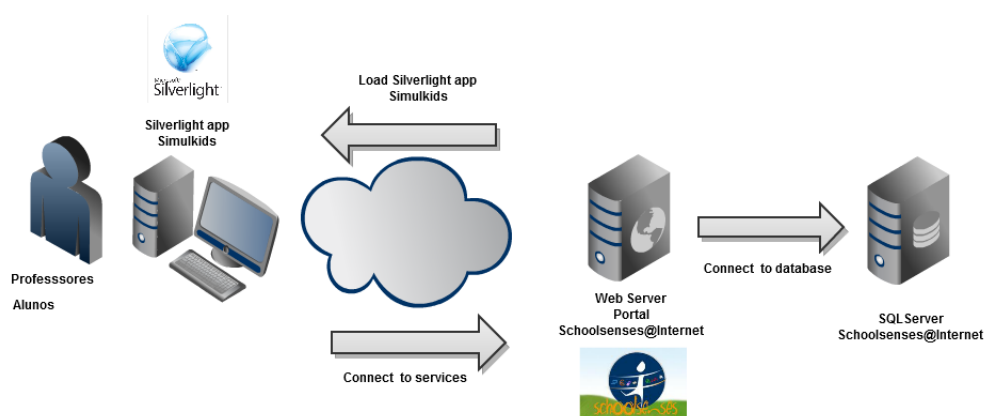


Figura V.5 – Arquitectura técnica do *Simulkids*.

Na Figura V.6 está representado o modo de funcionamento da ferramenta *Simulkids*. Os alunos e professores podem executar a ferramenta de duas formas distintas, actividades de modelação ou actividades de simulação, de acordo com os objectivos definidos para cada actividade.



Figura V.6 – Arquitectura funcional do portal *Schoolsenses@Internet*.

A Figura V.7 apresenta os módulos em que está estruturada a ferramenta *Simulkids* que correspondem também às funcionalidades do ponto de vista dos seus utilizadores e às funções que estes podem executar de acordo com o tipo de actividade em que estão envolvidos.

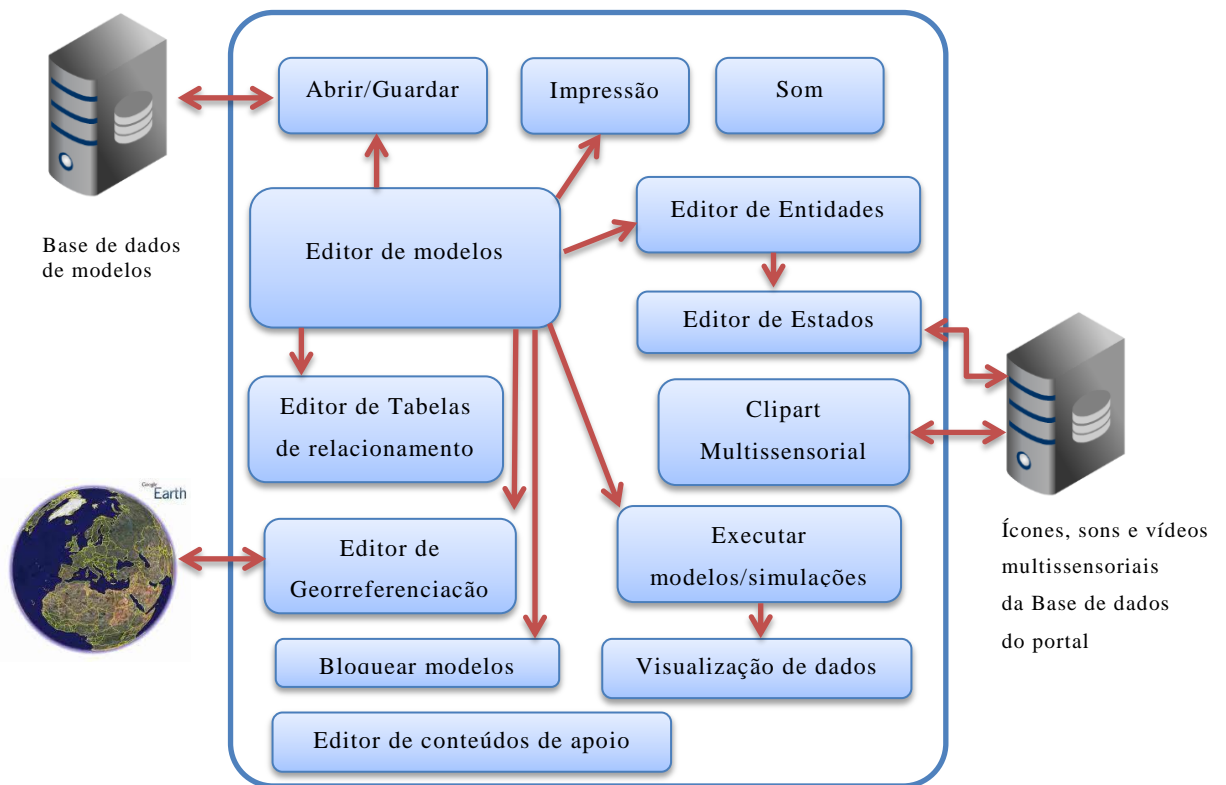
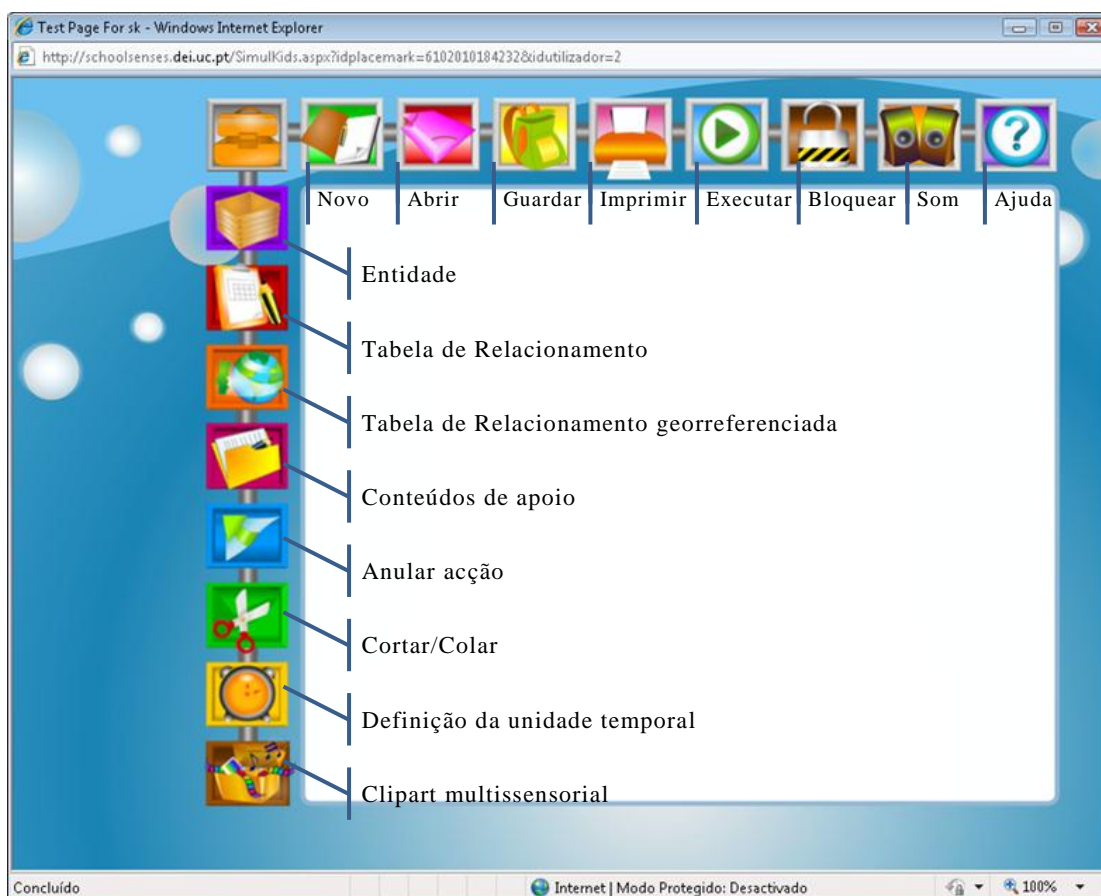


Figura V.7 – Arquitectura funcional do *Simulkids*.

## V.4. Ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho da ferramenta foi desenvolvido tendo em conta o público-alvo e é constituído por um conjunto de opções que permitem, ao aluno ou ao professor, representar um modelo qualitativo, não sendo para isso necessário recorrer a conhecimentos específicos para a sua utilização (Figura V.8).



**Figura V.8 – *Simulkids*, ambiente de trabalho da ferramenta.**

O *Simulkids* permite a realização de actividades de modelação e de simulação. Numa actividade de modelação, que envolva a construção de um modelo, modo expressivo, o aluno ou o professor têm a possibilidade de representar três tipos diferentes de modelos (Figura V.9):



- *Entidade* – este tipo de modelos permite ao aluno verificar o comportamento de uma entidade de acordo com a sua localização geográfica.
- *Causa-efeito* – este tipo de modelos são compostos por duas entidades, uma *entidade-causa* e uma *entidade-efeito*, em que uma alteração do estado da *entidade-causa* poderá provocar uma alteração do estado da *entidade-efeito*.
- *Interação* – este tipo de modelos são definidos por três entidades, duas *entidades-causa* e uma *entidade-efeito*; a conjugação de estados das *entidades-causa* poderá resultar numa mudança de estado da *entidade-efeito*.



**Figura V.9 – Simulkids, janela de selecção do tipo de modelo.**

A utilização de modelos, previamente criados, pode ser feita no âmbito de actividades de modelação ou de actividades de simulação. O aluno realiza uma actividade de modelação, em modo exploratório, se o modelo permitir o acesso à *Tabela de relacionamento* e à edição dos estados qualitativos das

entidades. No caso de uma actividade de simulação a ferramenta permite apenas a alteração dos estados qualitativos das *entidades-causa*, o que possibilita a análise do comportamento do modelo. Nestas actividades os utilizadores não podem visualizar a *Tabela de relacionamento* e não têm a possibilidade de modificar os estados qualitativos das entidades.

### V.4.1 Entidades e estados qualitativos

Na implementação de um modelo, o aluno ou o professor deverá identificar as entidades que o compõem. Como foi referido no Capítulo IV, as entidades estão relacionadas com elementos ou processos observados no sistema que se pretende modelar. Uma entidade pode representar uma planta, um animal, uma floresta, um rio, uma estação do ano, uma fábrica ou uma cidade. No *Simulkids*, o aluno, ou o professor, adiciona entidades a um modelo através do ícone *Entidades* (Figura V.10). A sua representação processa-se de forma automática, assumindo a entidade, por defeito, três estados qualitativos. O autor pode posteriormente modificar o tamanho e a posição de cada entidade, bem como o número de estados, entre outras opções.

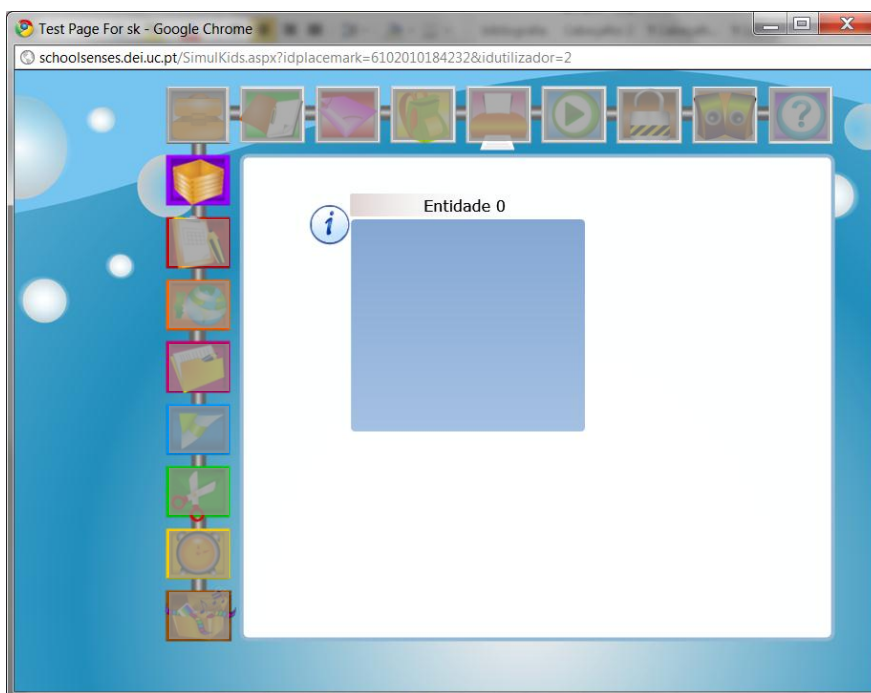


Figura V.10 – *Simulkids*, criação de uma entidade.

Após a representação das entidades, o autor tem que definir o comportamento de cada uma delas através de um conjunto de estados qualitativos (Figura V.11). Um estado qualitativo representa o *valor* que a entidade poderá assumir num determinado momento. Os estados qualitativos são um conjunto finito e ordenado de valores qualitativos. No *Simulkids*, o aluno adiciona, elimina ou altera a designação dos estados qualitativos através da janela *Propriedades das entidades*, a que acede seleccionando o ícone *i* agregado a cada entidade.

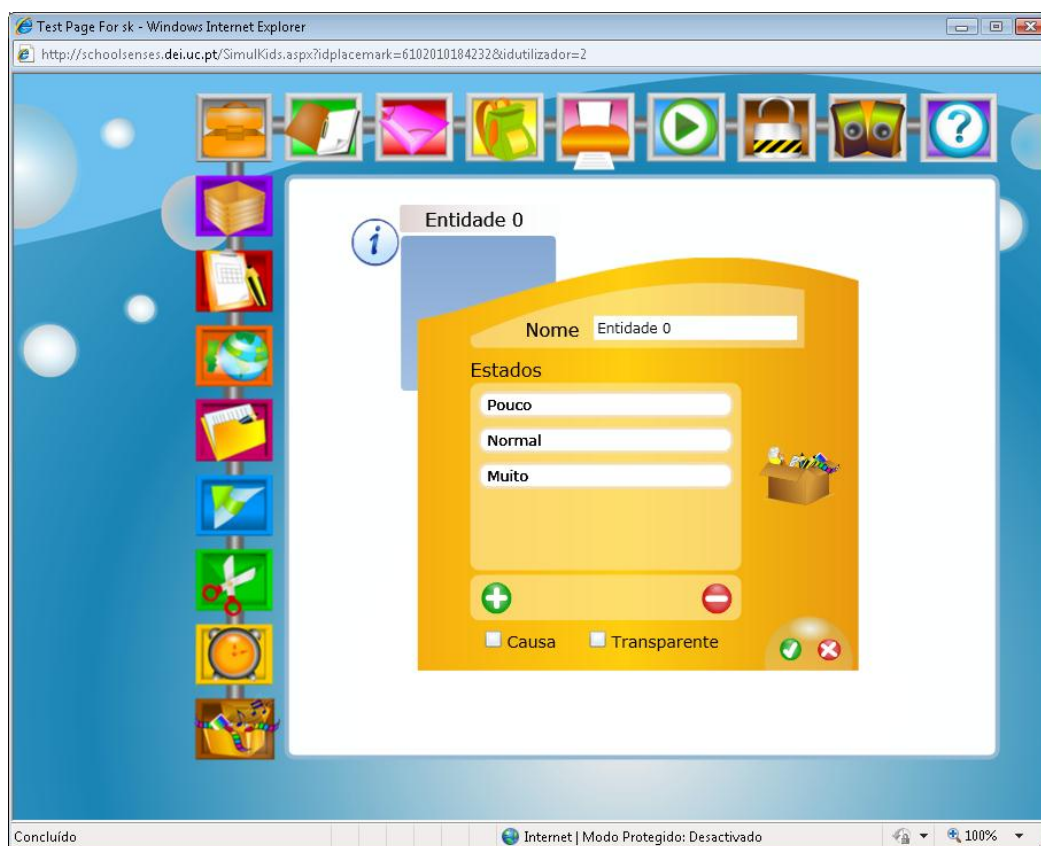


Figura V.11 – *Simulkids*, definição dos estados qualitativos de uma entidade.

A construção de um modelo baseia-se na representação das entidades e das relações de causalidade que possam existir entre elas. Para isso é necessário identificar qual, ou quais, as *entidades-causa*. No *Simulkids*, o aluno define a *entidade-causa* na janela *Propriedades da entidade* seleccionando a caixa *Causa* (Figura V.11).

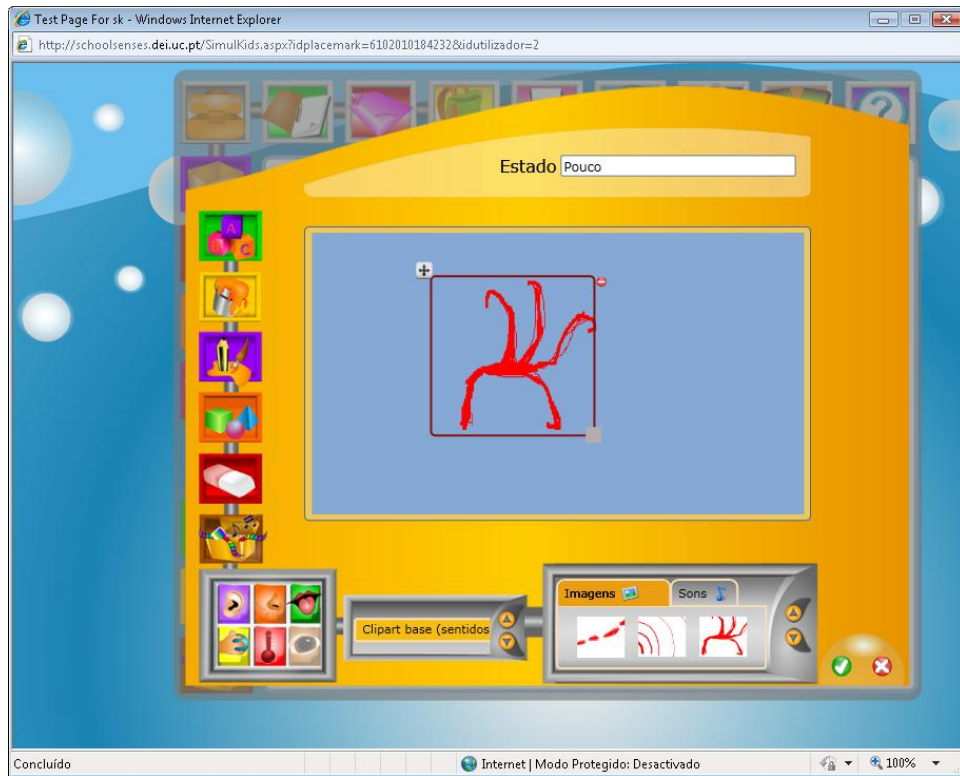
## V.4.2 Definição de estados e informação multissensorial

A cada estado qualitativo o aluno poderá associar texto, formas geométricas, som, imagem, vídeo, desenhos ou ícones multissensoriais, que permitam representar e compreender melhor o comportamento de um modelo (Figura V.12). O *Simulkids* possui uma ferramenta onde é possível definir a aparência de cada estado qualitativo e que permite aos alunos anexar a cada estado objectos do tipo *bitmap* ou vectorial. Os estados qualitativos podem ser representados por objectos de texto, de desenho livre, elementos geométricos e conteúdos multissensoriais. Em todos os objectos é possível modificar propriedades como a cor, os limites, o tamanho e a posição. A ferramenta permite ainda a eliminação ou a reedição individual dos elementos inseridos em cada um dos estados.



**Figura V.12 – *Simulkids*, ferramenta gráfica de edição de elementos para a definição dum estado qualitativo de uma entidade.**

Os elementos de informação multissensorial, como verificámos na secção III.3, além de permitirem uma melhor compreensão do comportamento do sistema, irão facilitar ao autor a representação e a partilha das suas próprias ideias. Na definição dos estados qualitativos o aluno ou o professor têm acesso à biblioteca de informação multissensorial do projecto *SchoolSenses@Internet*.

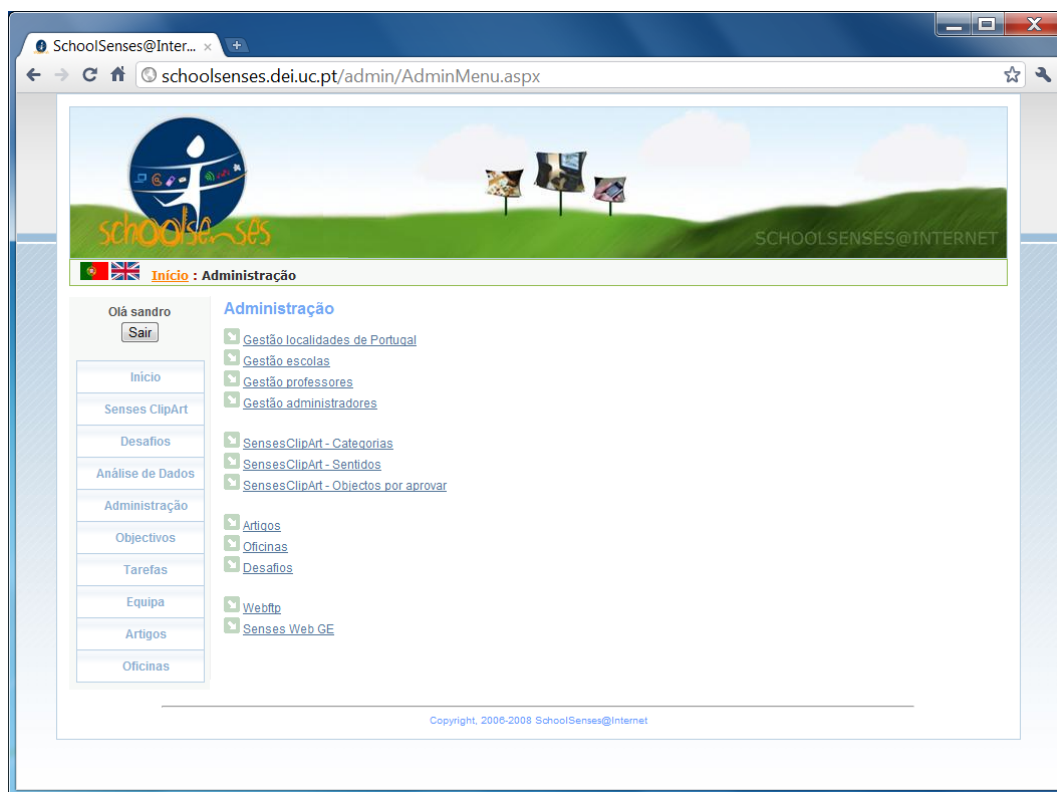


**Figura V.13 – *Simulkids*, exemplo de ícones multissensoriais.**

Para adicionar um elemento multissensorial a um estado qualitativo, basta seleccioná-lo que irá surgir na área de trabalho do estado qualitativo da entidade (Figura V.13). Os ícones multissensoriais da base de dados estão categorizados tendo em conta algumas propriedades sensoriais:

- Tacto,
- Gosto,
- Olfacto,
- Visão,
- Audição e
- Sensação térmica.

Em cada categoria podem existir imagens, sons e vídeos. Os elementos estão sub-agrupados por actividades e temas. A gestão de temas, categorias e de conteúdos multissensoriais é feita na área de *backoffice* do sítio do projecto *SchoolSenses@Internet* (Figura V.14).



**Figura V.14 – *SchoolSenses@Internet*, área de administração do portal.**

Na área de *backoffice* os administradores do Portal *SchoolSenses@Internet* têm a possibilidade de gerir todo o processo relacionado com os desafios realizados no âmbito do projecto. Além disso, o *backoffice* permite gerir as escolas participantes, as categorias utilizadas, as classes de sentidos (Figura V.15 e Figura V.16), o *clipart* multissensorial e os atributos sensoriais de cada objecto deste *clipart* (Figura V.16).



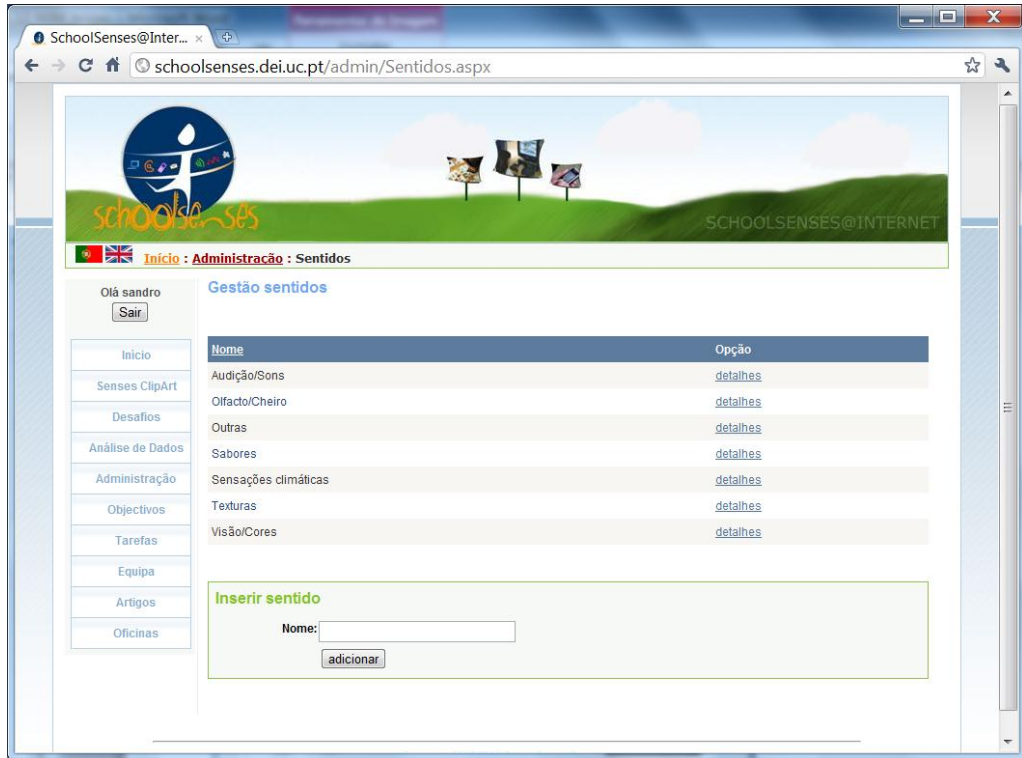


Figura V.15 – *SchoolSenses@Internet*, área de gestão de sentidos.

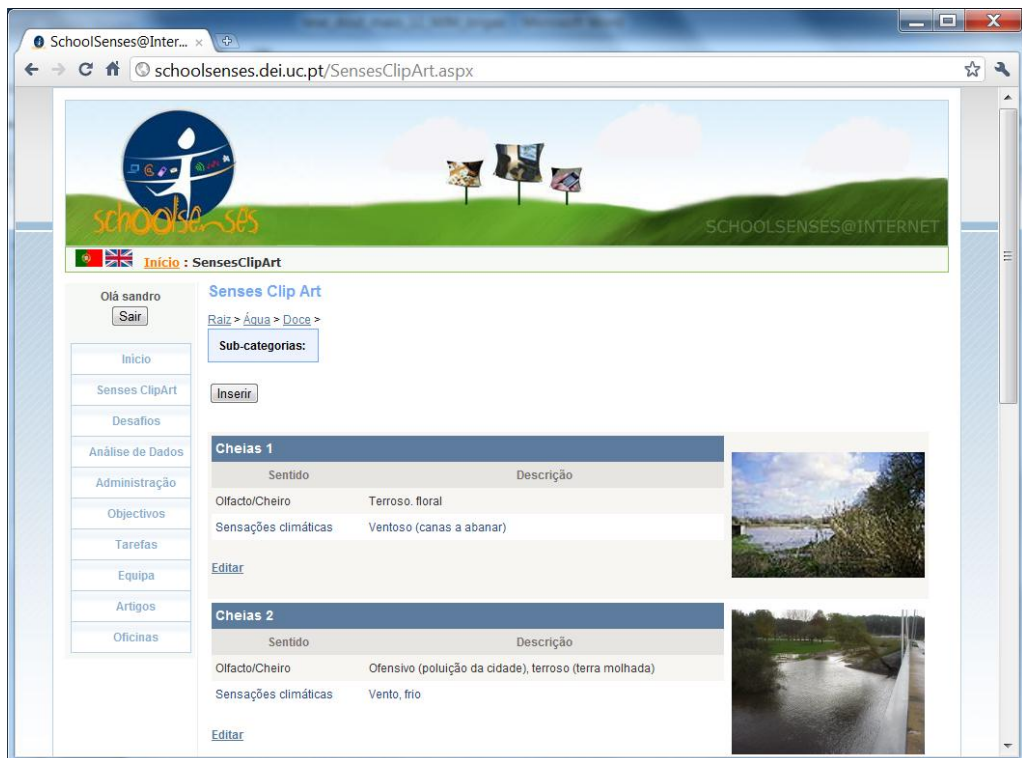


Figura V.16 – *SchoolSenses@Internet*, área de gestão do clipart.

### V.4.3 Tabela de relacionamento

Uma das fases cruciais no desenvolvimento de um modelo é o preenchimento da *Tabela de relacionamento* (Figura V.17). Esta operação só é necessária se os modelos forem do tipo *causa-efeito* ou *interacção*.

De acordo com a metodologia *M4K*, o comportamento de um modelo *causa-efeito* é obtido através do relacionamento dos estados qualitativos da *entidade-causa* com os estados qualitativos da *entidade-efeito*. O resultado desse relacionamento é um dos estados qualitativos da *entidade-efeito* (Figura V.17).



Figura V.17 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento para modelos do tipo causa-efeito.

Através do cruzamento dos estados o autor está a representar uma relação do género causa-efeito. Uma mudança de estado da *entidade-causa* poderá provocar uma mudança de estado da *entidade-efeito* tendo em conta o estado inicial da *entidade-efeito*.



O autor só tem acesso à *Tabela de relacionamento* se tiver definido previamente as entidades do modelo e identificado a *entidade-causa* (Figura V.18). Nos modelos de *interacção* o autor tem que definir duas *entidades-causa*.

Na primeira coluna da *Tabela de relacionamento* estão descritos todos os estados qualitativos da *entidade-causa*. No cabeçalho das colunas estão representados todos os estados qualitativos da *entidade-efeito*. Para representar um relacionamento de causalidade o autor tem que seleccionar um estado qualitativo da *entidade-efeito* e arrastar esse estado para o cruzamento, ou célula, que pretende. Através desta acção está a representar uma relação de causalidade - a mudança de estado da *entidade-causa*, provoca a mudança, ou manutenção, de estado da *entidade-efeito*, tendo em conta o estado anterior da *entidade-efeito*. Na *Tabela de relacionamento* o autor tem a possibilidade de definir os estados iniciais das entidades, através dos *botões de opção* que estão posicionados ao lado de cada estado.

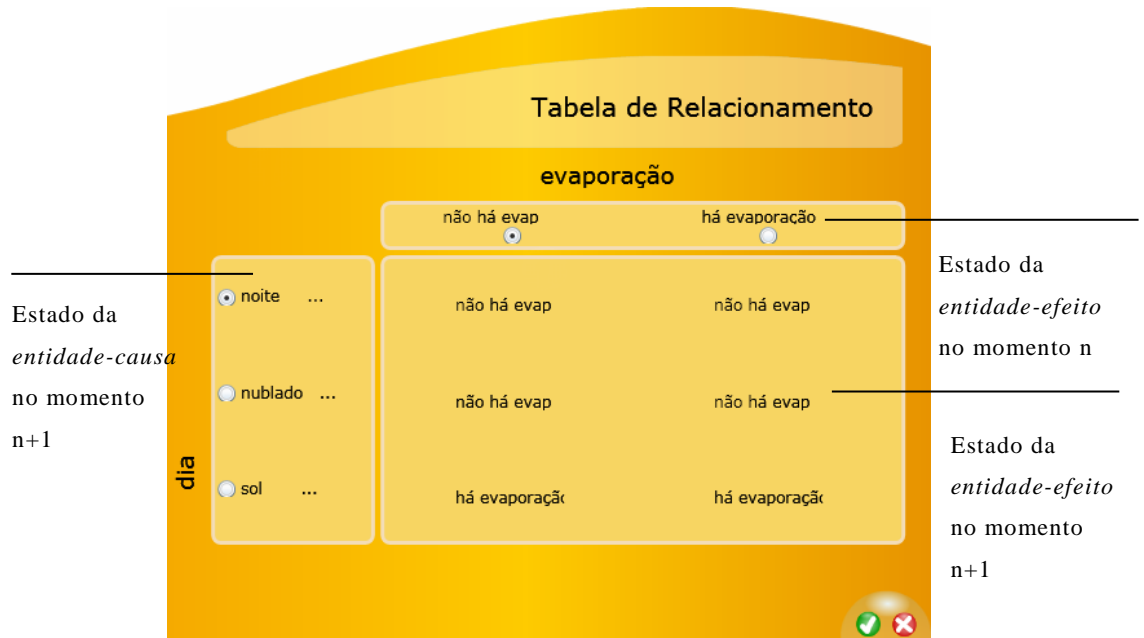


Figura V.18 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento de um modelo de tipo *causa-efeito*.

Nos modelos de *interacção* o resultado do cruzamento de estados qualitativos das *entidades-causa* será um dos estados qualitativos da terceira entidade, a *entidade-efeito* (Figura V.19).

		Entidade 1-causa		
		Pouco	Normal	Muito
Entidade 0 - causa	Pouco	Pouco-efeito	Pouco-efeito	Pouco-efeito
	Normal	Pouco-efeito	Pouco-efeito	Pouco-efeito
	Muito	Pouco-efeito	Pouco-efeito	Pouco-efeito
Entidade 2 -efeito		Pouco-efeito	Normal	Muito

**Figura V.19 – Simulkids, Tabela de relacionamento de um modelo de tipo *interacção*.**

Nos cabeçalhos da *Tabela de relacionamento* dos modelos de tipo *interacção* estão descritos todos os estados qualitativos das *entidades-causa*. Na parte inferior da tabela estão representados os estados qualitativos da *entidade-efeito*. A cada estado da *entidade-efeito* está associado um ícone que permite, ou não, bloquear a mudança de estado. Se o autor definir um estado qualitativo da *entidade-efeito* como bloqueado, independentemente dos estados qualitativos das *entidades-causa*, esse estado da *entidade-efeito* mantêm-se inalterado. Para preenchimento da tabela o autor deverá em cada célula identificar um dos estados qualitativos da *entidade-efeito*, representando assim uma conjugação possível dos estados qualitativos das *entidades-causa*.

## V.5. Georreferenciação de modelos e de simulações

Uma das características diferenciadoras da metodologia *M4K* é a possibilidade do aluno avaliar o desempenho de modelos/simulações de acordo com a sua localização geográfica. A georreferenciação de modelos e de simulações permite que o aluno compreenda a importância da localização e o impacto de uma variável georreferenciada na execução de modelos/simulações, como, por exemplo, a precipitação, a insolação, a temperatura máxima ou mínima do ar, a humidade do solo, etc.

A execução do *Simulkids* está sempre associada a uma localização. O *Simulkids* só pode ser executado em *placemarks* do Portal do projecto *SchoolSenses@Internet*. Ao criarem um novo modelo, ou ao reutilizarem um modelo previamente guardado noutra localização, o aluno ou o professor têm que criar, ou seleccionar, um *placemark Google Earth* e, automaticamente, o modelo fica, ou está, associado a essa localização (Figura V.20).

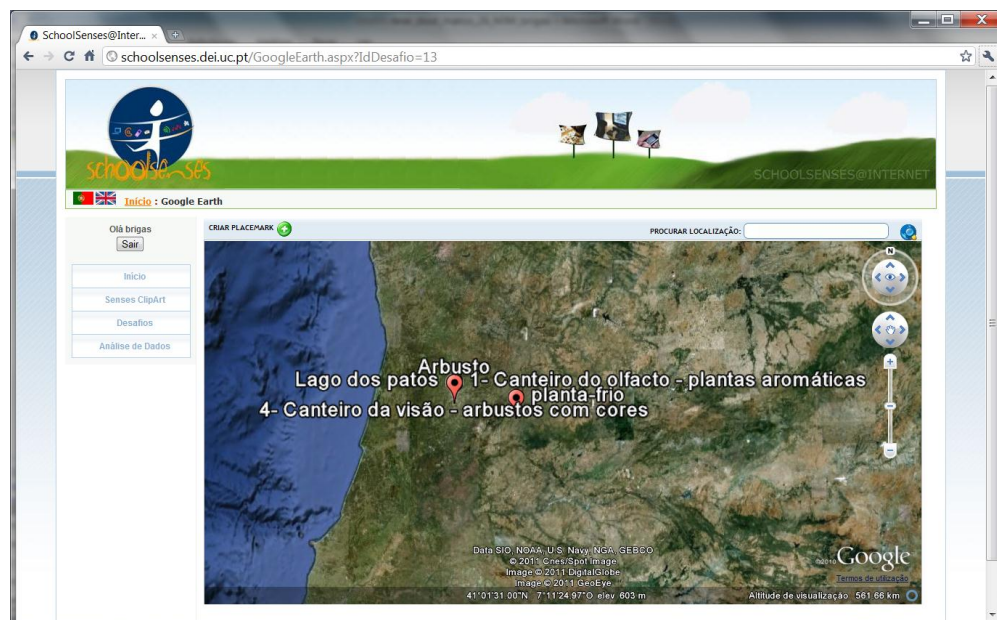
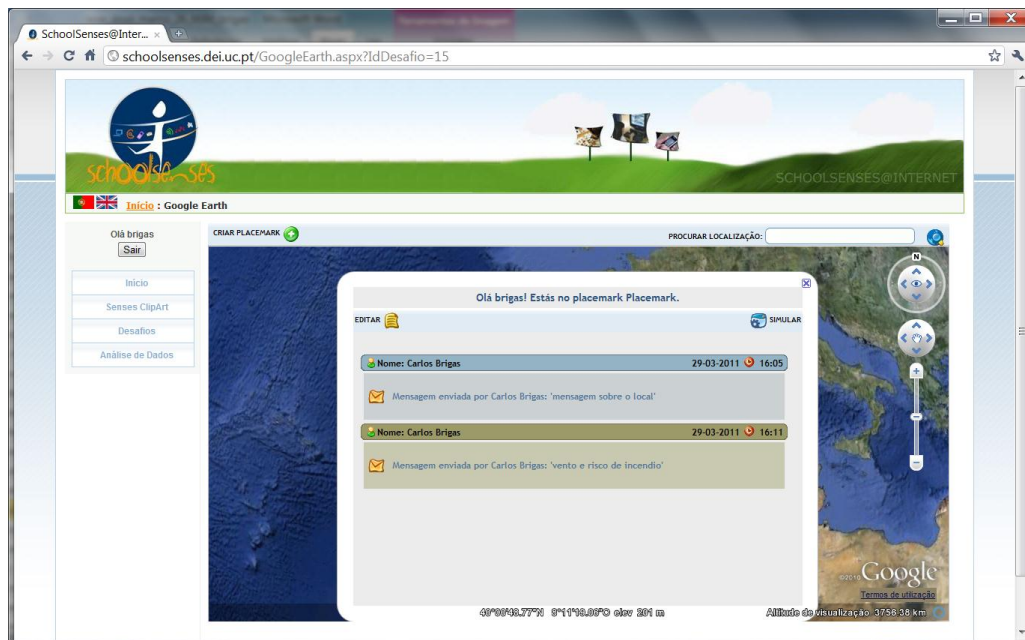


Figura V.20 – *Simulkids*, *placemark* de um modelo, usando o *Google Earth*.

Depois de criado um *placemark*, através da sua janela, é possível outros utilizadores acederem ao modelo/simulação ou editarem-nos, alterando-os,

*clicando* no ícone *Simular* (Figura V.21). No âmbito do projecto *SchoolSenses@Internet*, é ainda possível colocarem outro tipo de mensagens, mas esses aspectos caem fora do âmbito desta tese.



**Figura V.21 – *SchoolSenses@Internet*, edição de um placemark.**

Apesar de todos os modelos terem associada uma localização, o seu comportamento só é influenciado por dados georreferenciados se o autor definir a *Tabela de relacionamento georreferenciada*. Se o autor pretender que a execução do modelo seja georreferenciada tem que seleccionar a variável georreferenciada que vai influenciar o desempenho do modelo. No protótipo desenvolvido, o autor tem apenas a possibilidade de optar por dados que representam as temperaturas médias ou os valores médios de precipitação para Portugal Continental. A actualização dos valores médios poderá ser feita através da actualização dos mapas, disponíveis no sítio do Instituto de Meteorologia<sup>55</sup>, com os dados de cada ano. Optou-se por georreferenciar apenas os dados da temperatura média e da precipitação média devido à abrangência da utilização destas variáveis no currículo do 1º ciclo e aos conhecimentos que os alunos possuem sobre a importância que a precipitação

<sup>55</sup> Página de acompanhamento do clima do Instituto de Meteorologia, <http://www.meteo.pt/pt/oclima/acompanhamento/>, acedida em Maio de 2011.

e a temperatura têm na natureza ou nos fenómenos com que lidam diariamente. Mas mais seriam possíveis como o nível de poluição, o tipo de solos, o tipo de florestas, etc.



Figura V.22 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento georreferenciada (sem afectação).

No *Simulkids* a influência dos dados georreferenciados num modelo é definida através da redefinição dos comportamentos da *entidade-efeito* na *Tabela de relacionamento georreferenciada*. Na parte superior da janela de *Dados de Georreferenciação* (Figura V.22) os utilizadores visualizam os valores médios de temperatura e de precipitação de acordo com a localização do *placemark* do modelo/simulação.

Na primeira coluna da segunda tabela estão representados os intervalos de valores da variável georreferenciada seleccionada (no exemplo da Figura V.22, temperatura). No cabeçalho das colunas desta tabela estão representados os estados qualitativos da *entidade-efeito*. A influência da variável georreferenciada é representada em cada célula desta tabela através da redefinição dos estados qualitativos da *entidade-efeito* e resulta do

cruzamento de cada estado qualitativo desta entidade com um intervalo de valores da variável georreferenciada.

Na *Tabela de relacionamento georreferenciada* estão descritos os comportamentos da *entidade-efeito* de acordo com a sua localização. No caso do intervalo de valores não influenciar a entidade não é necessário preencher a célula e o comportamento far-se-á de acordo com a *Tabela de relacionamento*. No exemplo da Figura V.22 o comportamento da *entidade-efeito* não está a ser influenciado. Mas na Figura V.23 passa-se o contrário - a entidade está a ser influenciada pela variável temperatura. Se a temperatura no local se situar no primeiro intervalo, 0-5, o estado da *entidade-efeito* nunca assume os valores *elevado*, *muito elevado* e *máximo*, passando o seu valor a ser representado pelo estado *moderado*.



Figura V.23 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento georreferenciada (com afectação).



## V.6. Tipos de actividades

A metodologia *M4K* possibilita a realização de actividades de modelação e de actividades de simulação. A selecção do tipo de actividades depende dos objectivos estabelecidos para a sua realização, do contexto de utilização, do tempo disponível, etc. Uma actividade de modelação caracteriza-se pela manipulação de um modelo, que se pode basear na sua construção ou na sua exploração. Numa actividade de modelação o aluno pode construir um modelo, modificar os seus parâmetros ou simplesmente verificar o comportamento do mesmo. Uma actividade de simulação caracteriza-se pela utilização de um modelo, onde o aluno apenas pode alterar e redefinir alguns parâmetros das entidades representadas, não podendo alterar o esquema funcional do modelo representado.



Figura V.24 – *Simulkids*, janela de definição de tipo de actividades.

No *Simulkids*, através da janela *Bloquear* (Figura V.24), o autor de um modelo tem acesso às opções de restrição de edição de modelos. É possível bloquear a edição da *Tabela de relacionamento*, a edição ou mesmo a visualização dos estados qualitativos das entidades. A ferramenta permite bloquear a manipulação integral ou parcial das entidades, dos estados qualitativos e das Tabelas de relacionamento, georreferenciada e de entidades. O autor ao limitar o acesso a opções que definem o comportamento do modelo está a implementar uma actividade de simulação. Caso contrário, se o professor pretender implementar uma actividade de modelação e que os alunos avaliem o impacto de cada um dos elementos, ou que testem outras possibilidades de comportamento do sistema modelado, deverá permitir praticamente uma interacção ilimitada, para que tenham a possibilidade de alterarem e editarem os estados qualitativos das entidades, a *Tabela de relacionamento* e a *Tabela de relacionamento georreferenciada*.

## **V.7. Edição de conteúdos de apoio**

Como já foi referido no capítulo anterior, a planificação e o apoio às actividades de modelação ou de simulação são fundamentais para que os alunos possam alcançar os objectivos delineados pelo professor para a actividade em causa (Figura V.25).

No *Simulkids* o professor pode adicionar conteúdos de apoio na área de *Informação do Modelo/Simulação*. A área de conteúdos irá permitir ao professor anexar ao modelo, ou à simulação:

- Informações adicionais sobre o modelo/simulação,
- As regras de utilização do mesmo/mesma,
- Os objectivos de aprendizagem,
- As estratégias de aprendizagem,
- Informações sobre as formas de interacção com o modelo/simulação,
- As actividades que o aluno pode realizar.



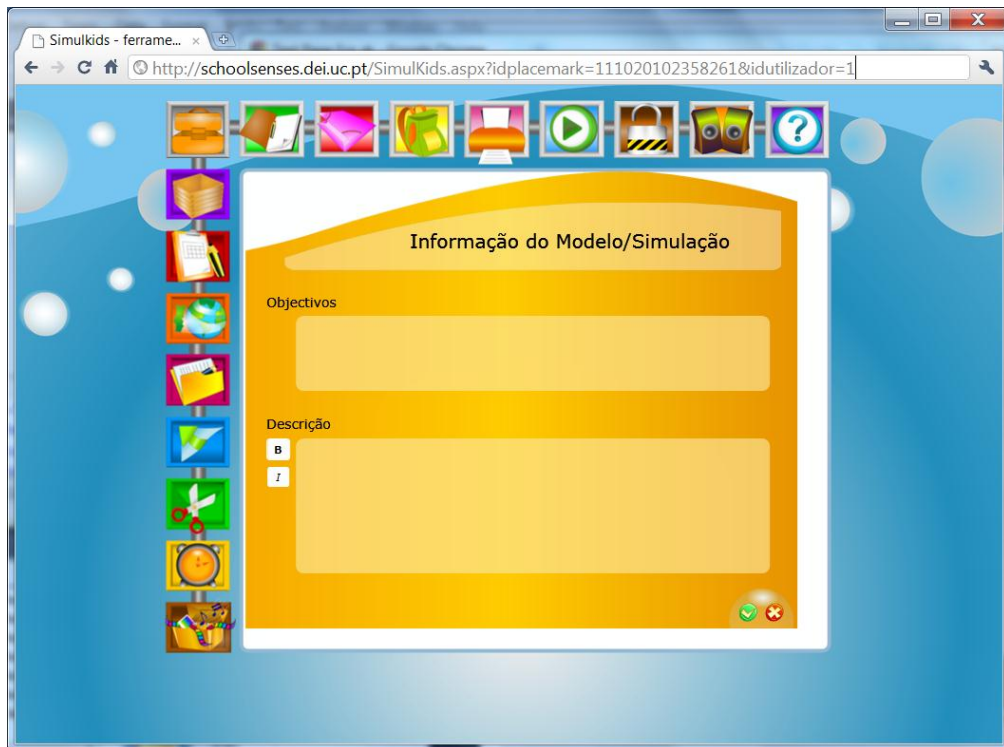


Figura V.25 – *Simulkids*, janela de edição de conteúdos de apoio.

## V.8. Execução de modelos

O aluno só pode executar um modelo se este estiver correctamente representado. No caso dos modelos do tipo *causa-efeito* ou *interacção* a *Tabela de relacionamento* tem que estar preenchida.

No modo de execução dos modelos *causa-efeito* ou de *interacção*, as *entidades-causa* possuem ícones associados que permitem aos utilizadores alterar o seu estado qualitativo (Figura V.26). Sempre que seja seleccionado um desses ícones de mudança de estado, o estado final da respectiva entidade será um dos seus estados adjacentes, de acordo com a lista de estados qualitativos que definem o seu comportamento. Nos modelos *causa-efeito* o estado final da *entidade-efeito* será calculado através do cruzamento de estados qualitativos da *entidade-causa* e da *entidade-efeito* e das relações representadas na *Tabela de relacionamento*. Nos modelos de *interacção* o

estado final da *entidade-efeito* resulta do cruzamento dos estados qualitativos das *entidades-causa* na *Tabela de relacionamento*. Nos modelos do tipo *entidade* o modo de execução é idêntico ao dos tipos de modelos anteriores, a entidade tem associado ícones que permitem modificar o estado qualitativo seleccionado.



**Figura V.26 – *Simulkids*, execução de um modelo *causa-efeito*.**

Como referimos anteriormente, a execução de um modelo qualitativo não está associada a uma sequência temporal de estados, apenas existe uma sucessão de ocorrências de mudanças de estado de cada uma das entidades que compõem o modelo. No modo de execução do *Simulkids* o utilizador tem a possibilidade de visualizar um histórico sobre as opções que efectuou, quais os estados qualitativos da(s) *entidade(s)-causa* que seleccionou e quais os efeitos que provocaram no estado da *entidade-efeito*. O *histórico* de estados permite ao utilizador visualizar o comportamento do modelo de duas formas distintas: através de uma tabela ou através de um gráfico. Na Figura V.27 podemos observar o histórico do comportamento de um modelo de *interacção*.

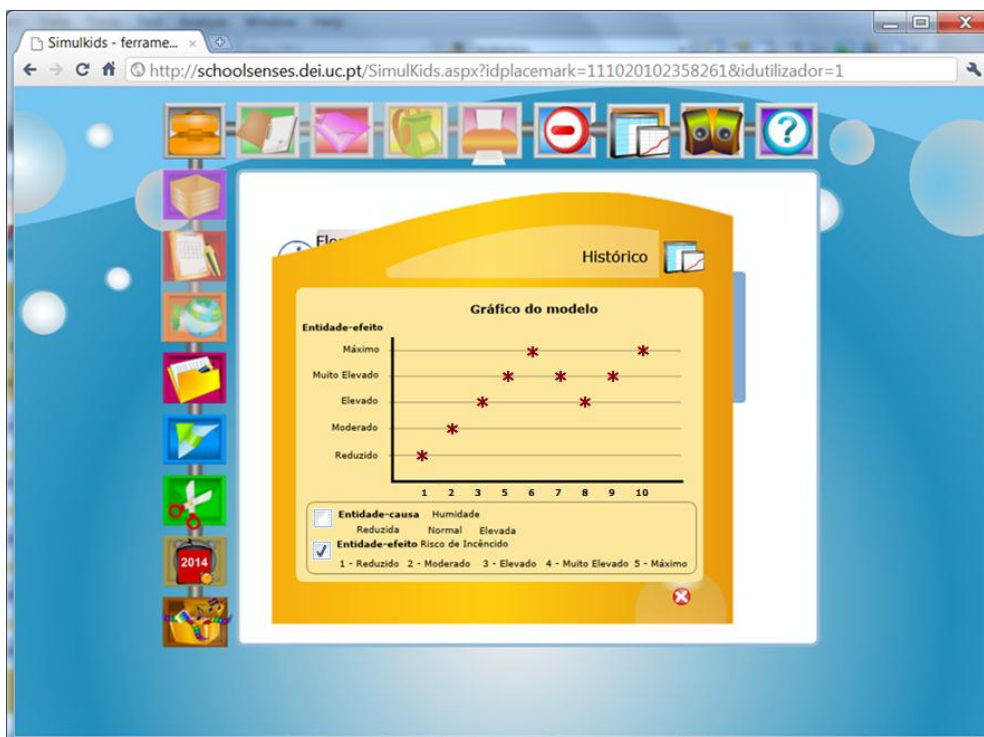


**Figura V.27 – *Simulkids*, janela de histórico de estados durante a execução de um modelo/simulação (representação tabular).**

Em cada linha da tabela estão representados os estados das entidades num determinado momento de execução do modelo. A uma alteração do estado qualitativo de uma das *entidades-causa* irá estar associado um estado da *entidade-efeito* de acordo com o que foi definido nas tabelas de relacionamento.

A opção gráfico permite ao aluno visualizar um histórico através de um gráfico do tipo dispersão que mostra as relações entre os estados qualitativos das entidades e que reflecte o comportamento do modelo de acordo com as opções seleccionadas pelo aluno. Num gráfico que representa um modelo do tipo *entidade* o eixo dos XX está associado à sequência de alterações de estados qualitativos; no eixo dos YY estão representados os estados qualitativos da *entidade*. Os dados relacionam o estado qualitativo em cada um dos *momentos* da execução do modelo. Nos modelos do tipo *causa-efeito* e de *interacção* o eixo dos XX tem representado a sequência de alterações de

estados qualitativos; o eixo dos YY tem representado os estados qualitativos da entidade seleccionada (Figura V.28).



**Figura V.28 – *Simulkids*, gráfico de histórico de estados durante a execução de um modelo/simulação (representação gráfica).**

## V.9. Implementação de modelos

Nesta secção iremos descrever o processo de representação dos vários tipos de modelos na aplicação *Simulkids*.

### V.9.1 Do tipo causa-efeito

O modelo que vamos mostrar representa os possíveis efeitos do aumento da temperatura global no meio ambiente. É um modelo do tipo *causa-efeito* e como *entidade-causa* identificámos a entidade *Temperatura*, como sendo a entidade que provoca as alterações no sistema. A *entidade-efeito* podia

representar o aumento do nível do mar, o desaparecimento de espécies, o desaparecimento de glaciares, entre outros. Neste exemplo optámos por definir como *entidade-efeito* a entidade *Ambiente*, integrando numa só entidade todos os possíveis efeitos do aumento da *Temperatura* no ecossistema, optando desta forma por uma representação *macro* do sistema. A Tabela V.3 apresenta os estados qualitativos que definem os comportamentos de cada entidade.

<i>Entidade-causa: Temperatura</i>	<i>Entidade-efeito: Ambiente</i>
Temperatura média normal	Ambiente sem alterações
Temperatura acima da média	Ambiente com poucas alterações
Temperatura muito acima da média	Ambiente com muitas alterações

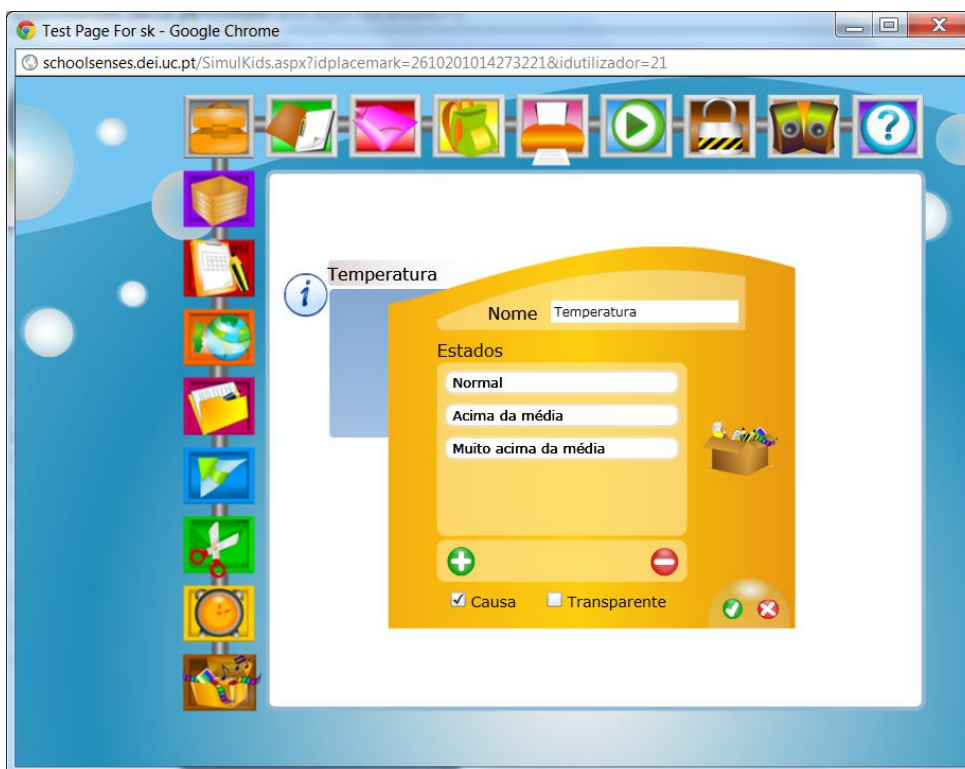
**Tabela V.3 – Estados qualitativos do modelo Aumento de temperatura global.**

Relativamente ao comportamento do modelo definimos que um aumento pouco acentuado da temperatura provoca poucas alterações no ambiente e só com um aumento muito elevado da temperatura média é que se registam alterações drásticas e irreversíveis no ambiente. De acordo com o estabelecido, a Tabela V.4 apresenta a *Tabela de relacionamento* que contém todos os estados possíveis do modelo.

		<i>Ambiente</i>		
		<i>Ambiente sem alterações</i>	<i>Ambiente com poucas alterações</i>	Ambiente com muitas alterações
<i>Temperatura</i>	<i>Temperatura média normal</i>	<i>Ambiente sem alterações</i>	<i>Ambiente sem alterações</i>	Ambiente com muitas alterações
	<i>Temperatura acima da média</i>	<i>Ambiente com poucas alterações</i>	<i>Ambiente com poucas alterações</i>	Ambiente com muitas alterações
	<i>Temperatura muito acima da média</i>	Ambiente com muitas alterações	Ambiente com muitas alterações	Ambiente com muitas alterações

**Tabela V.4 – Tabela de relacionamento do modelo Aumento de temperatura global.**

A representação do modelo inicia-se com a selecção do tipo de modelo. Na fase seguinte é necessário criar as entidades que constituem o modelo e para cada uma é necessário definir os seus estados qualitativos. Na Figura V.29 podemos observar todos os estados qualitativos da *entidade-causa* deste modelo. Através da ferramenta gráfica do *Simulkids* é possível associar a cada estado qualitativo elementos de texto, geométricos e multissensoriais.



**Figura V.29 – *Simulkids*, definição do comportamento da entidade *Temperatura*.**

Neste exemplo optámos por inserir uma imagem do *clipart* multissensorial (Figura V.30).





Figura V.30 – *Simulkids*, definição da aparência de um estado qualitativo.

De seguida é possível efectuar o preenchimento da *Tabela de relacionamento*. Esta operação só pode ser realizada após a representação das entidades, da definição dos estados qualitativos de cada entidade e da selecção da *entidade-causa*. O preenchimento da tabela é uma operação simples, onde o autor tem que seleccionar um dos estados qualitativos da *entidade-efeito* e arrastá-lo para uma das células da tabela (Figura V.31). Depois de realizadas estas etapas é possível executar o modelo e visualizar o comportamento do sistema correspondente.

No modo de execução os ícones de alteração de estado, setas amarelas na Figura V.32, permitem a selecção de outro estado qualitativo para a *entidade-causa*. Sempre que seja necessário alterar ou testar novas opções o modo de execução deverá ser interrompido.



Figura V.31 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento do modelo Aumento de temperatura global.

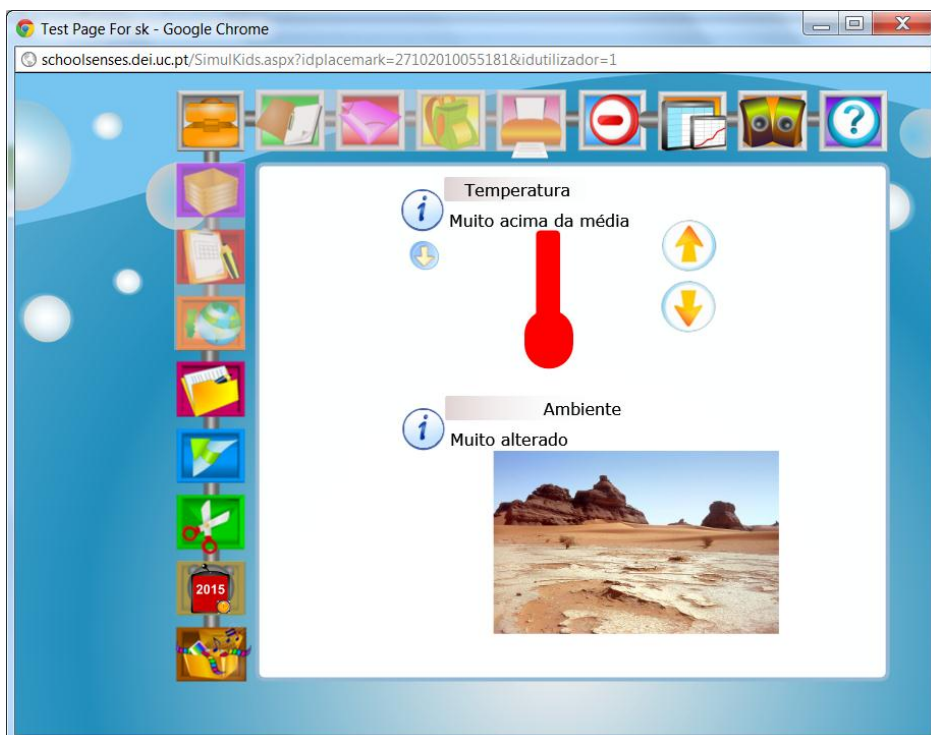


Figura V.32 – *Simulkids*, execução do modelo Aumento de temperatura global.



## V.9.2 Do tipo entidade

A implementação de modelos do tipo *entidade* tem como principal objectivo averiguar o comportamento de uma entidade e de como a sua localização geográfica pode influenciar o seu comportamento. A representação de um modelo implica a definição da entidade e dos estados qualitativos que representam o seu comportamento. Neste tipo de modelo o autor tem que seleccionar a variável externa georreferenciada que influencia o comportamento da entidade, humidade ou temperatura, e definir o comportamento da entidade para cada intervalo de valores da variável externa.

A Tabela V.5 possui os estados qualitativos da entidade *planta*, que descrevem as fases de crescimento de uma planta. A construção de um modelo *entidade* com a entidade *planta* tem como objectivo analisar o crescimento das plantas em diferentes localizações geográficas, o que possibilita verificar a importância dos factores temperatura e humidade no seu crescimento. Neste exemplo considerámos que a planta representada é uma planta mesófito, isto é, requer uma abundante disponibilidade de água no solo e uma atmosfera relativamente húmida.

---

---

<i>Entidade: Planta</i>
Por germinar
Germinação
Crescimento
Maturidade

---

---

**Tabela V.5 – Estados qualitativos da entidade *planta*.**

A definição da *Tabela de relacionamento georreferenciada* do modelo, Figura V.33, condiciona o comportamento normal da entidade *planta*. Como se pode verificar na Figura V.33, os valores de precipitação da localização geográfica, onde está referenciada a execução do modelo, irão afectar o comportamento da entidade. Neste caso se existir uma precipitação média inferior a 50 *mm* a

semente da planta não germina; para valores de precipitação superiores a 50 mm e inferiores a 150 mm a semente germina, mas não passa para a fase de crescimento. Para níveis de precipitação entre 100 mm e 150 mm a planta não atinge a maturidade. No caso de valores médios de precipitação superiores a 150 mm a planta tem o comportamento definido através dos seus estados qualitativos.



Figura V.33 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento georreferenciada do modelo Crescimento de uma planta.

### V.9.3 Do tipo interacção

O processo de implementação de modelos de *interacção* é semelhante à construção de modelos *causa-efeito*, descritos na secção V.9.1. Nestes modelos é necessário inserir uma segunda *entidade-causa*. A *Tabela de relacionamento* dos modelos de *interacção* irá descrever as influências das duas *entidades-causa* no comportamento da *entidade-efeito*. Para ilustrarmos a utilização destes modelos, utilizámos um modelo que permite analisar a importância de determinados factores na evolução da população de uma dada espécie.

Na Tabela V.6 estão descritas as entidades e os estados qualitativos de cada uma.

<i>Entidade-causa:</i> <i>Raposas</i>	<i>Entidade-causa:</i> <i>Quantidade de alimentos</i>	<i>Entidade-efeito:</i> <i>População de coelhos</i>
pequena	pouca	pequena
média	média	média
grande	muita	grande

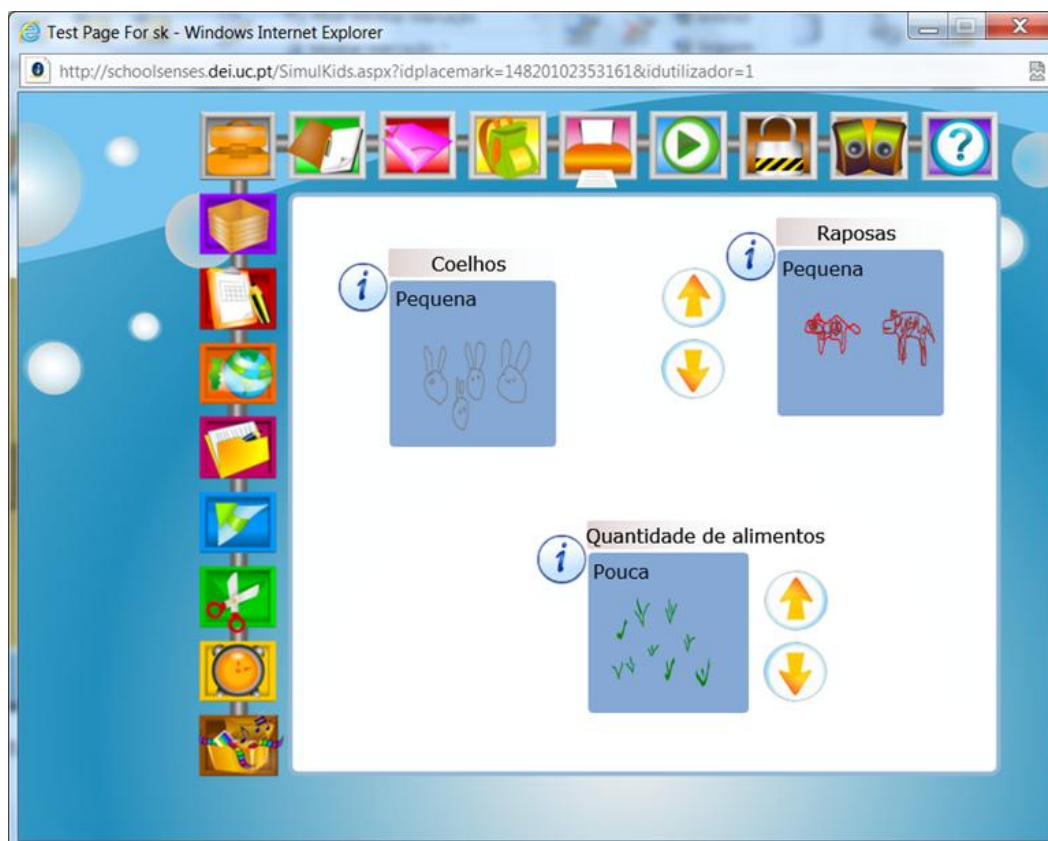
**Tabela V.6 – Estados qualitativos das entidades do modelo de Interação entre duas espécies.**

A *Tabela de relacionamento* do modelo está definida na Figura V.34 e estabelece: a população de coelhos aumenta se existir um aumento da quantidade de alimentos disponíveis e se a população de raposas não for muito grande; uma população de raposas muito grande ou uma redução de alimentos implica uma redução na população de coelhos.



**Figura V.34 – Simulkids, Tabela de relacionamento do modelo de Interação entre duas espécies.**

Após o preenchimento da *Tabela de relacionamento* é possível visualizar o comportamento do modelo, modo de execução. Neste modo é possível, através dos ícones de alteração de estado, modificar os estados qualitativos das *entidades-causa* (Figura V.35).



**Figura V.35 – Simulkids, execução do modelo de Interação entre duas espécies.**

Em qualquer tipo de modelo é possível influenciar o seu comportamento com base na sua localização geográfica e na definição da *Tabela de relacionamento georreferenciada*. Neste modelo definimos, na *Tabela de relacionamento georreferenciada*, que um ambiente com temperaturas extremas, sejam elas reduzidas ou elevadas, provocam alterações no comportamento da população de coelhos (Figura V.36).



Figura V.36 – *Simulkids*, Tabela de relacionamento georeferenciada do modelo de Interacção entre duas espécies.

## V.10. Conclusão

Neste capítulo tivemos como objectivo principal apresentar uma ferramenta-autor de modelação e de simulação qualitativa, destinada a alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, desenvolvida com base na metodologia *Modelling for Kids*, à qual chamámos *Simulkids*. Foi também nosso objectivo desenvolver e disponibilizar uma ferramenta-autor que permitisse aos alunos realizar actividades de modelação ou de simulação multissensoriais georeferenciadas sem ser necessário conhecimentos específicos e avançados sobre uma metodologia ou uma linguagem de programação. A representação de um modelo baseia-se num método amplamente utilizado pelos alunos deste nível de ensino, a representação tabular. De forma idêntica utilizámos a

representação tabular para georreferenciar os modelos e condicionar o seu comportamento à sua localização geográfica.

Apresentámos ainda exemplos de implementação dos três tipos de modelos que é possível criar através da ferramenta *Simulkids*. Estes exemplos demonstram também a abrangência de utilização das actividades de modelação, de simulação e da própria ferramenta.

No Capítulo VI iremos descrever a avaliação que efectuámos à metodologia *Modelling for Kids* e à ferramenta-autor *Simulkids*. Nas sessões realizadas foram utilizados diversas versões da ferramenta, que resultaram da aplicação das indicações obtidas em sessões prévias com os alunos e com os professores. No decorrer da avaliação procurámos verificar as dificuldades sentidas pelos alunos na implementação de modelos e na execução de modelos/simulações, avaliar a qualidade dos modelos desenvolvidos e a diversidade de representação de modelos de sistemas dinâmicos que é possível atingir com esta abordagem.

## Capítulo VI. Validação das propostas apresentadas

### VI.1. Introdução

Com o objectivo de validarmos a ferramenta-autor *Simulkids* e de comprovarmos as potencialidades da metodologia *Modelling for Kids (M4K)* para apoio à realização de actividades de modelação e de simulação, implementámos um conjunto de oficinas com alunos e professores do 1º ciclo do Ensino Básico. A sua realização teve também como objectivos avaliar a relevância da implementação de actividades de modelação e de simulação em ambientes educativos e verificar a diversidade de áreas curriculares onde, recorrendo à metodologia *M4K* e à ferramenta-autor *Simulkids*, podem ser implementadas.

Ao avaliarmos a ferramenta *Simulkids* pretendemos obter informação sobre determinados aspectos, nomeadamente:

- O tempo de adaptação à ferramenta;
- A dificuldade que existe na compreensão da metáfora utilizada para representar um modelo;
- A utilidade das opções que se encontram na aplicação;
- O nível de aceitação da ferramenta e qual a sua utilidade no processo de ensino/aprendizagem.

## **VI.2. Oficinas**

Todas as sessões de trabalho das oficinas decorreram em ambiente de sala de aula, excepto uma, que se realizou numa sala de informática de uma outra instituição, devido às limitações que existiam na utilização de equipamento informático na sala de aula da turma. Nas sessões promovidas participaram cerca de 150 alunos do 1º ciclo do Ensino Básico dos distritos de Coimbra, Guarda e Viseu. Todos os alunos tinham uma idade entre os 8 e os 10 anos e estavam a frequentar o 4º ano do 1º ciclo do Ensino Básico. Nas diversas sessões os professores participaram de uma forma activa na implementação das actividades e forneceram informações valiosas para a realização deste projecto de investigação.

### **VI.2.1 1ª oficina – Alterações climáticas**

Esta oficina decorreu na Escola básica dos 1.º e 2.º ciclos João de Barros. Participaram vinte alunos do 4º ano do 1º ciclo do Ensino Básico e o tema foi as “Alterações climáticas – Cheias/Secas”. Nesta oficina realizámos duas sessões com a duração de três horas cada, com um intervalo de uma semana. A actividade respeitante a este trabalho decorreu em simultâneo com outras actividades do projecto *SchoolSenses@Internet*.

Na primeira sessão a equipa de investigação definiu como objectivos analisar as dificuldades sentidas pelos alunos na utilização de aplicações de simulação que incluíssem informação multissensorial e da ferramenta *Google Earth*. Pediu também às crianças que criassem uma história que representasse os efeitos das alterações climáticas usando o editor gráfico *Kid Pix Deluxe 4*<sup>56</sup>. Na segunda sessão e relativamente à utilização da aplicação de simulação, a equipa de investigação questionou e avaliou os conhecimentos adquiridos na

---

<sup>56</sup> *Houghton Mifflin Harcourt*, <http://www.hmhinnoation.com/index.php>, acedido em Março de 2011.



primeira sessão e verificou de que forma é que as crianças reutilizavam a aplicação sempre que, no decorrer da sessão, era necessário recordar conceitos referidos na primeira sessão.

A aplicação de simulação utilizada nesta oficina foi um protótipo desenvolvido especificamente para as actividades em *Adobe Flash*<sup>57</sup>. Simulava o impacto das alterações climáticas no meio ambiente (Figura VI.1).



**Figura VI.1 – Ecrã principal da aplicação de simulação da sessão “Alterações climáticas, Cheias/Secas”.**

Na aplicação estavam representados elementos geográficos como lagoas, montanhas, rios e orlas costeiras, bem como elementos que sugeriam a presença de vida humana e o equilíbrio ambiental de uma determinada região. Os alunos tinham a possibilidade de alterar os valores da temperatura e do nível de precipitação, que podiam afectar e alterar os elementos representados

<sup>57</sup> *Adobe Flash Professional*, <http://www.adobe.com/products/flash.html>, acedido em Março de 2011.

e cujos efeitos eram perceptíveis através de alterações de forma, de cor e da presença/ausência de sons associados aos elementos<sup>58</sup>. Depois de manipularem as variáveis podiam visualizar o impacto das opções tomadas na paisagem representada.

### **VI.2.1.1 Objectivos**

Nesta sessão e relativamente à utilização da simulação a equipa de investigação pretendia:

- Identificar quais as dificuldades que os alunos tinham na utilização de uma simulação.
- Avaliar se os alunos identificavam quais os processos e as relações que estavam representadas na aplicação.
  - Verificar se os alunos compreendiam os efeitos no meio ambiente quando se verifica um aumento, ou uma diminuição, de precipitação e um aumento, ou uma diminuição, da temperatura média de uma região.
  - Averiguar se os alunos reconheciam as causas das inundações e das secas.
- Verificar a importância da informação multissensorial na representação de fenómenos.

### **VI.2.1.2 Descrição**

A utilização da simulação ocorreu após uma apresentação oral, na qual se descreveu de uma forma pormenorizada os efeitos provocados pelas alterações climáticas e qual o papel que o homem tem tido nas mesmas. Após a apresentação, os alunos utilizaram o protótipo, que simulava um ecossistema onde era possível variar os parâmetros precipitação e temperatura (Figura VI.2).

---

<sup>58</sup> Podia-se ver as velas do moinho a rodar, ouvir o vento a soprar ou a chuva a cair, por exemplo.



**Figura VI.2 – Alunos e membros da equipa de investigação a utilizar a simulação “Alterações climáticas, Cheias/Secas”.**

Na aplicação era possível aos alunos acederem a uma área de informações sobre os fenómenos simulados (Figura VI.3). No caso das cheias, na área de *informação de apoio* da aplicação, foram identificadas algumas regiões onde podem ocorrer inundações, em particular qual a área sujeita a inundações no caso do rio Mondego (Baixo-Mondego), e quais os efeitos por elas provocados.

Foi proposto aos alunos a utilização da aplicação de forma a compreenderem:

- Quais os fenómenos simulados,
- As causas e os efeitos das alterações climáticas.



**Figura VI.3 – Informação de apoio na simulação “Alterações climatéricas, Cheias/Secas”.**

A utilização da simulação ocorreu sem haver uma introdução de como deveria ser utilizada, para permitir identificar quais as dificuldades sentidas no seu uso e na compreensão dos fenómenos representados.

## **VI.2.2 2ª Oficina – Análise do impacto da poluição nos rios**

Tendo em conta o tema do projecto do Agrupamento de escolas da Área Urbana da Guarda, no ano lectivo de 2007/2008, o tema escolhido para esta oficina foi analisar as causas e os impactos da poluição nos rios. Nesta actividade participaram vinte e duas crianças do 4º ano da Escola básica do 1.º ciclo de Adães Bermudas e a mesma teve a duração de duas horas e trinta minutos.

### VI.2.2.1 Objectivos

Com a realização desta sessão a equipa de investigação pretendeu verificar se os alunos deste nível etário conseguiam representar modelos e, desta forma, realizar actividades de modelação. A realização de actividades de modelação permitiria à equipa de investigação validar o processo de representação de um sistema dinâmico descrito pela metodologia *M4K* e a metáfora utilizada no primeiro protótipo da ferramenta *Simulkids* para representar um modelo qualitativo.

### VI.2.2.2 Descrição

A oficina iniciou-se com uma breve apresentação, seguida de debate, sobre a poluição e os seus diferentes tipos, em particular a poluição dos rios e quais as suas principais causas.

Tendo como objectivo a realização de uma actividade de modelação que implicava a criação de um modelo, de acordo com a metodologia definida pela *M4K*, os alunos deveriam:

- Identificar as entidades que representam o modelo.
- Definir os estados qualitativos para cada uma dessas entidades.
- Identificar os relacionamentos de causa-efeito e preencher a *Tabela de relacionamento*.
- Representar o modelo na ferramenta *Simulkids*.

A oficina iniciou-se com uma breve apresentação, seguida de debate, sobre a poluição e os seus diferentes tipos, em particular a poluição dos rios e quais as suas principais causas.

Depois do debate, foi pedido aos alunos que identificassem a causa principal da poluição dos rios. Todos os alunos indicaram os esgotos como sendo essa causa, o que permitiu identificar no modelo a *entidade-causa*, esgotos. Os alunos sugeriram que a *entidade-efeito* seria o nível de poluição nos rios.

Na fase seguinte, as crianças associaram a cada entidade os estados qualitativos que representavam o comportamento das entidades do sistema (Tabela VI.1). Para cada entidade, a maioria das crianças identificou três estados qualitativos (Figura VI.4 e Figura VI.5).

<i>Entidade-causa</i>	<i>Entidade- efeito</i>
Esgotos	Rio
Esgotos domésticos em pouca quantidade	Não poluído
Esgotos domésticos em grande quantidade	Poluído
Esgotos Industriais	Muito Poluído

**Tabela VI.1 – Entidades e estados qualitativos do modelo da poluição nos rios.**

Simultaneamente e de uma forma espontânea, os alunos definiram algumas relações de causalidade presentes no sistema, como podemos verificar através da análise da Figura VI.4 e da Figura VI.5.



**Figura VI.4 – Entidades e estados do modelo da poluição nos rios definidos pelos alunos (1).**



Os alunos associaram a cada estado das entidades imagens que lhes auxiliaram a representar e a compreender os estados qualitativos de cada uma (Figura VI.6).



**Figura VI.5 – Entidades e estados do modelo da poluição nos rios definidos pelos alunos (2).**



**Figura VI.6 – Selecção de imagens para os estados qualitativos das entidades do modelo da poluição nos rios.**

Depois de identificarem as entidades e os respectivos estados qualitativos, os alunos preencheram a *Tabela de relacionamento* no papel (Figura VI.7 e Figura VI.8). A equipa de investigação socorreu-se de exemplos de representações tabulares para que os alunos compreendessem o método de representação de relações de causalidade entre a *entidade-causa* e a *entidade-efeito*, conforme definido pela metodologia M4K.

Os alunos apresentaram várias soluções, de acordo com as considerações iniciais que os próprios estabeleceram (Figura VI.7 e Figura VI.8). Por exemplo:

- Alguns alunos consideraram que os rios têm a capacidade de se regenerar.
- Outros consideraram que os rios só ficam muito poluídos quando sofrem descargas de esgotos industriais perigosos.

		Rio		
		Não Poluído	Poluído	Muito Poluído
Esgotos	Esgotos domésticos menos quantidade	Não Poluído	Poluído	Muito Poluído
	Esgotos domésticos com maior quantidade	Poluído	Poluído	Muito Poluído
	Esgotos domésticos industriais	Muito Poluído	Muito Poluído	Muito Poluído

Figura VI.7 – Tabela de relacionamento do modelo da poluição nos rios (1).



		Rio		
		mão poluída	poluída	muito poluída
Esgotos	esgotos domésticos pouca quantidade	mão poluída	poluída	muito poluída
	domésticos grande quantidade	poluída	muito poluída	muito poluída
	industriais	muito poluída	muito poluída	muito poluída

Figura VI.8 – Tabela de relacionamento do modelo da poluição nos rios (2).

Com o objectivo de validarmos a metáfora utilizada na aplicação *Simulkids* para representação de entidades e de relacionamentos entre essas entidades, apresentámos aos alunos, de uma forma muito breve, a aplicação *Simulkids* (Figura VI.9). De seguida solicitámos aos alunos que representassem os modelos criados na aplicação.

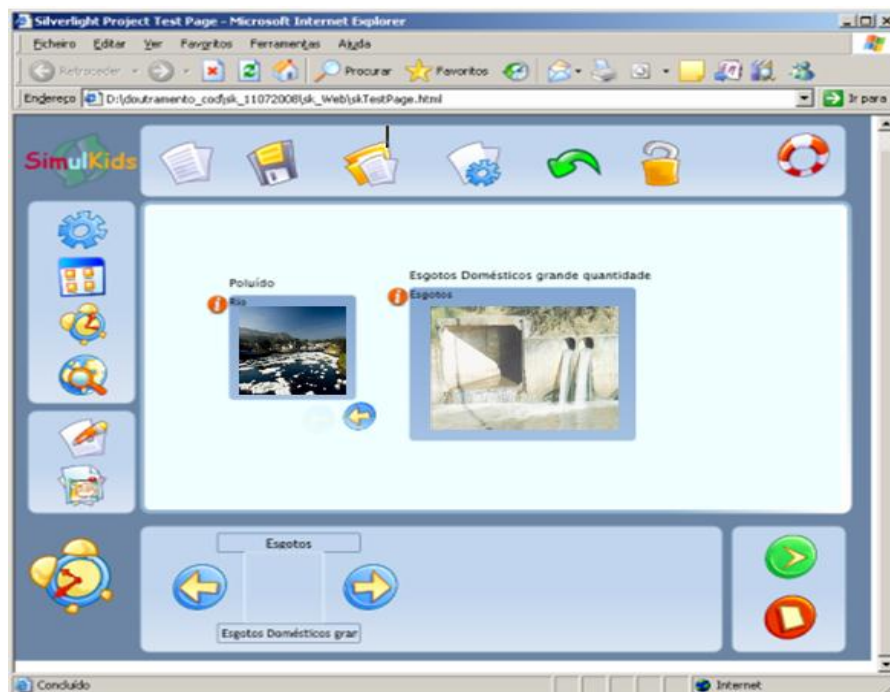


Figura VI.9 – Simulkids (1º protótipo), execução de um modelo de poluição nos rios.

### **VI.2.3 3ª Oficina – Utilização de energias renováveis versus energias fósseis**

A sessão que a equipa de investigação realizou na Escola básica de Celorico da Beira teve como tema as *Energias renováveis versus energias fósseis*. O tema foi sugerido pelo responsável para o 1º Ciclo do agrupamento e enquadrava-se nas actividades promovidas pelo agrupamento sobre energias renováveis. A sessão decorreu na sala de aula com dezasseis alunos do 4º ano do 1º ciclo e teve a duração de duas horas e trinta minutos.

#### **VI.2.3.1 Objectivos**

A oficina teve como objectivos pedagógicos permitir que os alunos identificassem as vantagens da utilização de energias renováveis para o meio ambiente, quais os impactos negativos da utilização de energias fósseis, nomear os diferentes tipos de energias renováveis que podem existir, formas de captação das mesmas e quais as suas limitações.

Nesta oficina o protótipo utilizado apresentava algumas alterações relativamente ao protótipo utilizado na oficina que referimos na secção VI.2.2. As alterações realizadas centraram-se no *design* da ferramenta. A equipa uniformizou o *design* de todas as ferramentas utilizadas no âmbito do projecto *SchoolSenses@Internet*, na edição de estados qualitativos e na forma de interacção dos utilizadores com os modelos no modo de execução. Era também objectivo dos investigadores verificar se as alterações efectuadas no protótipo simplificavam a representação de um modelo, a inserção de conteúdos multissensoriais e a execução de modelos.

Nesta oficina pretendíamos também verificar o grau de autonomia dos alunos e quais os conhecimentos básicos necessários para que os alunos pudessem utilizar a metodologia *M4K* na análise de fenómenos.

### VI.2.3.2 Descrição

A sessão iniciou-se com a resposta a uma ficha sobre energias renováveis (Anexo A). Após a resolução da ficha, procedeu-se à apresentação de pequenos filmes de animação sobre energias fósseis e qual o impacto provocado pela sua utilização no ambiente e na emissão de gases poluentes.

Promoveu-se um pequeno debate sobre os benefícios que existem na utilização de energias renováveis, formas de captação e factores que a influenciam. Foi pedido aos alunos que identificassem situações onde se podem utilizar energias renováveis, dando relevo à produção de energia eólica e solar, por ser um tipo de energia que os alunos reconheceriam mais facilmente, pois há uma utilização doméstica na captação deste tipo de energia.

A Figura VI.10 exemplifica o tipo de imagens que os alunos seleccionaram para representarem as energias renováveis e as energias fósseis. De referir que os alunos elegeram para representarem energias fósseis imagens que rapidamente podemos associar a níveis de poluição elevados.



**Figura VI.10 – Imagens relacionadas com a utilização de energia solar e de energia fósfil.**

Na fase seguinte da sessão, tivemos como objectivo que os alunos realizassem actividades de modelação utilizando a aplicação *Simulkids*. Propusemos-lhes que elaborassem um modelo que representasse o impacto das energias renováveis e das energias fósseis no meio ambiente.

Os alunos começaram por identificar as entidades que compõem o modelo. Todos os alunos identificaram a utilização de energia, tipo de energia, como uma entidade que pode causar poluição. A *entidade-efeito* que identificaram foi o nível de poluição do meio ambiente. A Tabela VI.2 apresenta os estados definidos pela maioria dos alunos. A cada entidade associaram os estados qualitativos que representam o seu comportamento.

<i>Entidade-causa :</i> <i>Utilização de energia</i>	<i>Entidade-efeito :</i> <i>Nível de poluição do ambiente</i>
Energia solar	Sem poluição por CO2
Energia solar e Energia fóssil	Poluição por CO2 reduzida
Energia fóssil	Poluição por CO2 elevada

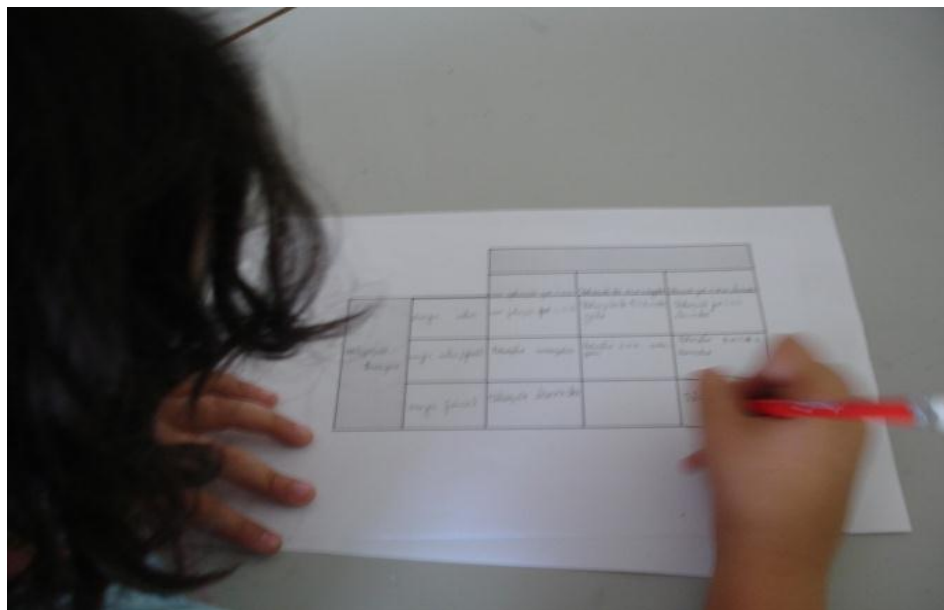
**Tabela VI.2 – Entidades e estados do modelo energias renováveis versus fósseis.**

A todos os estados qualitativos foram associadas imagens e informação multissensorial que ajudasse a representar esses mesmos estados qualitativos (Figura VI.11).



**Figura VI.11 – Seleção de imagens para representar cada estado qualitativo das entidades do modelo energias renováveis versus fósseis.**

No preenchimento da *Tabela de relacionamento* (Figura VI.11, Figura VI.12 e Figura VI.13) os alunos tiveram que inferir o estado final da *entidade-efeito*. Por exemplo, e tendo em conta os dados da Tabela VI.3, se a energia utilizada é uma energia fóssil e se o nível de poluição no ambiente for reduzido, passado algum tempo o nível de poluição passará a ser elevado.



**Figura VI.12 – Preenchimento da Tabela de relacionamento do modelo energias renováveis versus fósseis.**

		Nível de Poluição por CO2		
		Sem poluição por CO2	Solução por CO2 reduzida	Solução por CO2 elevada
Utilização de Energia	Energia solar	Sem poluição por CO2	Sem poluição por CO2	Solução CO2 reduzida
	Energia fóssil/Energia solar	Solução CO2 reduzida	Solução CO2 reduzida	Solução CO2 elevada
	Energia fóssil.	Solução por CO2 reduzida	Solução elevada	Solução por CO2 elevada

**Figura VI.13 – Exemplo de uma Tabela de relacionamento do modelo energias renováveis versus fósseis.**

Os alunos apresentaram diversas soluções para o preenchimento da *Tabela de relacionamento*. Alguns entendiam que a utilização de energia fóssil provoca imediatamente um nível de poluição muito elevado. Outros consideraram que o ambiente tem a capacidade de se regenerar (Tabela VI.3).

		Nível de Poluição do Ambiente		
		Sem poluição por CO2	Poluição por CO2 reduzida	Poluição por CO2 elevada
Utilização Energia	Energia solar	Sem poluição por CO2	Sem poluição por CO2	Poluição por CO2 reduzida
	Energia solar e Energia fóssil	Poluição por CO2 reduzida	Poluição por CO2 reduzida	Poluição por CO2 elevada
	Energia fóssil	Poluição por CO2 reduzida	Poluição por CO2 elevada	Poluição por CO2 elevada

**Tabela VI.3 – Tabela de relacionamento do modelo do modelo energias renováveis versus fósseis.**

## VI.2.4 4ª Oficina – Avaliação do risco de incêndio florestal

O tema seleccionado para a oficina do estudo final recaiu sobre os “Incêndios florestais” (Figura VI.14). A selecção deste tema deveu-se a dois factores: por ser um tema que os alunos recordam facilmente, pelos impactos e prejuízos que anualmente causam no ambiente e na economia nacional, e por ser um tema incluído no programa do 1º ciclo do Ensino Básico para o 1º período do 4º ano, o que facilitou a introdução de conceitos sobre as causas e factores que podem influenciar a ocorrência de incêndios. No 4º ano e em anos anteriores, os alunos identificam as principais espécies florestais e os principais produtos da floresta. No 4º ano abordam de uma forma mais pormenorizada o tema, aprendem as regras de prevenção de incêndios florestais e reconhecem os fenómenos meteorológicos que podem potenciar a sua ocorrência, relacionando-os com as diferentes estações do ano.

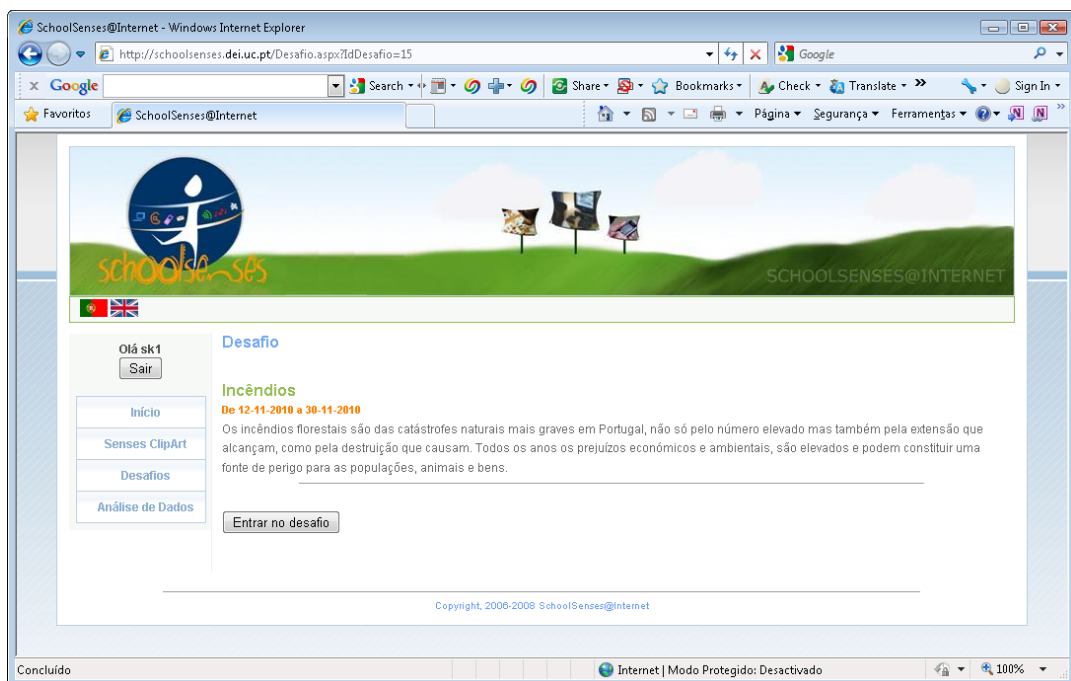


Figura VI.14 – *SchoolSenses@Internet*, desafio “Incêndios florestais”.

A oficina realizou-se em dois agrupamentos de escolas de localidades diferentes. No Agrupamento de escolas de São Miguel da Guarda, participaram a Escola Básica da Estação (duas turmas) e a Escola Básica do Bairro da Luz (uma turma), num total de três turmas do 4º ano e 50 alunos.

No Agrupamento de escolas Maria Alice Gouveia de Coimbra participaram duas turmas de 4º ano da Escola Básica da Quinta das Flores com 36 alunos. Em cada agrupamento a equipa de investigação seleccionou uma das turmas para grupo de controlo. A selecção das turmas onde iriam ser realizadas as actividades de modelação/simulação (grupo experimental) esteve condicionada a questões de calendarização e ao número de alunos por turma. Como era nosso objectivo realizar grupos de trabalho de três a quatro elementos, pois só dispúnhamos de cinco computadores portáteis com banda larga suficiente (apenas uma escola possuía ligação à Internet), foram seleccionadas para esta actividade as turmas com menos alunos. No grupo de controlo a equipa de investigação recorreu a metodologias e ferramentas que regularmente são utilizadas em ambientes de sala de aula, como a visualização de vídeos, a análise de documentos, debate e a utilização do processador de texto e de outras aplicações que eram do conhecimento dos alunos. Nas restantes turmas, grupo experimental, realizámos com os alunos actividades de modelação e de simulação.

#### **VI.2.4.1 Objectivos**

No início da planificação das sessões de trabalho definimos um conjunto de objectivos que, no estágio de realização desta investigação, pretendíamos alcançar através das mesmas:

- Construir com os alunos modelos que representassem um modelo de avaliação do risco de incêndio.
- Verificar qual o impacto da utilização de actividades de modelação e de simulação na aprendizagem de sistemas complexos.
- Avaliar as dificuldades de utilização da ferramenta *Simulkids*, a sua integração no *Google Earth* e a utilização de conteúdos multissensoriais na representação dos modelos.
- Comparar o ensino dito “tradicional”, que promovemos nas sessões das turmas de controlo, com a metodologia *Modelling for Kids*, que usámos nas outras turmas.



Em relação aos alunos traçamos como objectivo primordial a compreensão e a construção de modelos que representassem um sistema dinâmico complexo, como é o sistema de avaliação do risco de incêndio.

#### **VI.2.4.2 Descrição das sessões do grupo de controlo**

De acordo com os objectivos delineados para esta oficina, realizámos duas sessões, uma turma em cada agrupamento, em que não propusemos aos alunos a realização de actividades de modelação, mas actividades envolvendo tecnologias mais usuais. As actividades desenvolvidas estão de acordo com o guião descrito na Tabela VI.4. A sessão iniciou-se com a resolução de um pré-teste sobre os factores que potenciam a ocorrência de incêndios florestais, as suas causas e efeitos para o meio ambiente e para a economia. Em seguida promovemos um debate com os alunos sobre incêndios florestais e o nível do risco de incêndio (Figura VI.15).

<b>Actividades</b>
<b>Parte 1</b>
Resolução de um pré-teste. (ver Anexo B)
<b>Parte 2</b>
Apresentação e discussão do tema “Impacto e prevenção de incêndios florestais”. Introdução do conceito de Risco de incêndio e factores que o podem influenciar. Análise de panfletos sobre incêndios florestais. Elaboração de um trabalho sobre o Risco de incêndio. Apresentação e discussão dos trabalhos realizados.
<b>Parte 3</b>
Resolução de um pós-teste. (ver Anexo C)

**Tabela VI.4 – Guião de actividades das sessões do grupo de controlo da oficina risco de incêndio.**



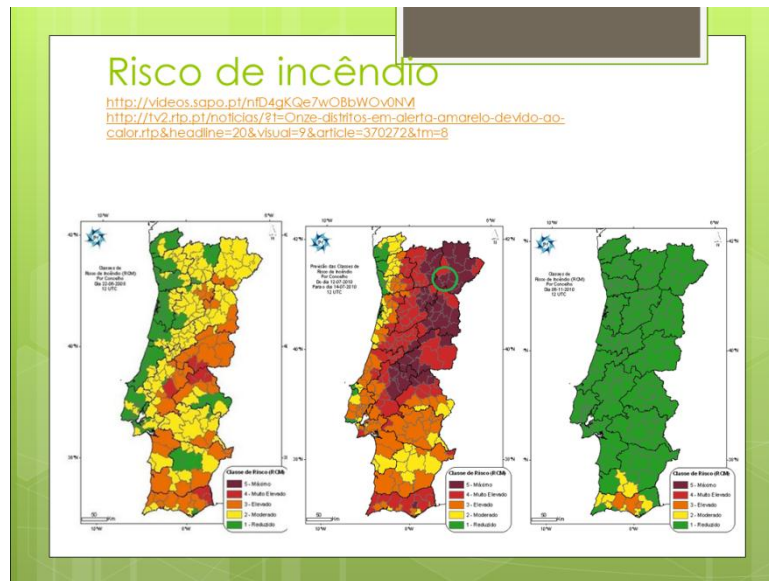
**Figura VI.15 – Fase de debate numa das turmas de controlo da oficina risco de incêndio.**

No decorrer do debate foram projectados vários vídeos, que estão disponíveis nas redes sociais, nos portais de bombeiros e em portais de partilha de vídeos, onde os alunos identificaram quais as causas e os impactos dos incêndios florestais no ambiente e na economia.

Aos alunos era solicitado que comentassem cada vídeo. Se considerássemos importante verificar algumas questões, a execução do filme era interrompida e procedíamos à discussão com o intuito de que os alunos compreendessem quais as causas e os prejuízos dos incêndios florestais, quais os factores que podem influenciar o risco de incêndio, etc. O conceito de risco de incêndio foi introduzido recorrendo à análise de mapas divulgados no sítio do Instituto de Meteorologia<sup>59</sup>, que são amplamente utilizados pelos meios de comunicação social para divulgar o risco de incêndio e que poderiam, inclusive, ser já do conhecimento dos alunos (Figura VI.16).

---

<sup>59</sup> Instituto de Meteorologia, <http://www.meteo.pt>, acedido em Março de 2011.



**Figura VI.16 – Mapas de Portugal que representam o risco de incêndio em Junho, Agosto e Outubro de 2010.**

Após o debate, os alunos organizaram-se em grupos, maioritariamente de três elementos. Nas turmas onde o número de alunos era superior a dezoito, alguns grupos possuíam quatro elementos. Foi solicitado aos alunos que criassem um documento, ou uma apresentação, com as respostas às seguintes questões (Figura VI.17):

## Actividade

Cria uma apresentação ou documento sobre:

- Quais as principais causas dos fogos florestais?
- O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?
- O que entendes por risco de incêndio?

**Figura VI.17 – Actividades do grupo de controlo da oficina risco de incêndio.**

Para finalizar, foi pedido aos grupos que apresentassem e explicassem o trabalho desenvolvido perante a turma.

### VI.2.4.3 Descrição das sessões do grupo experimental

Tal como nas sessões do grupo de controlo, as sessões do grupo experimental iniciaram-se com a passagem de um pré-teste (Tabela VI.5). No dia seguinte, ou no próprio dia, realizámos um debate com os alunos sobre o tema das sessões, os incêndios florestais, o nível do risco de incêndio, quais as causas e os factores que podem potenciar a ocorrência de um incêndio florestal. No seguimento do debate, introduzimos a ferramenta *Simulkids* para explicar e exemplificar como alguns factores podem influenciar o nível do risco de incêndio (Figura VI.18).

Actividades
<b>Parte 1</b>
Resolução de um pré-teste. (ver Anexo B)
<b>Parte 2</b>
<p>Apresentação e discussão do tema “Impacto e prevenção de incêndios florestais”.</p> <p>Introdução do conceito de Risco de incêndio e factores que o podem influenciar.</p> <p>Execução de simulações (com modelos do tipo causa-efeito) para análise de modelos que relacionem a quantidade de combustível disponível com o nível do risco de incêndio.</p> <p>Criação, pelos alunos, de um modelo multissensorial de interacção georreferenciado que represente o impacto do tipo de floresta e da quantidade de humidade no nível do risco de incêndio.</p> <p>Apresentação e discussão dos modelos criados.</p>
<b>Parte 3</b>
Resolução de um pós-teste. (ver Anexo C)

**Tabela VI.5 – Guião de actividades das sessões do grupo experimental da oficina risco de incêndio.**

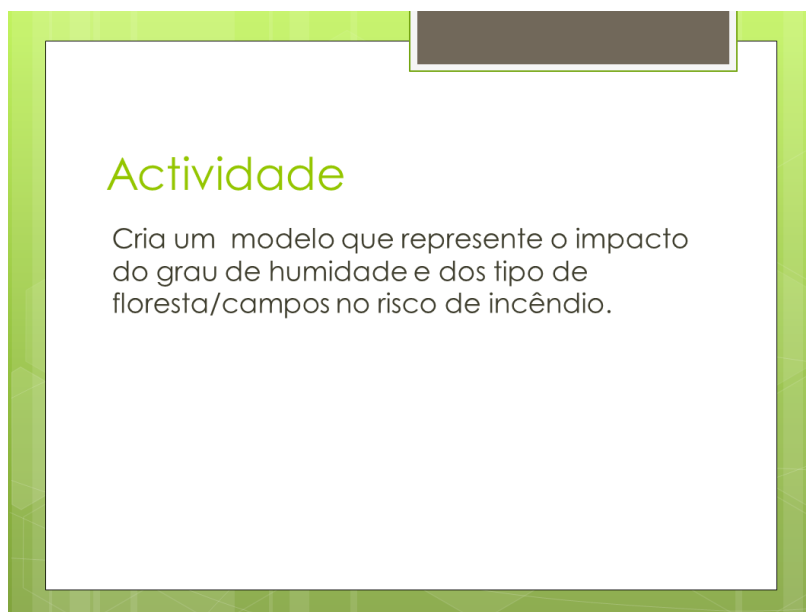
Em simultâneo efectuámos uma breve apresentação da ferramenta *Simulkids* e do processo definido na *M4K* para a representação de modelos do tipo

*interacção*. Os alunos executaram modelos dos tipos *causa-efeito* e *interacção* previamente criados pelos investigadores (Figura VI.18).



**Figura VI.18 – Execução de um modelo do tipo causa-efeito (oficina risco de incêndio).**

Aos alunos foi solicitado a concepção de um modelo que representasse a influência do tipo de floresta e do grau de humidade no nível do risco de incêndio (Figura VI.19) e a sua construção na ferramenta *Simulkids*. Na definição de cada estado os alunos podiam inserir imagens e conteúdos multissensoriais que o próprio *Simulkids* já disponibiliza.



**Figura VI.19 – Actividade de modelação do grupo experimental da oficina risco de incêndio.**

Com o objectivo de facilitar a reflexão, a análise e o desenvolvimento do modelo, a sua concepção e construção foram feitas primeiro em papel, para o que foram fornecidos vários elementos pela equipa de investigação, e só depois o modelo foi representado na ferramenta *Simulkids* (Figura VI.20).



**Figura VI.20 – Risco de incêndio, construção da Tabela de relacionamento (oficina risco de incêndio).**

## VI.3. Análise de resultados

### VI.3.1 1ª oficina

Nesta oficina realizámos duas sessões com a duração de três horas cada, com um intervalo de uma semana. Na primeira sessão a equipa de investigação definiu como objectivos analisar as dificuldades sentidas pelos alunos na utilização de aplicações de simulação que incluíssem informação multissensorial e da ferramenta *Google Earth*. Na segunda sessão a equipa de investigação questionou e avaliou os conhecimentos adquiridos na primeira sessão e verificou de que forma é que as crianças reutilizavam a aplicação sempre que, no decorrer da sessão, era necessário recordar conceitos referidos na primeira sessão.

Como referimos a aplicação de simulação utilizada nesta oficina foi um protótipo desenvolvido especificamente para as actividades, que simulava o impacto das alterações climáticas no meio ambiente

A realização desta actividade permitiu à equipa de investigação averiguar:

- **Utilização da aplicação:** Os alunos conseguiram, nas duas sessões realizadas, utilizar de uma forma correcta a aplicação, compreender os fenómenos simulados e quais as suas causas e impactos.
- **Percepção dos fenómenos representados:**
  - A representação dos fenómenos através da alteração de área (inundações, nível médio do mar), alteração de cor (aumento de pluviosidade e da alteração da temperatura), assim como a existência de sons de vento e de chuva, permitiram aos alunos compreender os fenómenos representados e à equipa de investigação verificá-lo, através dos diversos comentários que fizeram: “*Olha a cor do céu, está a chover mais*” (aumento de pluviosidade), “*A neve derreteu, olha para a cor das*

*montanhas*” (aumento da temperatura média), “*O rio está a subir*” (aumento de pluviosidade).

- **Sugestões fornecidas pelos alunos:**
  - Entre as sugestões dadas pelos alunos para melhorar a simulação podemos referir:
    - A possibilidade de alterar a localização de imóveis (casas).
    - Opções para circunscrever o impacto das cheias.
    - A adição de opções de sons, tais como “pessoas a caminharem num dia de chuva”, “derrocadas” e “sons de marés”.
- **Descrição dos resultados da simulação (alunos):** todos os grupos identificaram as causas e os impactos dos fenómenos representados:
  - Cheias:
    - Causas: são provocadas por aumento de pluviosidade.
    - Impactos: os alunos relacionaram as cheias com derrocadas, destruição de estradas e habitações.
    - Impactos: as cheias podem provocar a diminuição das reservas de água potável.
  - Secas:
    - Causas: surgem quando existe uma diminuição de precipitação e/ou um aumento significativo da temperatura.
    - Impactos: a seca provoca a diminuição das reservas de água; os alunos identificaram qual a importância da água para os seres vivos e referiram a redução da vegetação como um indicador da existência de seca.
    - Impactos: o aumento médio da temperatura poderá provocar um aumento do nível médio do mar.
  - Alguns grupos relacionaram o aumento do nível do mar com o aumento de pluviosidade.
- **Utilização da informação adicional da aplicação:** os alunos utilizaram-na genericamente de uma forma incorrecta ou pobre. Por



exemplo, não recorreram a ela para complementar ou aprofundar os conhecimentos adquiridos.

Com a realização destas sessões podemos concluir que a utilização desta simulação foi muito intuitiva e que todos os alunos, quando questionados sobre as actividades realizadas, responderam correctamente às questões colocadas, o que evidenciou que adquiriram alguns conhecimentos sobre os fenómenos simulados. A metáfora utilizada para representar os fenómenos e a forma de interacção proposta mostrou ser eficaz, pois todos os alunos compreenderam o modo de funcionamento da aplicação facilmente, como pudemos constatar por observação directa. Os alunos, no desenrolar das duas sessões, utilizaram de uma forma natural a informação multissensorial para compreenderem os fenómenos simulados e na elaboração de novos conteúdos empregaram ícones multissensoriais, fornecidos pela equipa de investigação, de uma forma consistente (Figura VI.21).



**Figura VI.21 – Alunos a utilizar ícones multissensoriais na elaboração de conteúdos durante a oficina “Alterações climáticas – Cheias/Secas”.**

### VI.3.2 2ª Oficina

Através da realização das actividades propostas durante a sessão, verificámos ser possível realizar actividades de modelação no 1º Ciclo do Ensino Básico, pois todos os alunos conseguiram identificar as entidades relevantes de um sistema dinâmico que representava a poluição nos rios. A definição dos estados qualitativos de cada entidade mostrou ser a fase mais delicada do processo de modelação e que obrigou a equipa de investigação a apoiar e a elucidar os alunos na realização da tarefa. Os alunos ao definirem os estados qualitativos para cada uma das entidades, têm que possuir conhecimentos genéricos sobre o problema a modelar e conhecer os termos utilizados, para não existirem problemas de semântica na definição de estados e reunir na mesma entidade estados de diferentes categorias. No exemplo da Figura VI.4, o aluno identificou como possíveis causas da poluição de um rio os *esgotos*, o *petróleo*, os *esgotos domésticos* e os *esgotos industriais*. Como se pode constatar, o aluno identificou um produto, o petróleo, como uma possível causa, mas os outros estados estão relacionados com o aglomerado de dejectos com origem em localidades ou por via industrial.

A implementação do modelo na ferramenta *Simulkids* mostrou ser uma tarefa muito simples, pois os alunos não demonstraram qualquer dificuldade em definir as entidades e os seus estados qualitativos. A representação de cada estado qualitativo e o preenchimento da *Tabela de relacionamento*, que segundo o nosso ponto de vista colocaria alguma dificuldade no processo de modelação, foram ultrapassados com naturalidade. Na representação de cada estado qualitativo os alunos utilizaram uma grande variedade de elementos: desenho livre, imagens, formas, elementos de informação multissensorial, animações e, nalguns casos, texto, com o objectivo de transmitirem melhor as suas ideias. Foi evidente para a equipa de investigação que a utilização de imagens e de elementos de desenho permitiu aos alunos representarem melhor as concepções e as ideias que possuíam sobre o sistema que estavam a modelar.

Em relação ao *Simulkids*, os alunos compreenderam muito bem a metáfora utilizada para a representação do comportamento do modelo através da *Tabela de relacionamento*. Depois de executarem o modelo, todas as crianças alteraram os elementos de visualização que estavam definidos em cada um dos estados qualitativos. Editaram novamente a *Tabela de relacionamento* para testarem novas ideias e verificarem qual o impacto que essas alterações produziam no modelo.

Com a execução do modelo os alunos conseguiram visualizar qual era o comportamento do mesmo, tendo em conta o estado inicial das duas entidades, e, desta forma, comparar as suas previsões iniciais com os resultados dos modelos por eles desenvolvidos.

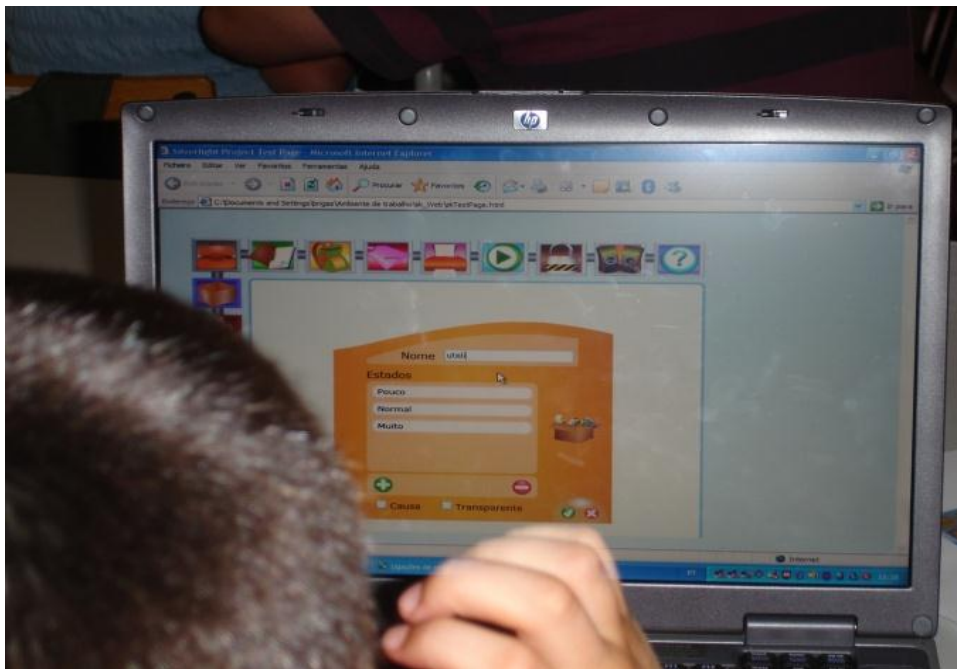
### **VI.3.3 3ª Oficina**

A sessão iniciou-se com a resposta a uma ficha sobre energias renováveis (Anexo A). Os dados obtidos com a resolução individual da ficha permitiram-nos aferir os conhecimentos dos alunos sobre o que é uma energia renovável, as suas formas de utilização e os seus benefícios quando comparados com a energia fóssil.

Os resultados mostraram que a maioria dos alunos, 75%, não compreendia o significado do termo energia renovável. Apenas quatro alunos em dezasseis indicaram que uma energia renovável é uma energia que se pode reutilizar, inesgotável ou amiga do ambiente.

Quando questionados porque é que não se deve utilizar energia fóssil e quais os impactos negativos subjacentes à sua utilização, apenas 19% dos alunos relacionaram a utilização de energia fóssil com a emissão de gases poluentes (CO<sub>2</sub>). No entanto, oito alunos, 50%, associaram a utilização de energias renováveis à redução de emissão de gases poluentes. No caso particular da captação de energia solar, só um aluno identificou alguns factores que podem influenciá-la.

Na fase seguinte da sessão, tivemos como objectivo que os alunos realizassem actividades de modelação utilizando a aplicação *Simulkids*. A representação do modelo na aplicação *Simulkids* evidenciou-se, mais uma vez, como uma tarefa simples, em que os alunos não demonstraram dificuldades na criação de entidades e na definição dos seus estados qualitativos. Através do editor de estados, adicionaram informação multissensorial a cada estado qualitativo para facilitar a análise e a compreensão da evolução do modelo representado (Figura VI.22). Todos os alunos inseriram uma diversidade muito grande de conteúdos multissensoriais, desde texto a imagens e desenhos. Quando questionados sobre a utilização de determinados conteúdos, referiram que era uma forma mais simples e mais eficaz de representar as suas ideias.



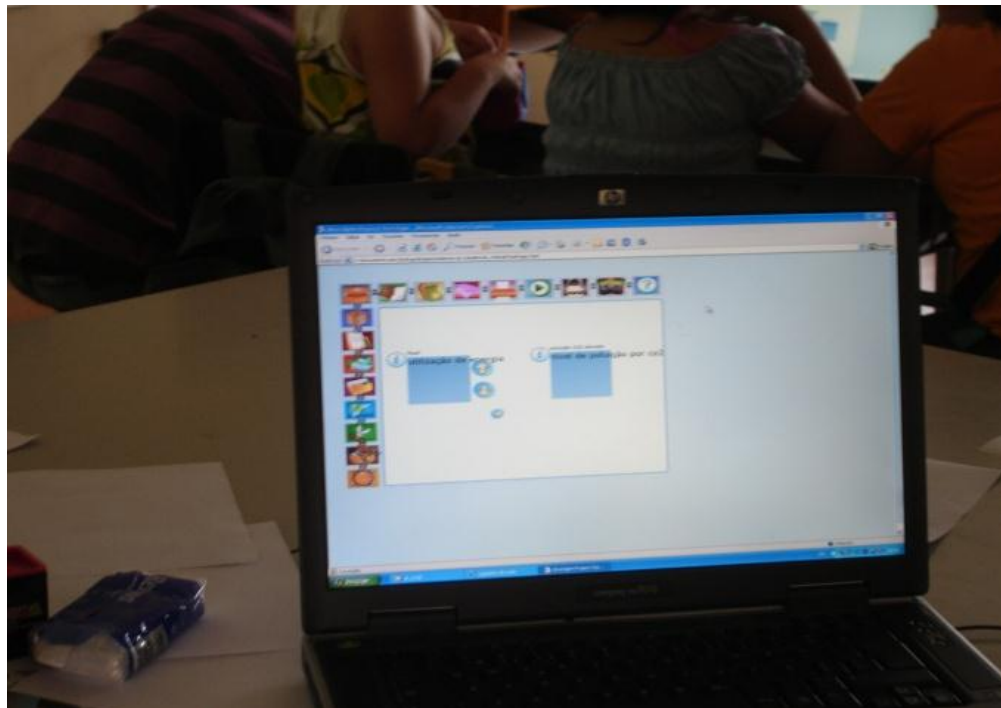
**Figura VI.22 – *Simulkids*, representação de entidades do modelo do modelo energias renováveis versus fósseis.**

O preenchimento da *Tabela de relacionamento* foi feito de modo gráfico, como vimos, em que os alunos apenas seleccionaram o estado qualitativo da *entidade-efeito* que pretendiam e colocaram-no, por arrastamento, na respectiva célula da tabela (Figura VI.23).



**Figura VI.23 – Simulkids, preenchimento da Tabela de relacionamento do modelo do modelo energias renováveis versus fósseis.**

Depois de efectuado o preenchimento da tabela, os alunos executaram o modelo e verificaram o seu comportamento (Figura VI.24).



**Figura VI.24 – Simulkids, execução do modelo do modelo energias renováveis versus fósseis.**

Com o objectivo de validarmos as alterações efectuadas à interface da aplicação *Simulkids*, na parte final da sessão, os alunos preencheram um formulário onde classificaram, numa escala de 1 a 5, os ícones da aplicação e descreveram as facilidades/dificuldades que sentiram na criação de entidades, na definição de estados qualitativos, no preenchimento da *Tabela de relacionamento* e na execução de modelos (Simões, 2009).

A maioria dos alunos classificou a utilização da aplicação como “fácil de utilizar”, nos diversos aspectos analisados. Apenas um aluno a qualificou como sendo uma aplicação “difícil de utilizar”. Foi também testado, com os alunos, a usabilidade dos ícones usados. Para isso foram fornecidas impressões dos ecrãs da ferramenta e perguntado o seu significado. 88% dos ícones não ofereceram dúvidas de interpretação (Simões, 2009).

Ainda no final da sessão e com o objectivo de conferirmos as competências adquiridas, catorze dos alunos, os que estavam presentes no momento, responderam novamente à ficha inicial (Anexo A). Verificámos claramente uma maior facilidade no preenchimento da mesma em relação à situação inicial. Praticamente todos os alunos, 92%, relacionaram a utilização de energia fóssil à emissão de poluição (CO<sub>2</sub>); apenas um aluno não respondeu à questão. Relativamente à utilização de energias renováveis, 71% dos alunos relacionaram a redução de emissão de gases poluentes com a sua utilização e apenas quatro alunos não identificaram a utilização deste tipo de energia como factor de redução de emissão de poluição (CO<sub>2</sub>).

Os resultados obtidos com a primeira passagem da ficha evidenciam que os alunos tinham conhecimentos reduzidos em relação ao tema energias renováveis, apesar de já terem participado em diversas actividades promovidas pelo agrupamento e pela professora titular de turma sobre o tema. Os alunos participaram activamente na realização de todas as actividades propostas e os resultados finais obtidos mostraram que os alunos adquiriram competências que não possuíam no início.

A equipa de investigação verificou que todos os alunos compreenderam e utilizaram correctamente a metodologia definida pela *M4K* para a análise e representação de modelos.

Apesar de um número reduzido de alunos, catorze, podemos referir que os dados obtidos na oficina permitiram-nos também verificar que a realização das actividades de modelação facilitou a compreensão de um sistema complexo, assim como aumentou o conhecimento sobre o tema e a capacidade de reflexão dos participantes. Os resultados obtidos permitem-nos também validar as alterações realizadas na interface da aplicação *Simulkids* e afirmar que é possível a introdução de actividades de modelação/simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico com resultados positivos, mesmo quando os alunos apresentam à partida dificuldades nos temas abordados.

#### **VI.3.4 4ª Oficina**

A oficina realizou-se em dois agrupamentos de escolas de localidades diferentes. Em cada agrupamento a equipa de investigação seleccionou uma das turmas, que designámos por grupo de controlo, onde utilizou metodologias ditas tradicionais. Nas restantes turmas, grupo experimental, realizámos com os alunos actividades de modelação e de simulação.

##### **VI.3.4.1 Resultados das sessões do grupo de controlo**

Como referido nas secções anteriores, foi solicitado aos alunos a elaboração de um documento (Figura VI.25 e Figura VI.26) com as respostas às perguntas colocadas durante a sessão (Figura VI.17).

Os alunos não tiveram nenhuma dificuldade em utilizar o processador de texto e nenhum grupo, no decorrer das acções, pediu auxílio na sua utilização.



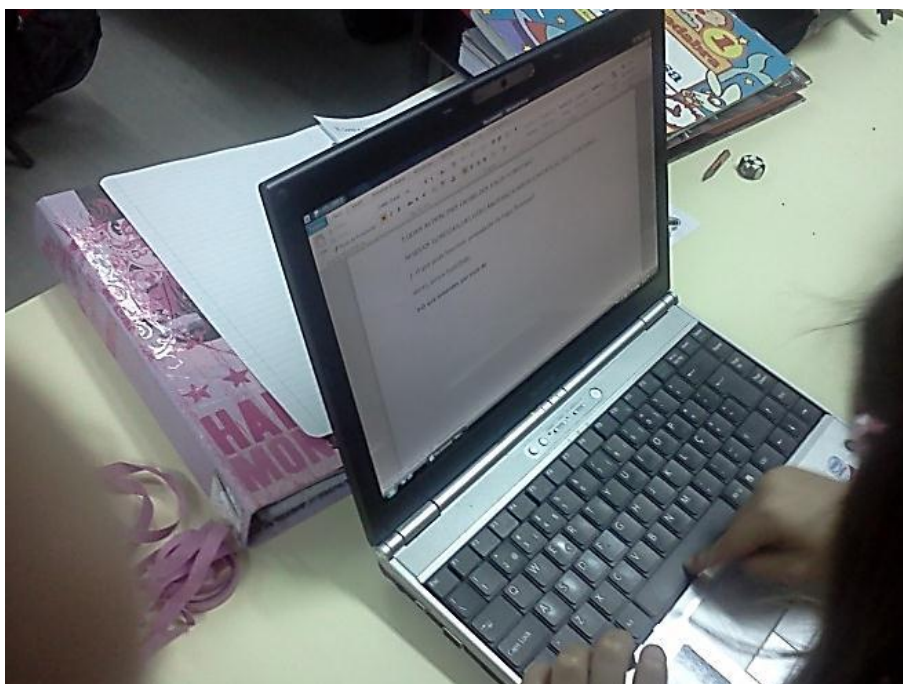


Figura VI.25 – Criação de conteúdos, usando o processador de texto, sobre incêndios florestais (oficina risco de incêndio).

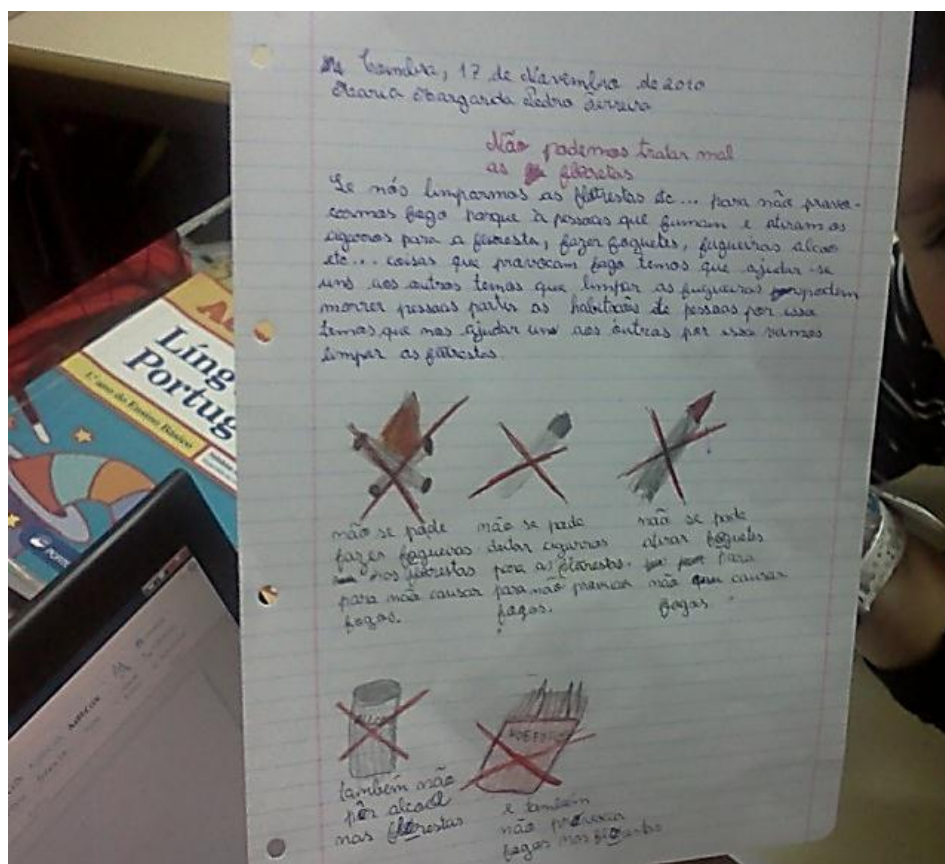


Figura VI.26 – Exemplo de conteúdos criados no decorrer de uma das sessões por uma aluna (oficina risco de incêndio).



No decorrer da sessão, a equipa de investigação verificou que subsistia uma dúvida generalizada sobre as causas dos incêndios florestais e praticamente todos os alunos não diferenciavam as causas naturais das causas humanas.

Os diversos trabalhos apresentados denotavam alguns erros e, sobretudo, indicavam a confusão que existia na identificação de causas de incêndios florestais e os factores que potenciam o risco de incêndio. As tabelas seguintes possuem as respostas dadas pelos alunos às perguntas colocadas no decorrer da sessão (Tabela VI.6 e Tabela VI.7).

---

---

***1:Quais as principais causas dos fogos florestais?***

*Resíduos, vento forte, foguetes, fogueiras, queimadas, trovoadas, isqueiros acesos, linhas eléctricas.*

***2:O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?***

*Actos mal pensados, máquinas agrícolas, queima de lixo, faíscas.*

---

---

**Tabela VI.6 – Grupo 1, Causas e factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais (oficina risco de incêndio).**

---

---

***1:Quais as principais causas dos fogos florestais?***

*-Muito vento.*

*-Foguetes.*

*-Pouca humidade.*

***2:O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?***

*-Oxigénio.*

*-Vento.*

---

---

**Tabela VI.7 – Grupo 2, Causas e factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais (oficina risco de incêndio).**

A Tabela VI.6 e a Tabela VI.7 apresentam algumas das imprecisões cometidas pelos alunos nas respostas às perguntas. Ao analisarmos as respostas, torna-se evidente que os alunos confundiram as causas com os factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais. Ambos os grupos referem como causas de incêndios o vento, sendo este um factor que influencia a sua

propagação. Na Tabela VI.7 os alunos definiram erroneamente a pouca humidade como uma causa de um incêndio florestal.

Nos trabalhos apresentados na Tabela VI.8, Tabela VI.9 e na Tabela VI.10 os alunos confundiram uma das causas naturais, *trovoadas*, com um factor que pode favorecer a propagação de um incêndio florestal.

---

---

***1:Quais as principais causas dos fogos florestais?***

*As principais causas são: não deitar lixo para o chão, não deitar cigarros para o chão, não fazer fogos nas florestas e não deitar foguetes.*

***2:O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?***

*Pode favorecer: muito calor, muitas trovoadas, muito vento.*

---

---

**Tabela VI.8 – Grupo 3, Causas e factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais (oficina risco de incêndio).**

---

---

***1: Quais as principais causas dos fogos florestais?***

*As principais causas dos fogos florestais são as queimadas, cigarros mal apagados, queima de lixo, foguetes, faíscas, fogueiras e máquinas agrícolas.*

***2: O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?***

*O que pode favorecer a propagação de fogos florestais são as trovoadas de Verão, falta de humidade, as matas e florestas secas, etc.*

---

---

**Tabela VI.9 – Grupo 4, Causas e factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais (oficina risco de incêndio).**

---

---

***1:Quais as principais causas dos fogos florestais?***

*As principais causas dos fogos florestais são: fogueiras mal apagadas, lixo no chão, foguetes, beatas no chão, etc.*

***2:O que pode favorecer a propagação de fogos florestais?***

*Pode favorecer calor intenso, trevoadas de Verão e pouca humidade.*

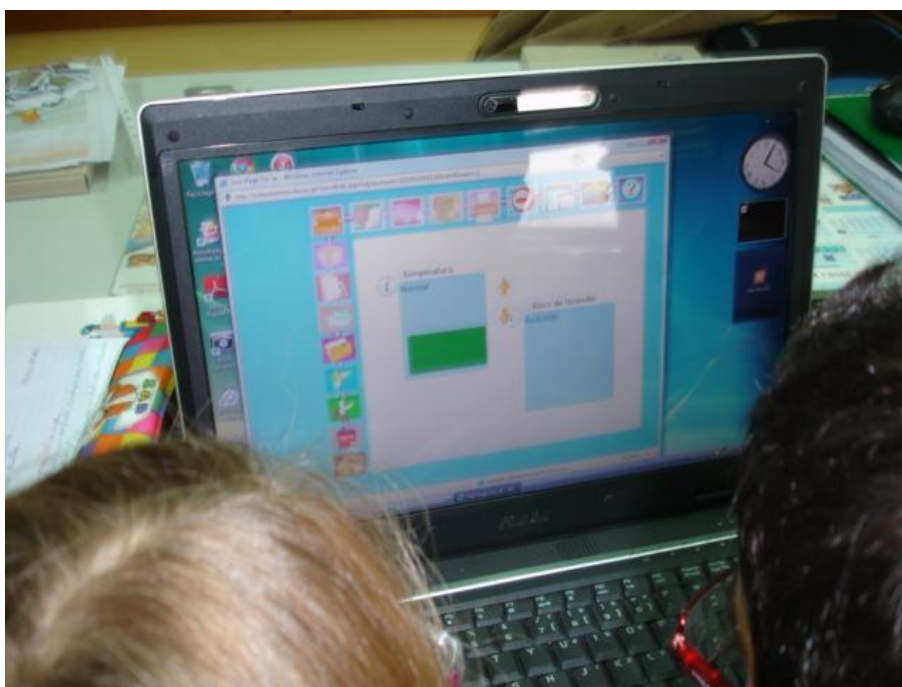
---

---

**Tabela VI.10 – Grupo 5, Causas e factores que influenciam a propagação dos incêndios florestais (oficina risco de incêndio).**

### VI.3.4.2 Resultados das sessões do grupo experimental

Devido à planificação adoptada para estas sessões, os alunos foram desde logo confrontados com a ferramenta *Simulkids*. O investigador principal utilizou a ferramenta para explicar os conceitos relacionados com o risco de incêndio e dessa forma introduzir também o *Simulkids* - como se processa a criação e a execução de um modelo, etc (Figura VI.27).



**Figura VI.27 – Simulkids, execução de um modelo do tipo *causa-efeito* (oficina risco de incêndio).**

Os alunos compreenderam rapidamente quais as tarefas necessárias para a representação de um modelo, o que ficou evidente na fase seguinte, em que tiveram que criar sozinhos modelos, não tendo colocado dúvidas na utilização da ferramenta *Simulkids*.

Nas três sessões de trabalho, os alunos apresentaram uma diversidade muito grande de modelos (Figura VI.28) para representar o impacto do grau de humidade e do tipo de floresta no risco de incêndio florestal (Figura VI.19).



**Figura VI.28 – Exemplos de modelos desenvolvidos nas sessões de modelação (oficina risco de incêndio).**

Os alunos compreenderam de uma forma muito rápida o processo expresso na metodologia *M4K* para a construção e representação de um modelo. Todos os grupos identificaram as entidades presentes nos modelos. Compreenderam o porquê de existirem entidades causa e sugeriram qual devia ser a *entidade-efeito*.

Na sala de aula tornou-se patente, por observação directa, que a maioria dos alunos compreenderam o significado do nível do risco de incêndio e quais os factores que, de alguma forma, o podem influenciar.

Na definição dos valores dos estados qualitativos das entidades alguns alunos sentiram dificuldade em definir um conjunto coerente de valores. Na definição dos estados qualitativos da *entidade-efeito* “nível de risco de incêndio” verificámos que os alunos, com frequência, confundiam o conceito de muito elevado com o conceito de risco máximo.

Os alunos foram ainda questionados sobre a importância da localização na execução de um modelo e como é que o modelo por eles criado poderia ser influenciado com a alteração da localização. Ficou evidente para os alunos que a posição do modelo condicionava o comportamento do mesmo. Eles próprios verificaram que a execução do mesmo modelo em localizações geográficas diferentes que possuíssem níveis de humidade reduzida ou temperaturas elevadas aumentava o risco de incêndio; caso se verificassem níveis de humidade elevados ou temperaturas reduzidas o risco de incêndio esbatia-se (Figura VI.29).



**Figura VI.29 – Simulkids, execução de um modelo construído pelos alunos (oficina risco de incêndio).**

### **VI.3.4.3 Análise dos resultados do pré-teste e do pós-teste**

Como referimos anteriormente, em todas as turmas envolvidas nesta oficina solicitámos aos alunos a realização de um pré-teste e de um pós-teste com o intuito de avaliarmos se existiam melhorias significativas na aprendizagem

dos conceitos complexos subjacentes às actividades quando introduzidas actividades de modelação.

Oitenta e seis alunos realizaram o pré-teste, trinta e sete alunos das turmas de controlo e quarenta e nove alunos das turmas experimentais. O pós-teste foi realizado por oitenta e cinco alunos, trinta e sete alunos das turmas de controlo e quarenta e oito alunos das turmas experimentais (Tabela VI.11).

---

	Nº Total de pré-testes	Nº Total de pós-testes
Turmas de Controlo	37	37
Turmas Experimentais	49	48

---

**Tabela VI.11 – Total de pré-testes e de pós-testes realizados na oficina risco de incêndio.**

O pré-teste possuía vinte e seis perguntas, de escolha múltipla e de lacunas, agrupadas por três áreas temáticas:

- Causas dos incêndios florestais,
- Factores que podem influenciar a propagação e o nível do risco de incêndio e
- Qual o impacto dos incêndios florestais para o ambiente e para a economia.

No pós-teste acrescentámos perguntas que incidiam sobre os temas abordados com maior ênfase nas sessões. Entre a realização dos dois testes existiu uma diferença temporal de quinze a vinte dias. Este facto deveu-se ao planeamento prévio de outras actividades das turmas e às impossibilidades de alguns professores.

O pré-teste e o pós-teste eram constituídos por questões dos tipos escolha múltipla, lacunas e abertas. Todas as questões possuíam a mesma cotação e os testes foram cotados de 0 a 20. Os resultados obtidos com a aplicação dos pré-testes e pós-testes foram analisados de uma forma global, ou agrupados por questões temáticas e em determinadas situações foram analisados os

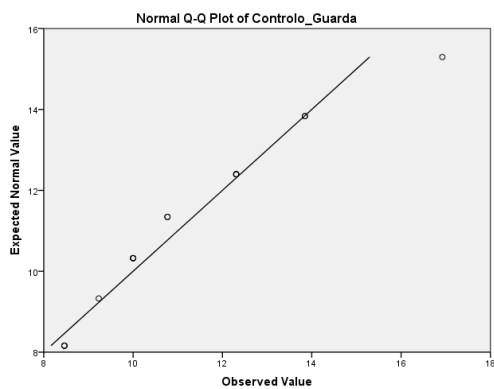
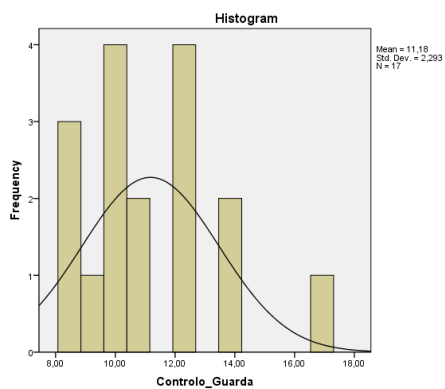
resultados de uma forma individual. A análise estatística baseou-se na realização de uma sequência de testes de hipóteses para comparar as médias dos resultados globais do pré-teste e do pós-teste nas turmas experimental e de controlo.

Utilizando o programa estatístico SPSS, aplicámos o teste de Shapiro-Wilk, dada a dimensão das amostras, com o intuito de verificar um dos pressupostos dos testes à igualdade de médias a realizar: o de que a variável em teste se pode considerar proveniente de população com distribuição normal. Como podemos verificar através da análise da Tabela VI.12 e com um intervalo de confiança de 95%, podemos afirmar que não se rejeita a hipótese de normalidade da variável resultados globais em cada um dos cinco grupos considerados.

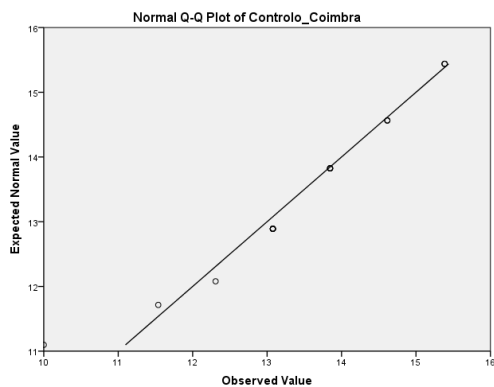
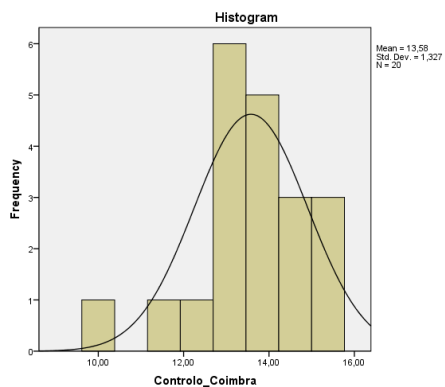
<i>Teste de normalidade Shapiro-Wilk – pré-teste</i>			
	<i>Statistic</i>	<i>Df</i>	<i>Sig.</i>
<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>	0.91	17	0.10
<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	0.91	20	0.07
<b>Turma Experimental 1 (Guarda)</b>	0.93	13	0.36
<b>Turma Experimental 2 (Guarda)</b>	0.96	21	0.60
<b>Turma Experimental 3 (Coimbra)</b>	0.94	16	0.39

**Tabela VI.12 – Resultados da análise do teste *Shapiro-Wilk* aplicado ao pré-teste (oficina risco de incêndio).**

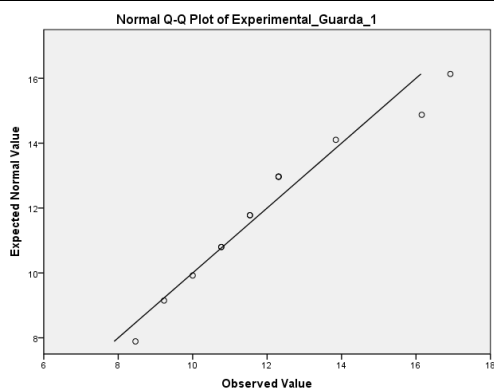
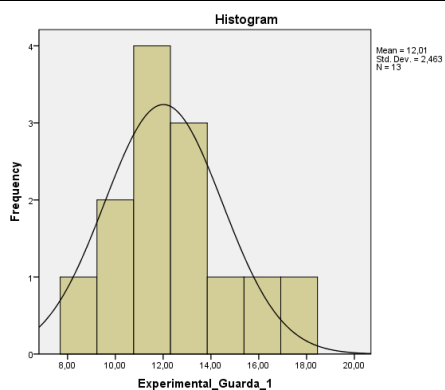
Nas tabelas seguintes (Tabela VI.13, Tabela VI.14, Tabela VI.15, Tabela VI.16 e Tabela VI.17) apresentamos os histogramas e os gráficos *Q-Q Plot* que evidenciam que as amostras são representativas de uma população com uma distribuição Normal.



**Tabela VI.13 – Histograma e gráfico *Q-Q Plot* dos dados obtidos no pré-teste na turma de Controlo 1.**

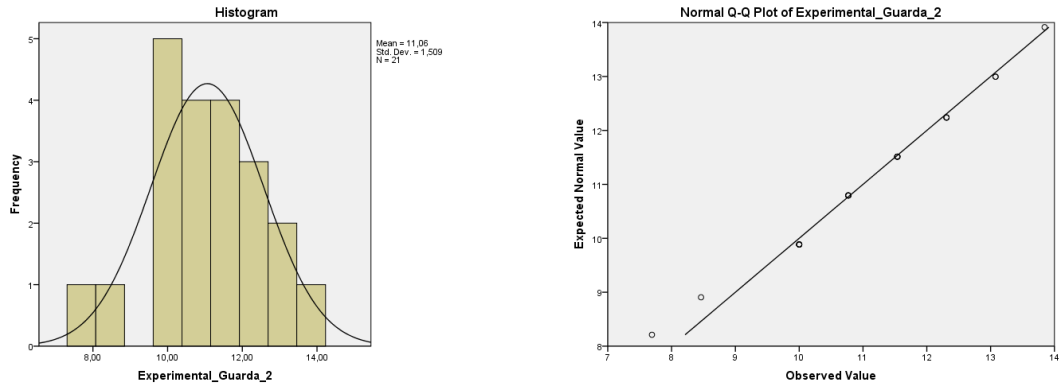


**Tabela VI.14 – Histograma e gráfico *Q-Q Plot* dos dados obtidos no pré-teste na turma de Controlo 2.**

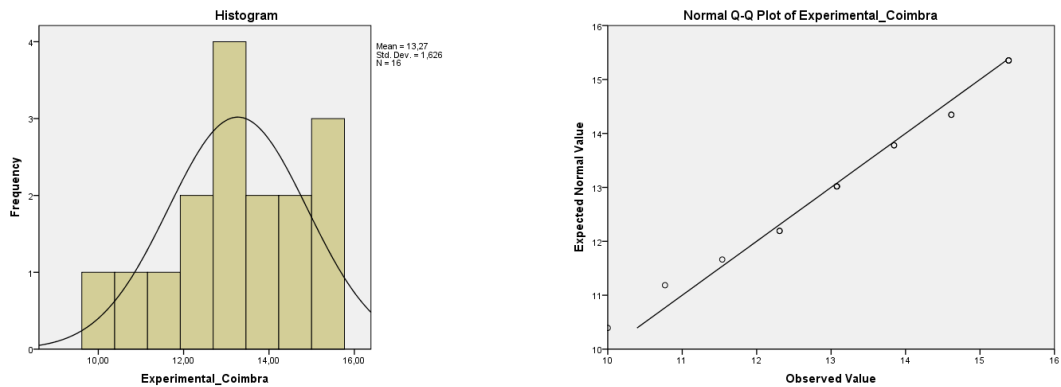


**Tabela VI.15 – Histograma e gráfico *Q-Q Plot* dos dados obtidos no pré-teste na turma Experimental 1.**



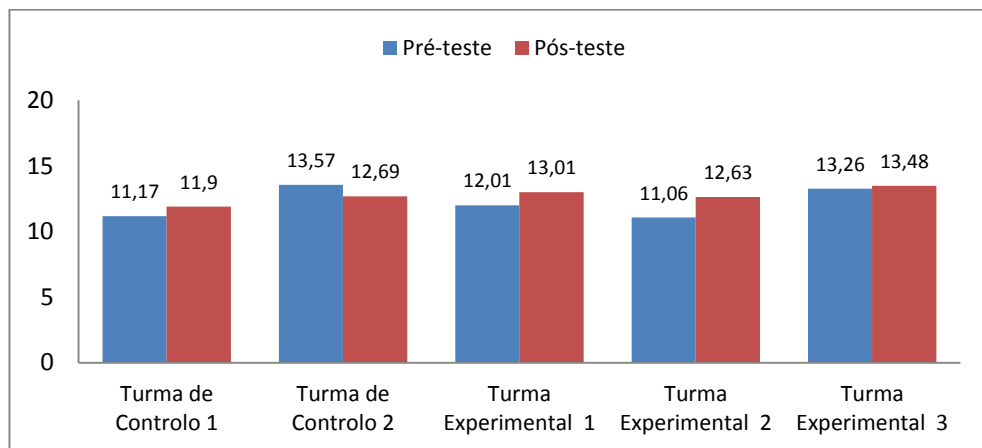


**Tabela VI.16 – Histograma e gráfico *Q-Q Plot* dos dados obtidos no pré-teste na turma Experimental 2.**



**Tabela VI.17 – Histograma e gráfico *Q-Q Plot* dos dados obtidos no pré-teste na turma Experimental 3.**

O Gráfico VI.1 e a Tabela VI.18 apresentam os parâmetros estatísticos descritivos dos resultados globais obtidos no pré-teste e no pós-teste.



**Gráfico VI.1 – Médias obtidas no pré-teste e no pós-teste (oficina risco de incêndio).**

	Média	Desvio Padrão	Amplitude
<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>			
Pré-teste	11,17	2,29	8,46-16,92
Pós-teste	11,90	2,01	7,69-14,61
<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>			
Pré-teste	13.57	1.33	10.00-15.38
Pós-teste	12.69	2.14	6.92-16.15
<b>Turma Experimental 1 (Guarda)</b>			
Pré-teste	12.01	2.46	8.46-16.92
Pós-teste	13.01	1.78	10.76-16.15
<b>Turma Experimental 2 (Guarda)</b>			
Pré-teste	11.06	1.50	7.69-13.84
Pós-teste	12.63	2.02	10-17.69
<b>Turma Experimental 3 (Coimbra)</b>			
Pré-teste	13.26	1.62	10-15.38
Pós-teste	13.48	1.39	11.54-15.38

**Tabela VI.18 – Parâmetros estatísticos descritivos obtidos no pré-teste e no pós-teste (oficina risco de incêndio).**

Ao analisarmos a Tabela VI.18 e o Gráfico VI.1 podemos concluir que:

- Todas as turmas apresentaram progressos entre a realização do pré-teste e do pós-teste, excepto uma turma de controlo, que obteve uma média inferior no pós-teste.
- As turmas experimentais tiveram uma progressão superior às turmas de controlo.
- Nas turmas experimentais todos os alunos tiveram notas superiores a dez, numa escala de zero a vinte.

Com o objectivo de testarmos a igualdade dos valores médios da avaliação de pré-teste entre as turmas de controlo e as turmas experimentais, aplicámos o teste *t-student* para amostras independentes para a análise comparativa dos desempenhos médios obtidos, com um intervalo de confiança de 95% (Tabela VI.19, Tabela VI.20 e Tabela VI.21).

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0.002	0.96	-0.96	28	0.35	-0.84	0.87	-2.62	0.95
Equal variances not assumed			-0.95	24.96	0.35	-0.83	0.88	-2.65	0.98

**Tabela VI.19 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pré-teste entre a Turma de Controlo 1 -Turma Experimental 1.**

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3.34	0.08	0.18	36	0.85	0.11	0.62	-1.14	1.37
Equal variances not assumed			0.18	26.57	0.86	0.11	0.65	-1.21	1.44

**Tabela VI.20 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pré-teste entre a Turma de Controlo 1 - Turma Experimental 2.**

	Levene's Test for		t-test for Equality of Means						
	Equality of Variances		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.						Lower	Upper
Equal variances assumed	.89	.35	.63	34	.53	.308	.49153	-.69	1.30
Equal variances not assumed			.61	28.79	.545	.308	.50293	-.72	1.34

**Tabela VI.21 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pré-teste entre a Turma de Controlo 2 - Turma Experimental 3.**

No pré-teste os resultados obtidos não apresentam diferenças com significado estatístico, o que nos permite afirmar que os pares de turmas analisados possuíam o mesmo nível de conhecimentos. Quando aplicado o mesmo teste estatístico ao pós-teste, os resultados demonstram que existe uma diferença significativa entre os pares de turmas analisados (Tabela VI.22, Tabela VI.23 e Tabela VI.24).

**Independent Samples Test**

	Levene's Test for		t-test for Equality of Means						
	Equality of Variances		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.						Lower	Upper
Equal variances assumed	1.26	0.27	-2.73	27	0.011	-2.16	0.79	-3.78	-0.53
Equal variances not assumed			-2.88	26.96	0.007	-2.16	0.75	-3.69	-0.62

**Tabela VI.22 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pós-teste entre a Turma de Controlo 1 -Turma Experimental 1.**

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	1.16	0.29	-2.86	35	0.007	-1.92	0.67	-3.28	-0.59
Equal variances not assumed			-2.79	29.10	0.009	-1.92	0.69	-3.33	-0.52

**Tabela VI.23 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pós-teste entre a Turma de Controlo 1 -Turma Experimental 2.**

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0.52	0.48	-3.38	33	0.002	-2.19	0.65	-3.50	-0.87
Equal variances not assumed			-3.45	32.10	0.002	-2.19	0.63	-3.48	-0.89

**Tabela VI.24 – Resultados da análise do teste *t-student* aplicado ao pós-teste entre a Turma de Controlo 2 - Turma Experimental 3.**

Aplicámos a todas as turmas o teste *t-student* para amostras emparelhadas, para contrastar os resultados no pré-teste e no pós-teste, para verificar se existiram melhorias de desempenho estatisticamente significativas (Tabela VI.25, Tabela VI.26, Tabela VI.27, Tabela VI.28 e Tabela VI.29).

Paired Samples Test							
Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-0.72	1.10	0.27	-1.29	-0.16	-2.70	16	0.016

**Tabela VI.25 – Aplicação do teste *t-student* para a comparação das médias emparelhadas (pré/pós-teste) da turma de Controlo 1.**

**Paired Samples Test**

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
0.89	0.94	0.21	0.45	1.33	4.22	19	0.000

**Tabela VI.26 – Aplicação do teste *t-student* para a comparação das médias emparelhadas (pré/pós-teste) da turma de Controlo 2.**

**Paired Samples Test**

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-1.03	1.15	.33	-1.75	-.29	-3.08	11	0.010

**Tabela VI.27 – Aplicação do teste *t-student* para a comparação das médias emparelhadas (pré/pós-teste) da turma Experimental 1.**

**Paired Samples Test**

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-1.57	0.86	0.19	-1.97	-1.18	-8.40	20	0.000

**Tabela VI.28 – Aplicação do teste *t-student* para a comparação das médias emparelhadas (pré/pós-teste) da turma Experimental 2.**

**Paired Samples Test**

Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
			Lower	Upper			
-0.36	0.49	0.13	-0.63	-0.09	-2.82	14	0.01

**Tabela VI.29 – Aplicação do teste *t-student* para a comparação das médias emparelhadas (pré/pós-teste) da turma Experimental 3.**

Como podemos comprovar pelas Tabela VI.25, Tabela VI.26, Tabela VI.27, Tabela VI.28 e Tabela VI.29 o valor de *Sig.* obtido é inferior ao nível de significância (0.05), podendo concluir-se que há evidência estatística de que as médias são significativamente diferentes.

Para comprovar se existem melhorias estatisticamente significativas quando são realizadas actividades de modelação e de simulação em ambientes educativos, aplicámos novamente o teste *t-student* aos incrementos que se registaram do pré-teste para o pós-teste.

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0.06	0.81	-2.90	27	0.007	-1.73	0.60	-2.96	-0.50
Equal variances not assumed			-2.90	23.85	0.008	-1.73	0.60	-2.96	-0.50

**Tabela VI.30 – Resultados da análise do teste *t-student* (amostras independentes) aplicado aos ganhos entre a Turma de Controlo 1 - Turma Experimental 1.**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0.17	0.69	-3.78	36	0.001	-1.79	0.48	-2.76	-0.83
Equal variances not assumed			-3.71	31.53	0.001	-1.79	0.48	-2.78	-0.81

**Tabela VI.31 – Resultados da análise do teste *t-student* (amostras independentes) aplicado aos ganhos entre a Turma de Controlo 1 -Turma Experimental 2.**

	Levene's Test for		t-test for Equality of Means						
	Equality of Variances		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.						Lower	Upper
Equal variances assumed	0.91	0.35	-5.69	33	0.000	-2.64	0.46	-3.58	-1.69
Equal variances not assumed			-5.56	27.51	0.000	-2.64	0.47	-3.61	-1.66

**Tabela VI.32 – Resultados da análise do teste *t-student* (amostras independentes) aplicado aos ganhos entre a Turma de Controlo 2 -Turma Experimental 3.**

Com os resultados obtidos há evidência estatística de que as actividades de modelação realizadas nas diversas turmas resultaram em ganhos de conhecimentos e que todas as turmas do grupo experimental evoluíram com a realização destas actividades ( Tabela VI.30, Tabela VI.31 e Tabela VI.32).

#### **VI.3.4.4 Modelos desenvolvidos pelos alunos**

No decorrer das sessões do grupo experimental os alunos desenvolveram vários modelos de *interacção* para representarem os sistemas em causa e em que duas entidades podem influenciar o nível do risco de incêndio. Devido ao número elevado de modelos criados pelos alunos apenas vamos apresentar alguns exemplos que, em nossa opinião, são os mais representativos ou que mostram uma perspectiva diferente que esse grupo de alunos teve sobre o sistema em análise.

Aos alunos foi pedido que criassem modelos para representarem a influência dos resíduos florestais e do nível de humidade no risco de incêndio. Em todas as sessões os alunos criaram modelos que representavam o que lhes foi pedido. As figuras seguintes (Figura VI.30, Figura VI.31, Figura VI.32) mostram os modelos desenvolvidos por três grupos.





Figura VI.30 – Modelo “Resíduos-Humidade” criado pelo grupo *Funny* (oficina risco de incêndio).

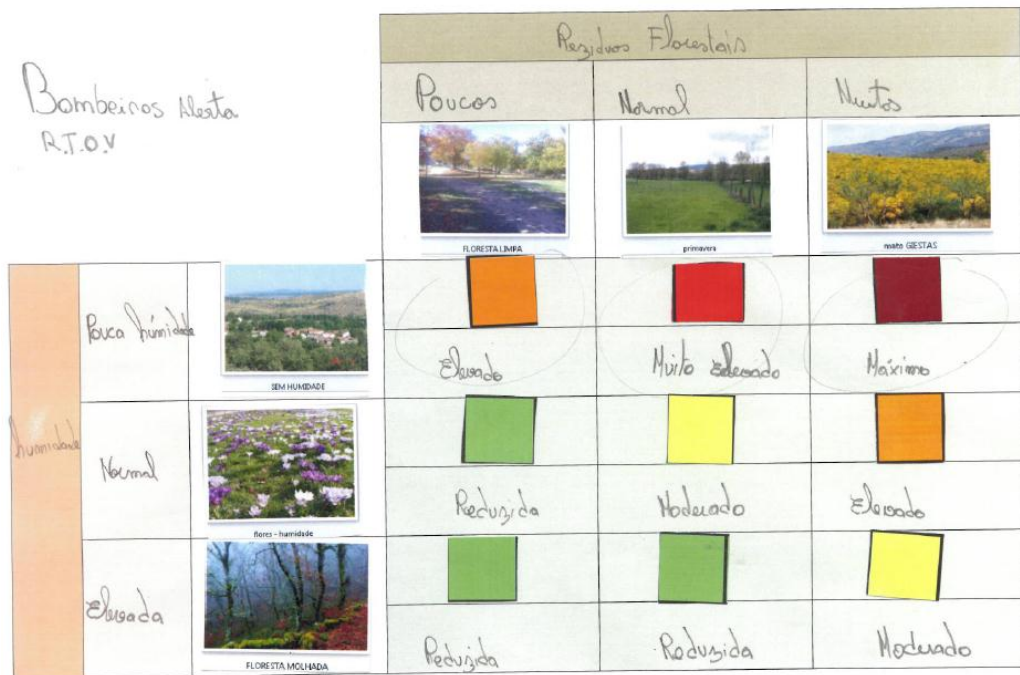


Figura VI.31 – Modelo “Resíduos-Humidade” criado pelo grupo *Bombeiros alerta* (oficina risco de incêndio).



**Figura VI.32 – Modelo “Resíduos-Humidade” criado pelo grupo Os 5 fire (oficina risco de incêndio).**













Todos os modelos têm como *entidades-causa* a humidade (pouca humidade, normal e muito elevada) e os resíduos florestais (poucos, normais e muitos) e como *entidade-efeito* o risco de incêndio (reduzido, moderado, elevado, muito elevado, máximo).

No modelo da Figura VI.32, os alunos indicaram que a humidade elevada no ambiente implicava que o risco de incêndio fosse reduzido. Em contrapartida, nos modelos das Figura VI.30 e Figura VI.31, os alunos definiram que, mesmo com humidade muito elevada se houver uma grande quantidade de resíduos, o nível de risco de incêndio é moderado. No modelo da Figura VI.31 os alunos assumiram que em situações de humidade relativa baixa o nível de incêndio é elevado, mesmo em locais de florestas sem resíduos florestais. Em situações de humidade relativa normal todos os grupos indicaram que o nível de incêndio depende da quantidade de resíduos existentes nas florestas.

Nos modelos criados posteriormente para representar a influência das *entidades-causa* tipo de floresta e humidade na *entidade-efeito* risco de incêndio houve uma maior diversidade de modelos apresentados pelos alunos.

Apesar de todos os modelos possuírem as mesmas entidades e da maioria dos modelos terem a entidade *humidade* com os mesmos estados (*baixa*, *normal/média*, *elevada/alta*), existe uma diversidade muito grande na definição dos estados qualitativos da entidade tipo de floresta e do relacionamento das entidades nos modelos. Esta diversidade, em nossa opinião, resultou dos alunos previamente já terem representado, ou executado, modelos na ferramenta *Simulkids* e sentirem-se assim mais seguros na utilização da ferramenta, o que lhes permitiu expor as diferentes percepções que possuíam sobre o fenómeno.

As figuras seguintes apresentam alguns dos modelos criados pelos alunos para representarem o impacto do tipo de floresta e da humidade no nível do risco de incêndio.

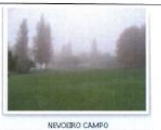











		Tipo de floresta		
		Alta	Média	Baixa
		 pinheiro	 Castanheira	 campos verdes
Humidade	Alta			
	Média			
	Baixa			
		<i>muito elevado</i>	<i>muito elevada</i>	<i>elevado</i>
		<i>muito elevada</i>	<i>elevado</i>	<i>moderado</i>
		<i>elevado</i>	<i>moderado</i>	<i>reduzido</i>

**Figura VI.33 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 1 (oficina risco de incêndio).**

No modelo representado na Figura VI.33 os alunos definiram os estados qualitativos *alta*, *média* e *baixa* para explicar o comportamento da entidade *tipos de floresta*. A cada um destes estados foi atribuída uma imagem, *alta-*

*pinheiro, médio-autóctone e baixa-campos verdes*. Os alunos na definição de cada estado atribuíram um grau de influência de como cada um destes estados pode influenciar o nível do risco de incêndio, *alta* no caso dos pinhais, *média* no caso de uma floresta autóctone e *baixa* no caso dos campos verdes/agrícolas. Ao relacionarem as duas *entidades-causa* com a *entidade-efeito* coloca-se em evidência a importância do tipo de floresta e de como é influenciado negativamente o nível do risco de incêndio sempre que o grau de humidade diminui. Esta relação é particularmente difícil de representar, porque quanto menor for a humidade maior será o risco.

Pinheiro verde

		Tipos de florestas			
		Mato	autóctone	Floresta Desordenada	
Humidade	Alta	 NEVOeiro CAMPO			
	Elevada				
	Baixa	 SEM HUMIDADE	Máximo	Muito Elevado	Máximo
	Muito Baixa				
	Baixa	 CHUVA	Moderado	Reduzido	Moderado
	Muito Baixa				

**Figura VI.34 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 2 (oficina risco de incêndio).**

No modelo da Figura VI.34 os alunos definiram que o tipo de floresta era representado pelos estados qualitativos *mato*, *autóctone* e *floresta desordenada*. Ao analisarmos a *Tabela de relacionamento* podemos verificar que os alunos representaram dois estados que possuem o mesmo comportamento, *mato* e *floresta desordenada*, em situações de humidade idênticas. Neste modelo o tipo de floresta *autóctone* tem um nível de risco de incêndio inferior às *florestas desordenadas* e ao *mato*.



Os alunos que criaram o modelo representado na Figura VI.35 definiram como estados qualitativos da entidade “tipo de floresta” o *souto* (castanheiros), *mato* e *eucaliptal* (eucaliptos). Podemos concluir ao analisar o modelo que:

- Um *souto* só tem um nível de risco de incêndio muito elevado quando a humidade relativa é baixa.
- No caso de uma situação de humidade relativa elevada o nível de risco de incêndio mantém-se sempre no nível reduzido.
- O risco de incêndio num *matagal* é máximo quando se verifica que o nível de humidade é reduzido.
- Num nível de *humidade* normal o risco de incêndio é superior ao dos *soutos* nos eucaliptais e nos matagais.

$H = C$


		Tipo de Floresta		
		Castanheiros	Mato	Eucaliptos
Humidade	Normal  NEVOEIRO CAMPO	Reduzido 	Reduzido 	Reduzido 
	Elevada  CHUVA	Reduzido 	Reduzido 	Reduzido 
	Reduzida  DIA DE SOL	Muito elevado 	Máximo 	Muito elevado 

**Figura VI.35 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 3 (oficina risco de incêndio).**

No exemplo da Figura VI.36, foram definidos os estados qualitativos *mato*, *souto* (floresta de castanheiros) e *campo agrícola* para representarem o comportamento da entidade “tipos de florestas”. Neste exemplo, o comportamento da entidade *humidade* foi representado através de *chuva intensa* (*humidade elevada*), *nevoeiro* e *sem humidade*. Ao analisarmos o modelo, verificamos que os *campos agrícolas* possuem um nível de risco de

incêndio inferior, só igual aos dois outros estados qualitativos quando a humidade relativa for elevada. Numa situação de humidade relativa reduzida o nível do risco de incêndio é superior (máximo) nos *matagais*; nesta situação os *soutos* têm um nível de risco de incêndio inferior (*muito elevado*).

$G = C$

		Tipos de florestas		
		mato	floresta de castanheiros	campo agrícola
		 RESÍDUOS SECOS	 castanheiros	 FLORESTA LIMPA
Tipos de humidade	chuva intensa  chuva	reduzida 	reduzida 	reduzida 
	moderada  NOVOIRO CAMPO	elevado 	elevado 	reduzida 
	sem humidade  SEM HUMIDADE	máximo 	muito elevado 	moderado 

**Figura VI.36 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 4 (oficina risco de incêndio).**

Nos modelos da Figura VI.37 e da Figura VI.38 a entidade “tipo de floresta” é representada através dos estados qualitativos *olival*, *pinhal* e *mato*. Como podemos verificar, o *olival* tem um nível do risco de incêndio inferior ao das outras duas entidades. No primeiro modelo, o *pinhal* possui um risco inferior ao do *matagal*, tendo apenas este um nível do risco de incêndio máximo numa situação de humidade relativa reduzida. No modelo da Figura VI.38, o *pinhal* e o *matagal* possuem o mesmo risco de incêndio numa situação de humidade relativa reduzida. Ao compararmos os dois modelos podemos concluir que no modelo da Figura VI.38 os alunos atribuíram um grau de influência superior aos níveis de humidade, porque existindo uma diminuição de humidade o nível do risco de incêndio passa para níveis mais elevados.

25/5 fire

		Tipo de floresta		
		mato	pinhal	olival
		máximo	muito elevado	elevado
humida	pouca			
	normal			
	muito elevada			
		elevado	moderado	reduzido
		moderado	reduzido	reduzido

Figura VI.37 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 5 (oficina risco de incêndio).

Bombasinas Alerta  
P.T.O v

		Tipo de floresta		
		Pinhal	Olival	Mato
		Máximo	Muito elevado	Máximo
Humidade	Pouca			
	Normal			
	Elevada			
		Elevado	Moderado	Muito Elevado
		Moderado	Reduzido	Moderado

Figura VI.38 – Tabela de relacionamento “tipo de floresta-humidade”, modelo 6 (oficina risco de incêndio).

### VI.3.4.5 Análise dos resultados por itens

Nesta secção pretendemos fazer uma análise às percentagens de respostas correctas a cada pergunta do questionário colocado aos alunos, no pré-teste e no pós-teste. Em todas as sessões realizadas no âmbito desta fase do trabalho, a equipa de investigação deu ênfase a várias questões sobre o tema “incêndios florestais”, as suas causas, os impactos provocados, o nível do risco de incêndio e os factores que, de alguma forma, podem influenciar o nível do risco de incêndio. As questões colocadas nos pré-testes e nos pós-testes permitiram-nos, de uma forma mais ou menos directa, aferir os conhecimentos dos alunos em cada uma das áreas referidas.

No pré-teste num total de 26 perguntas, de escolha múltipla ou de lacunas, os alunos responderam a 19 questões relacionadas com o nível do risco de incêndio, a 3 questões relacionadas com as causas e a 6 questões relacionadas com os possíveis efeitos provocados pelos incêndios florestais (algumas perguntas diziam respeito a mais do que um tema).

Dos resultados obtidos, na cidade da Guarda, podemos concluir (Tabela VI.33, Gráfico VI.2 e Gráfico VI.3):

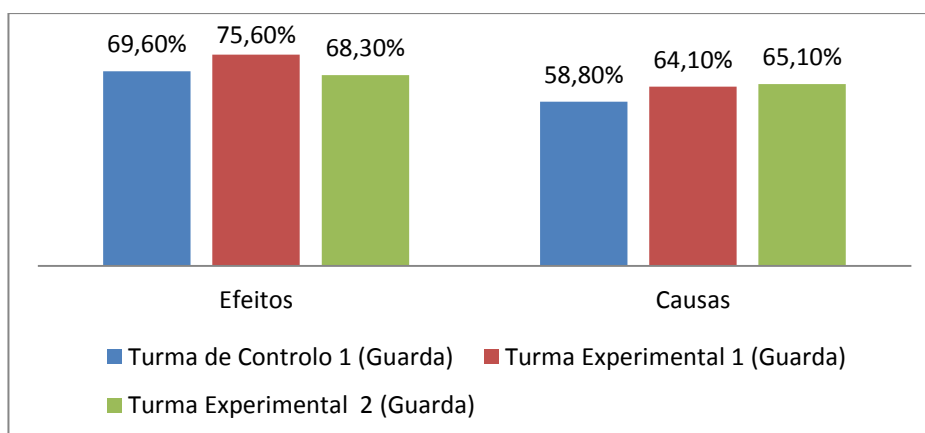
- As três turmas conseguiram identificar os impactos provocados pelos fogos florestais. Na turma de *controlo* responderam correctamente a estas questões 69,6% dos alunos, nas turmas *experimentais 1 e 2* 75,6% e 68,3% dos alunos respectivamente.
- Relativamente às causas dos incêndios florestais em todas as turmas a maioria dos alunos respondeu correctamente a esta questão; turma de *controlo* 58,8% dos alunos, turma *experimental 1* 64,1% dos alunos e turma de *experimental 2* 65,1% dos alunos. De referir que ambas as turmas experimentais obtêm valores superiores à turma de controlo.
- Dos diversos factores que influenciam o risco de incêndio, e de acordo com os resultados, podemos afirmar que os alunos reconheceram o vento como factor que potencia o risco de incêndio. Na turma de *controlo* 68,2% dos alunos, na turma de *experimental 1* 64,6% dos



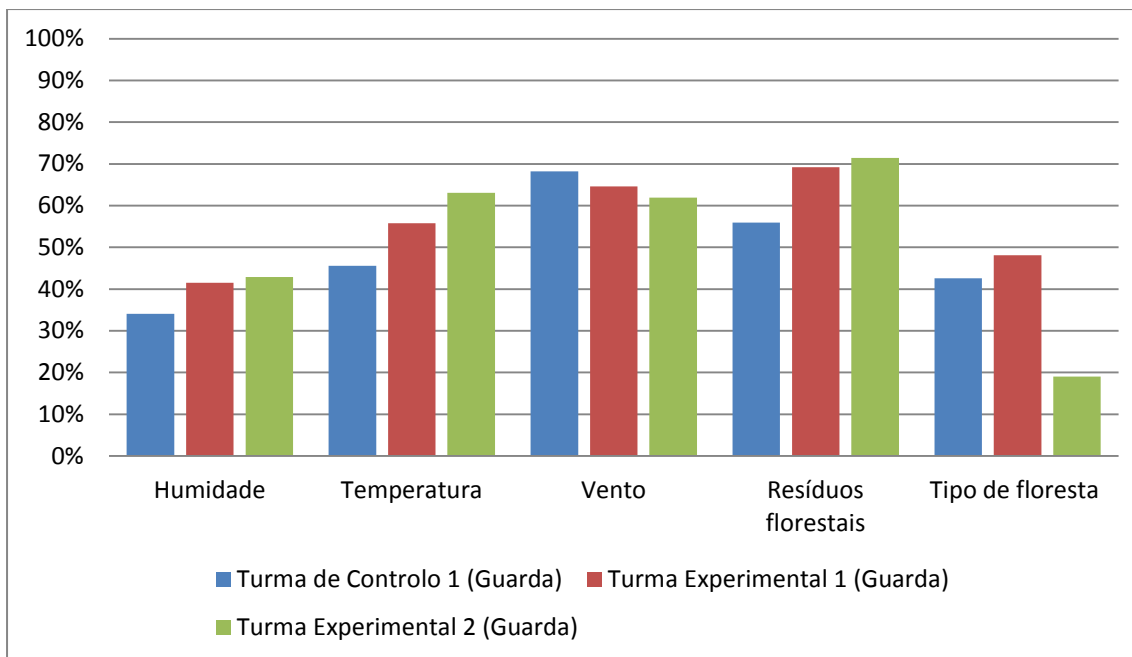
alunos e na turma *experimental 2* 61,9% dos alunos. Em relação aos resíduos florestais e vento, a maioria dos alunos responderam que são factores que potenciam o risco de incêndio. Em relação aos factores humidade e tipo de floresta podemos afirmar que a maioria dos alunos não vê nestes factores capacidade para alterarem o nível do risco de incêndio.

	Turma Controlo 1 (Guarda)	Turma Exp. 1 (Guarda)	Turma Exp. 2 (Guarda)
<b>Efeitos</b>	69,6%	75,6%	68,3%
<b>Causas</b>	58,8%	64,1%	65,1%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>			
<b>Humidade</b>	34,1%	41,5%	42,9%
<b>Temperatura</b>	45,6%	55,8%	63,1%
<b>Vento</b>	68,2%	64,6%	61,9%
<b>Resíduos florestais</b>	55,9%	69,2%	71,4%
<b>Tipo de floresta</b>	42,6%	48,1%	19,0%
<b>Média</b>	49,3%	55,8%	51,7%

**Tabela VI.33 – Resultados do pré-teste nas turmas da cidade da Guarda (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.2 – Resultados do pré-teste às questões efeitos e causas nas turmas da cidade da Guarda (oficina risco de incêndio).**

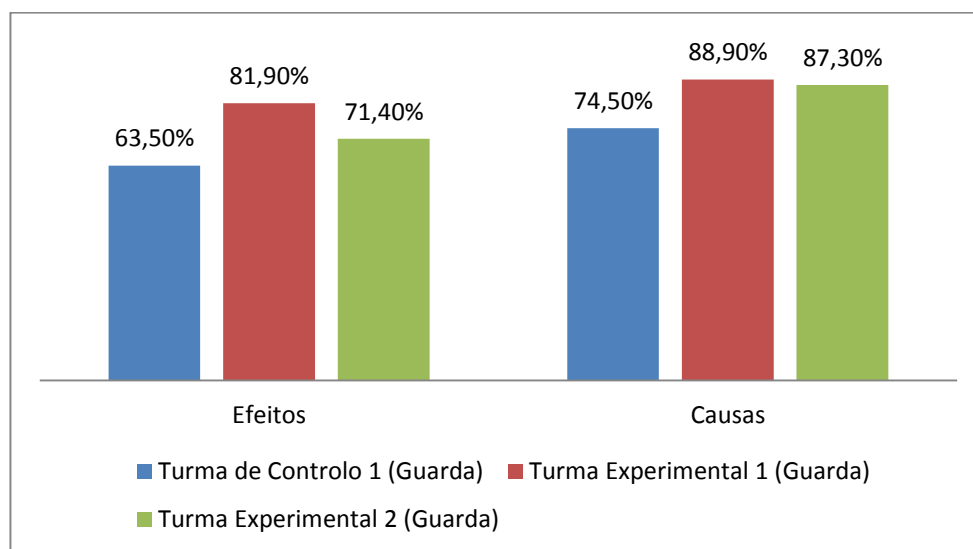


**Gráfico VI.3 – Resultados do pré-teste nas turmas da cidade da Guarda às questões sobre os factores que influenciam o risco de incêndio (oficina risco de incêndio).**

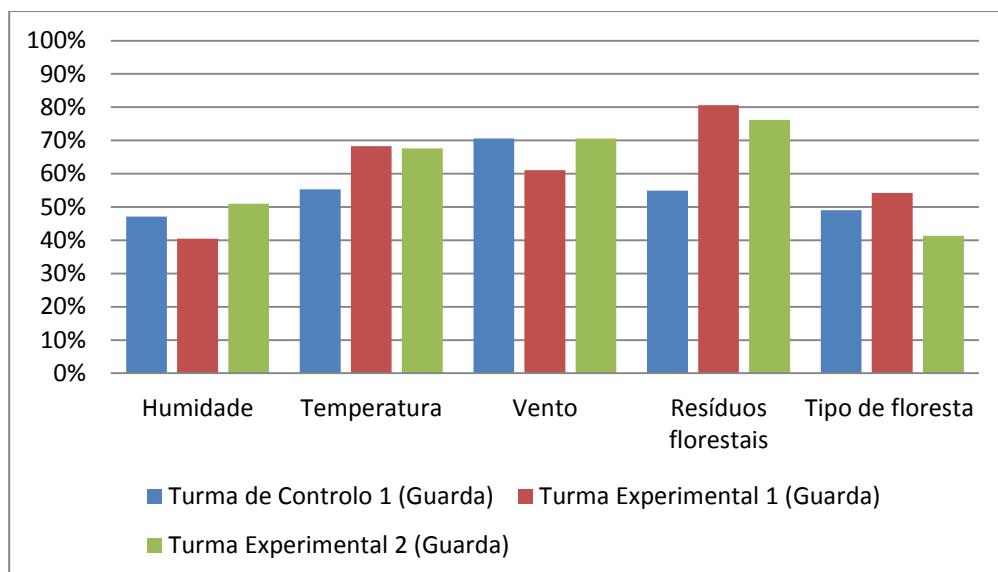
Como foi referido anteriormente, após a sessão e com um intervalo de tempo de quinze dias, os alunos preencheram novamente uma ficha de avaliação (pós-teste). A ficha possuía vinte e sete questões relacionadas com o nível do risco de incêndio, referindo-se cinco dessas questões directamente à influência da humidade, temperatura, vento, resíduos florestais e tipo de floresta no nível do risco de incêndio. Os alunos tinham que responder a três perguntas relacionadas com as causas e a seis perguntas relacionadas com os possíveis efeitos provocados pelos incêndios florestais. Com o objectivo de verificarmos se os alunos compreendiam o conceito de risco de incêndio colocámos três perguntas sobre a definição de risco de incêndio. Os resultados obtidos com a realização do pós-teste estão resumidos na Tabela VI.34.

	<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 2 (Guarda)</b>
<b>Efeitos</b>	63,5%	81,9%	71,4%
<b>Causas</b>	74,5%	88,9%	87,3%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>			
<b>Humidade</b>	47,1%	40,5%	51,0%
<b>Temperatura</b>	55,3%	68,3%	67,6%
<b>Vento</b>	70,6%	61,1%	70,6%
<b>Resíduos florestais</b>	54,9%	80,6%	76,2%
<b>Tipo de floresta</b>	49,0%	54,2%	41,3%
<b>Média</b>	55,4%	60,9%	61,3%

**Tabela VI.34 – Resultados do pós-teste nas turmas da cidade da Guarda (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.4 – Resultados globais às questões efeitos e causas do pós-teste nas turmas da cidade da Guarda (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.5 – Resultados do pós-teste nas turmas da cidade da Guarda às questões sobre os factores que influenciam o risco de incêndio (oficina risco de incêndio).**

Para compreendermos melhor a evolução dos alunos após a realização do pós-teste, a Tabela VI.35 apresenta os ganhos obtidos pelas turmas da cidade da Guarda ao compararmos os resultados do pré-teste com os resultados do pós-teste.

	<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 2 (Guarda)</b>
<b>Efeitos</b>	-6,10%	6,30%	3,10%
<b>Causas</b>	15,70%	24,80%	22,20%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>			
<b>Humidade</b>	13,00%	-1,00%	8,10%
<b>Temperatura</b>	9,70%	12,50%	4,50%
<b>Vento</b>	2,40%	-3,50%	8,70%
<b>Resíduos florestais</b>	-1,00%	11,40%	4,80%
<b>Tipo de floresta</b>	6,40%	6,10%	22,30%

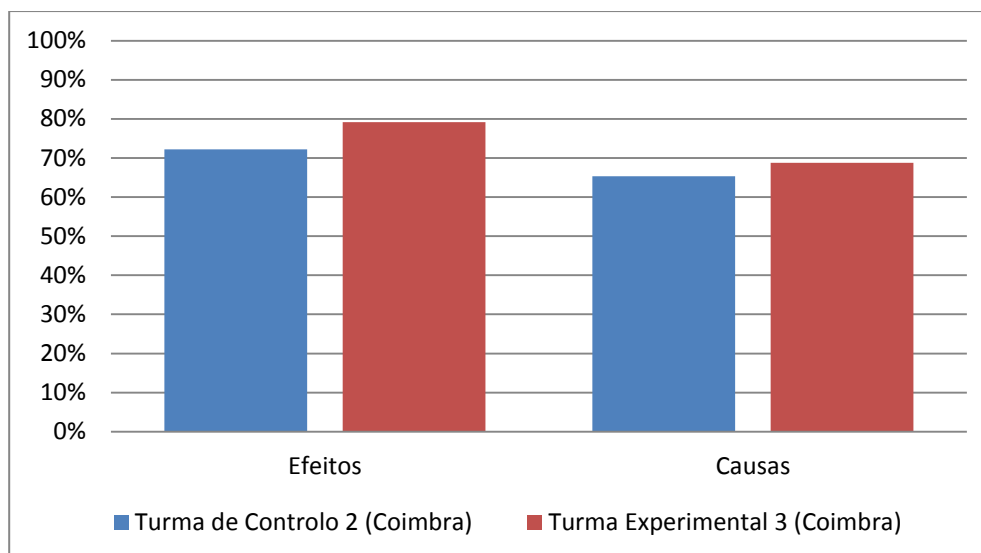
**Tabela VI.35 – Progressão entre o pré-teste e o pós-teste nas turmas da cidade da Guarda (oficina risco de incêndio).**

Ao analisarmos a Tabela VI.35 verificamos que os ganhos foram positivos em praticamente todas as questões. Nos casos em que isso não ocorreu as diferenças são muito pequenas, de 1,00% e 3,5%, excepto na identificação dos efeitos, em que a percentagem de alunos da *turma de controlo* que o fizeram correctamente decresceu de 6,1%. A identificação das causas foi a questão onde se verificou uniformemente uma progressão positiva, o que nos leva a concluir que os alunos compreenderam melhor as diferenças entre as causas dos incêndios florestais e os factores que podem influenciar o risco de incêndio.

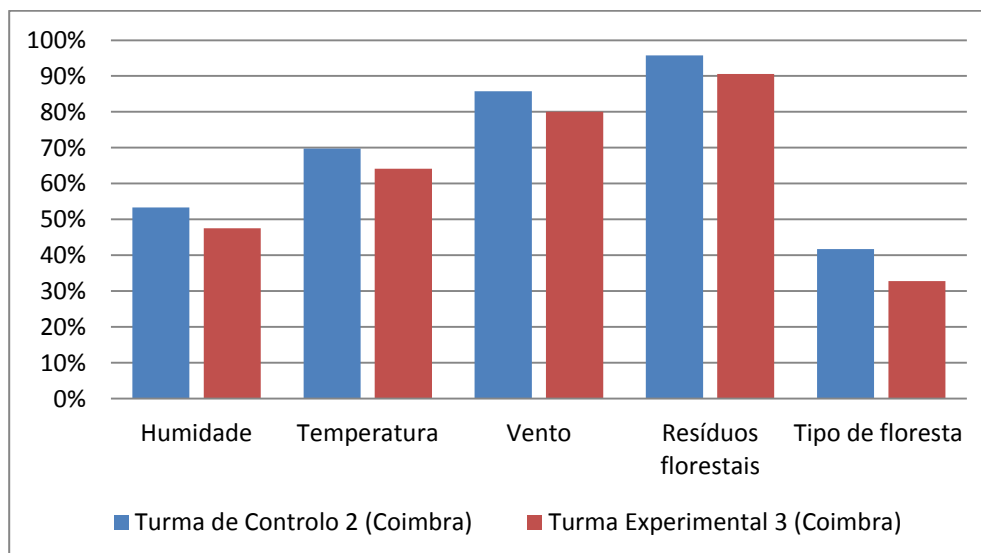
A Tabela VI.36 possui os resultados obtidos no pré-teste nas turmas de Coimbra. Através dos dados obtidos podemos afirmar que estes alunos possuíam mais conhecimentos sobre os temas abordados nas sessões, quando comparados com os dados obtidos nas turmas da cidade da Guarda. Apenas no factor *tipo de floresta* é que existe uma percentagem reduzida de alunos que relacionou este factor com o nível do risco de incêndio (Gráfico VI.6 e Gráfico VI.7).

	<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	<b>Turma Exp. 3 (Coimbra)</b>
<b>Efeitos</b>	72,2%	79,2%
<b>Causas</b>	65,3%	68,8%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>		
<b>Humidade</b>	53,3%	47,5%
<b>Temperatura</b>	69,8%	64,1%
<b>Vento</b>	85,8%	80,0%
<b>Resíduos florestais</b>	95,8%	90,6%
<b>Tipo de floresta</b>	41,7%	32,8%
<b>Média</b>	69,3%	63,0%

**Tabela VI.36 – Resultados do pré-teste nas turmas da cidade de Coimbra (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.6 – Resultados globais às questões efeitos e causas do pré-teste nas turmas da cidade de Coimbra (oficina risco de incêndio).**

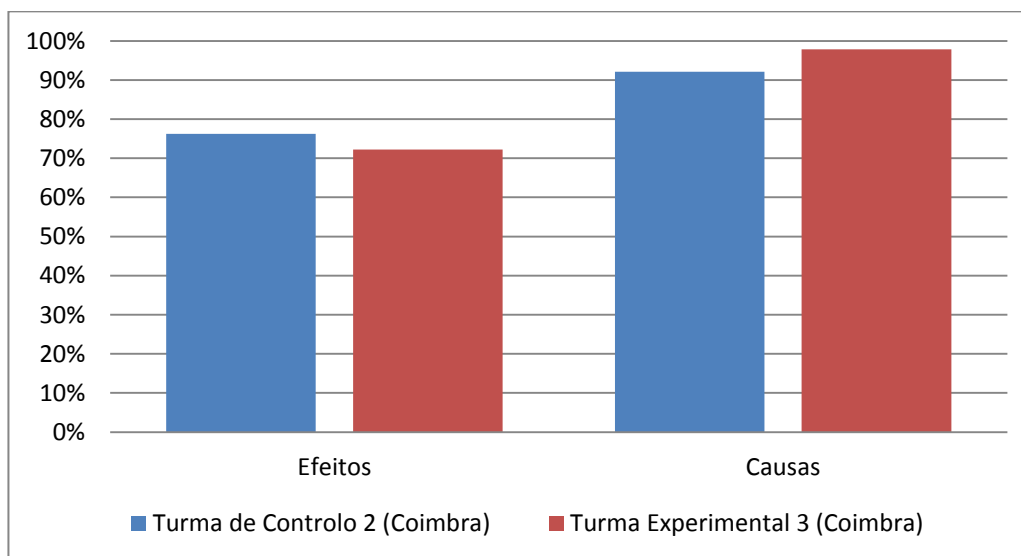


**Gráfico VI.7 – Resultados do pré-teste nas turmas da cidade de Coimbra às questões sobre os factores que influenciam o risco de incêndio.**

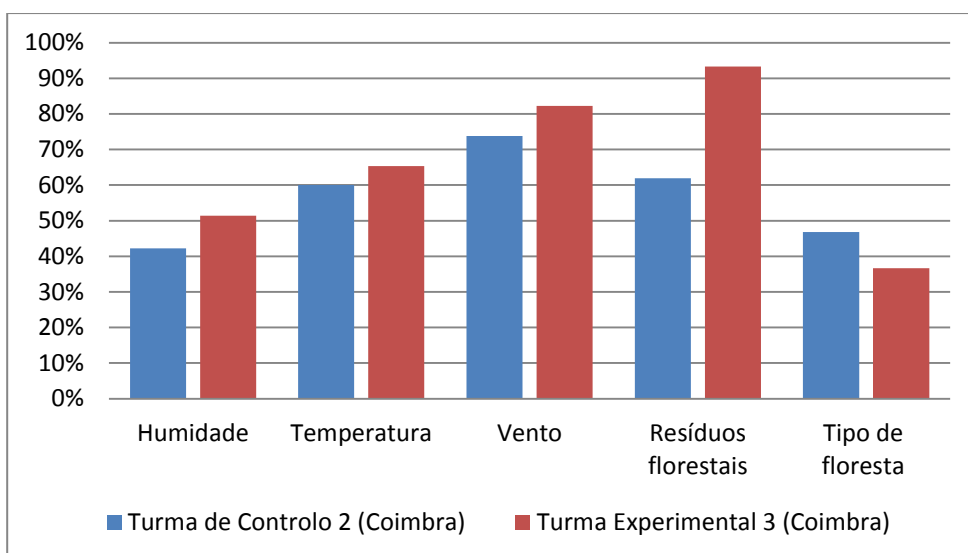
No pós-teste das turmas de Coimbra (Tabela VI.37, Gráfico VI.8 e Gráfico VI.9) verificámos que a turma de *controlo* registou uma progressão negativa em quatro dos cinco factores analisados, tendo no caso particular dos Resíduos florestais obtido um decréscimo de 33,9%. Em comparação, a turma *experimental* teve ganhos em todos os factores. Na identificação dos efeitos, a turma *experimental* teve uma progressão negativa de 6,9%, comparando com os 4% de progressão positiva da turma de *controlo*.

	<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	<b>Turma Exp. 3 (Coimbra),</b>
<b>Efeitos</b>	76,2%	72,2%
<b>Causas</b>	92,1%	97,8%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>		
<b>Humidade</b>	42,2%	51,4%
<b>Temperatura</b>	60,0%	65,3%
<b>Vento</b>	73,8%	82,2%
<b>Resíduos florestais</b>	61,9%	93,3%
<b>Tipo de floresta</b>	46,8%	36,7%
<b>Média</b>	56,9%	65,8%

**Tabela VI.37 – Resultados do pós-teste nas turmas da cidade de Coimbra (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.8 – Resultados globais às questões efeitos e causas do pós-teste nas turmas da cidade de Coimbra (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.9 – Resultados do pós-teste nas turmas da cidade de Coimbra às questões sobre os factores que influenciam o risco de incêndio (oficina risco de incêndio).**

Em relação às causas, 92,1% dos alunos da turma de *controlo* referiram correctamente quais as causas dos incêndios florestais e na turma *experimental* 97,8% dos alunos responderam correctamente a esta questão, representando um ganho de 26,8% e 29% respectivamente (Tabela VI.38).

	Turma de Controlo 2 (Coimbra)	Turma Exp. 3 (Coimbra)
Efeitos	4,0%	-6,9%
Causas	26,8%	29,0%
<b>Factores que influenciam o risco de incêndio</b>		
Humidade	-11,2%	3,9%
Temperatura	-9,8%	1,3%
Vento	-12,0%	2,2%
Resíduos florestais	-33,9%	2,7%
Tipo de floresta	5,2%	3,9%

**Tabela VI.38 – Progressão entre o pré e pós-teste nas turmas da cidade de Coimbra (oficina risco de incêndio).**



No pós-teste os alunos responderam directamente a cinco questões sobre de que forma é que determinados factores influenciavam o risco de incêndio:

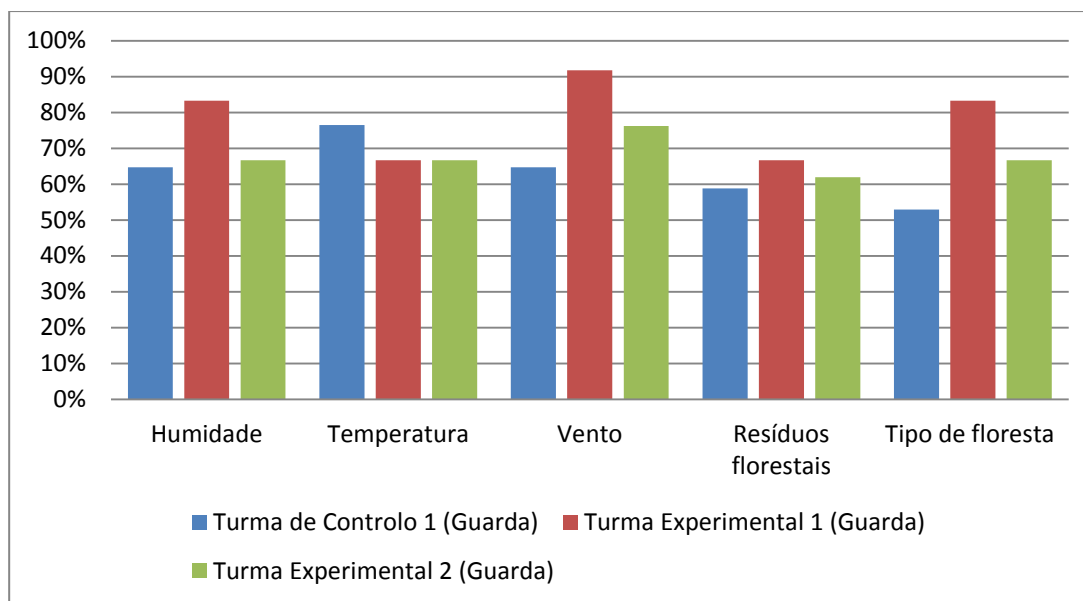
*Quais os factores que podem ajudar a propagar um fogo florestal?*

<i>Temperatura</i>	<i>baixa</i>	<input type="checkbox"/>	<i>elevada</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Humidade</i>	<i>baixa</i>	<input type="checkbox"/>	<i>elevada</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Vento</i>	<i>fraco</i>	<input type="checkbox"/>	<i>forte</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Florestas</i>	<i>resinosas</i>	<input type="checkbox"/>	<i>autóctones</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Resíduos florestais em número</i>	<i>reduzido</i>	<input type="checkbox"/>	<i>abundante</i>	<input type="checkbox"/>

Ao analisarmos os resultados obtidos nesta questão, Tabela VI.39 e Tabela VI.40, verificamos que todas as turmas *experimentais* obtêm um resultado médio superior em relação às turmas de *controlo*. Em praticamente todos os factores, as turmas *experimentais* têm resultados superiores, com a excepção da turma de *controlo* da cidade da Guarda, que obteve uma percentagem superior no factor temperatura (Gráfico VI.10 e Gráfico VI.11).

	<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 1 (Guarda)</b>	<b>Turma Exp. 2 (Guarda)</b>
<b>Humidade</b>	64,7%	83,3%	66,7%
<b>Temperatura</b>	76,5%	66,7%	66,7%
<b>Vento</b>	64,7%	91,7%	76,2%
<b>Resíduos florestais</b>	58,8%	66,7%	61,9%
<b>Tipo de floresta</b>	52,9%	83,3%	66,7%
<b>Média</b>	63,5%	78,3%	67,6%

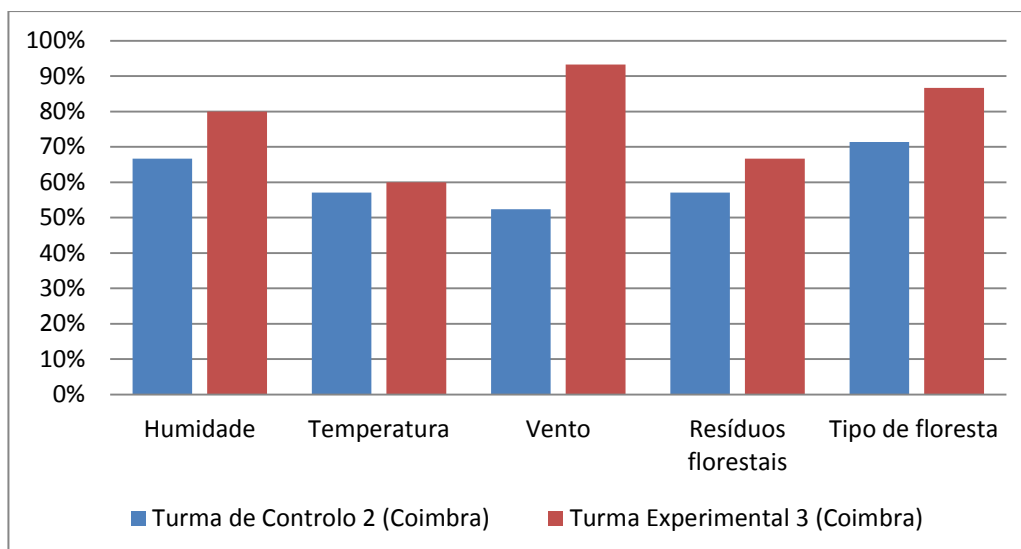
**Tabela VI.39 – Resultados das perguntas sobre factores que influenciam o risco de incêndio (pós-teste Guarda).**



**Gráfico VI.10 – Resultados das perguntas sobre factores que influenciam o risco de incêndio (pós-teste Guarda).**

	<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	<b>Turma Exp. 3 (Coimbra)</b>
<b>Humidade</b>	66,7%	80,0%
<b>Temperatura</b>	57,1%	60,0%
<b>Vento</b>	52,4%	93,3%
<b>Resíduos florestais</b>	57,1%	66,7%
<b>Tipo de floresta</b>	71,4%	86,7%
<b>Média</b>	61,0%	77,3%

**Tabela VI.40 – Resultados das perguntas sobre factores que influenciam o risco de incêndio (pós-teste Coimbra).**

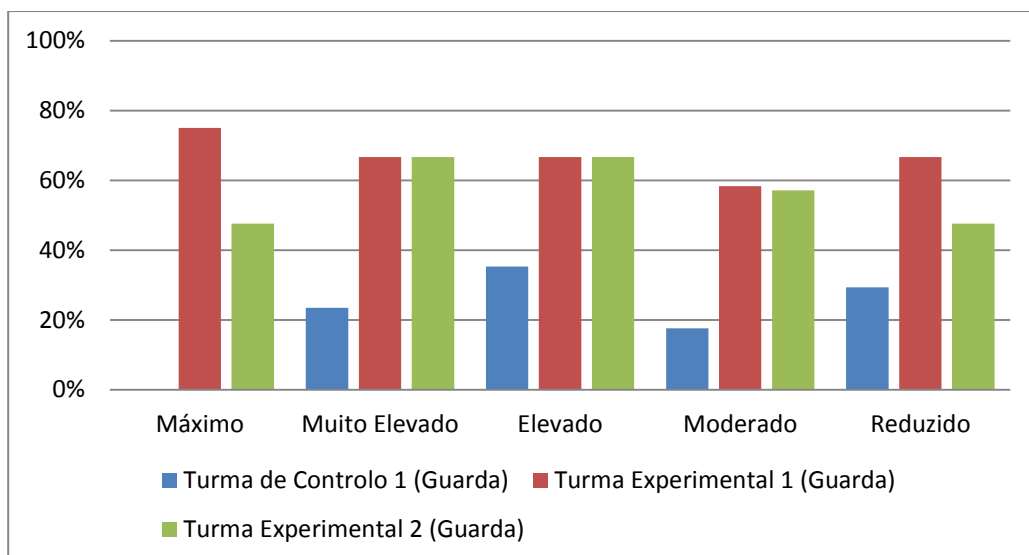


**Gráfico VI.11 – Resultados das perguntas sobre factores que influenciam o risco de incêndio (pós-teste Coimbra).**

No pós-teste foi pedido aos alunos para identificarem as cores de cada nível do risco de incêndio. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela VI.41 e na Tabela VI.42. Nesta questão a diferença de resultados entre as turmas de *controlo* e as turmas *experimentais* permite-nos afirmar com clareza que as turmas *experimentais* conseguem relacionar e compreender melhor o código de cores utilizado na representação do nível do risco de incêndio (Gráfico VI.12 e Gráfico VI.13).

	Turma de Controlo 1 (Guarda)	Turma Exp. 1 (Guarda)	Turma Exp. 2 (Guarda)
<b>Máximo</b>	0,0%	75,0%	47,6%
<b>Muito Elevado</b>	23,5%	66,7%	66,7%
<b>Elevado</b>	35,3%	66,7%	66,7%
<b>Moderado</b>	17,6%	58,3%	57,1%
<b>Reduzido</b>	29,4%	66,7%	47,6%
<b>Média</b>	20,0%	66,7%	57,1%

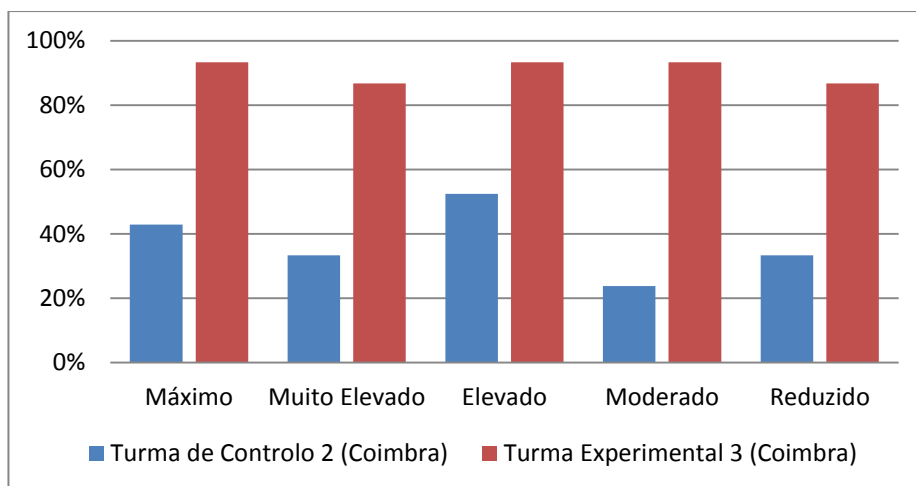
**Tabela VI.41 – Resultados da identificação das cores dos níveis do risco de incêndio (pós-teste Guarda).**



**Gráfico VI.12 – Resultados da identificação das cores dos níveis do risco de incêndio (pós-teste Guarda).**

	<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	<b>Turma Exp. 3 (Coimbra)</b>
<b>Máximo</b>	42,9%	93,3%
<b>Muito Elevado</b>	33,3%	86,7%
<b>Elevado</b>	52,4%	93,3%
<b>Moderado</b>	23,8%	93,3%
<b>Reduzido</b>	33,3%	86,7%
<b>Média</b>	37,1%	90,7%

**Tabela VI.42 – Resultados da identificação das cores dos níveis do risco de incêndio (pós-teste Coimbra).**



**Gráfico VI.13 – Resultados da identificação das cores dos níveis do risco de incêndio (pós-teste Coimbra).**

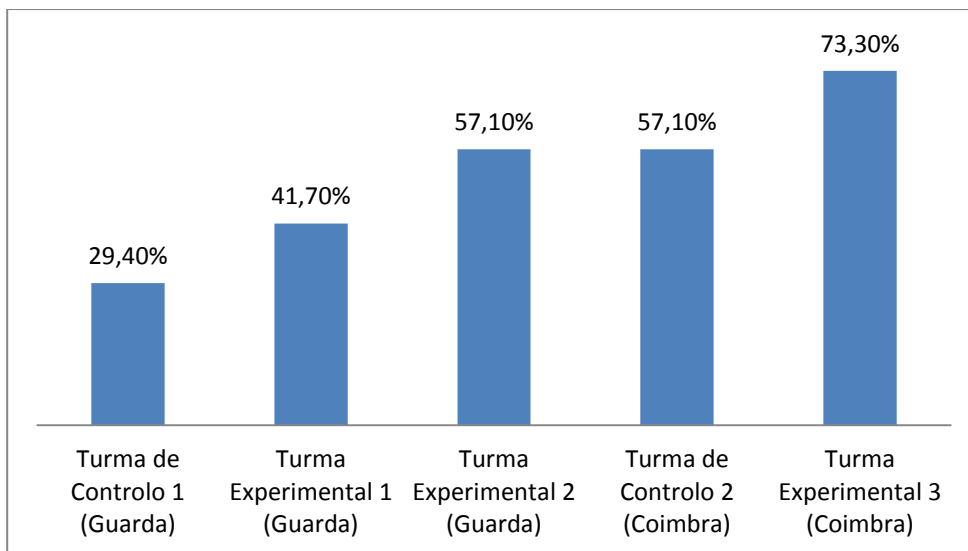
Com o objectivo de averiguarmos se os alunos compreendiam o significado do nível do risco de incêndio responderam ainda à seguinte questão:

<i>O risco de incêndio mede:</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
<i>O número de incêndios que ocorrem num determinado dia</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>A probabilidade de ocorrerem incêndios num determinado dia</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>O número de incêndios que se iniciaram num determinado dia</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ao analisarmos os resultados por cidade (Tabela VI.43 e Gráfico VI.14), averiguamos que as turmas de *controlo* obtêm resultados inferiores às turmas *experimentais*.

	<b>Definição de risco de incêndio</b>
<b>Turma de Controlo 1 (Guarda)</b>	29,4%
<b>Turma Experimental 1 (Guarda)</b>	41,7%
<b>Turma Experimental 2 (Guarda)</b>	57,1%
<b>Turma de Controlo 2 (Coimbra)</b>	57,1%
<b>Turma Experimental 3 (Coimbra)</b>	73,3%

**Tabela VI.43 – Resultados da definição de risco de incêndio no pós-teste (oficina risco de incêndio).**



**Gráfico VI.14 – Resultados da definição de risco de incêndio no pós-teste (oficina risco de incêndio).**

#### **VI.4. Actividades com professores**

No decorrer de todas as oficinas realizadas no âmbito desta investigação, os professores, responsáveis de agrupamento e professores titulares de turma, participaram de uma forma activa na planificação e no desenrolar de todas as actividades. Em todas as sessões a planificação das actividades a realizar com os alunos foi apresentada aos professores, para que avaliassem a pertinência das mesmas e da utilização de actividades de modelação e de simulação em contexto de sala de aula.

Na sessão referida na secção VI.2.2 coube ao professor da turma introduzir o conceito de *Tabela de relacionamento* definida pela metodologia *M4K*. Esta abordagem permitiu-nos avaliar as dificuldades sentidas pelo professor e pelos alunos em compreenderem a metáfora utilizada para representar um modelo do tipo *causa-efeito*. No decorrer da sessão verificou-se que os alunos tinham compreendido o significado da *Tabela de relacionamento* e de todos os elementos que a compõem: *entidades-causa*, *entidade-efeito* e respectivos estados qualitativos.

No âmbito da unidade curricular Ensino Experimental das Ciências Físicas do Mestrado em Ensino Experimental das Ciências no 1º e 2º Ciclo do Ensino Básico, leccionado na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto, promovemos uma sessão, com a duração de três horas, em que participaram apenas professores num total de onze do 1º e do 2º ciclos do Ensino Básico.

Nesta actividade procurámos evidenciar as potencialidades e as formas de utilização de ferramentas de modelação e de simulação e, ainda, quais as estratégias e os contextos em que poderiam ser utilizadas em ambiente educativo. A sessão iniciou-se com uma breve referência às potencialidades das actividades de modelação e de simulação nesse contexto. De seguida apresentámos algumas ferramentas referenciadas na secção II.9. Em contraponto às ferramentas disponíveis no mercado, apresentámos a ferramenta *Simulkids* e a metáfora de representação de modelos definida na metodologia *M4K*.

Era nosso objectivo verificar o grau de aceitação da metodologia e da ferramenta por parte de futuros professores das áreas das Ciências e em que áreas, segundo a opinião dos próprios, poderiam ser desenvolvidas este tipo de actividades.

No decorrer da sessão e no debate que promovemos com os professores, ficou evidente para equipa de investigação que todos os professores reconheceram as potencialidades das actividades de modelação/simulação em contexto educativo. Não tiveram também dificuldade em criar novos modelos. A selecção de temas, a identificação de entidades e a definição dos estados qualitativos foi um processo transparente e simples. No debate, os professores identificaram diversas áreas e contextos em que podiam ser utilizados modelos para explicação de conceitos complexos. Segundo a sua opinião, a fase mais difícil na concepção de um modelo é a definição dos estados qualitativos das entidades e a semântica utilizada para definir cada um desses estados.

## VI.5. Conclusão

A equipa de investigação procurou em todas as fases deste trabalho inquirir os professores e os alunos de forma a validar todos os desenvolvimentos e alterações realizados na metodologia *M4K* e na ferramenta *Simulkids*. A estratégia adoptada permite-nos afirmar que os alunos e os professores tiveram um papel fundamental no desenvolvimento tanto da metodologia como da ferramenta.

Após a realização das diversas oficinas podemos concluir que as crianças deste nível de ensino têm as capacidades cognitivas necessárias para interagirem com aplicações de simulação e que retiram dessas actividades informação sobre o funcionamento dos sistemas representados. A partir de conhecimentos genéricos sobre um determinado sistema dinâmico, as crianças conseguiram identificar os elementos essenciais que o compunham.

Nas diversas oficinas, as crianças representaram sistemas dinâmicos através da identificação das entidades que compõem um modelo que os represente. Associaram a cada entidade estados qualitativos que permitiam representar o comportamento das mesmas. Definiram qual ou quais as *entidades-causa* do modelo em questão e representaram a relação entre elas e a *entidade-efeito* através da *Tabela de relacionamento*. Verificámos que as crianças ao realizarem actividades de modelação, ou de simulação, conseguiram construir o seu próprio conhecimento e obter melhores resultados quando comparadas com crianças que abordaram o mesmo tema através de metodologias mais tradicionais.

Os professores que participaram nas sessões realizadas assumiram um papel fundamental na realização das diversas actividades e contribuíram de uma forma activa no desenrolar das mesmas, quer apoiando-as, quer validando a metodologia *M4K*. Como autores de modelos, os professores identificaram desde logo os pontos críticos na sua elaboração, a definição dos estados



qualitativos das entidades e a semântica a utilizar para definir a gama de valores de cada entidade.

Ao avaliarmos a ferramenta *Simulkids* pretendemos verificar:

- Se o tempo de adaptação à ferramenta não era excessivo.
- Se existem dificuldades na compreensão da metáfora utilizada para representar um modelo.
- Se os alunos compreendiam a utilidade das opções que se encontram na aplicação.
- Se os alunos compreendiam e utilizavam de uma forma correcta a georreferenciação de modelos.
- Se na definição dos estados qualitativos os alunos utilizavam conteúdos multissensoriais.
- O nível de aceitação da ferramenta e qual a sua utilidade no processo de aprendizagem.

A equipa de investigação constatou também a diversidade de áreas curriculares onde podem ser implementadas este tipo de actividades. Nestas actividades a metodologia *M4K* e a ferramenta-autor *Simulkids* podem ser um recurso educativo de fácil acesso a alunos e a professores para a compreensão de sistemas dinâmicos, sem ser necessário para isso de dispor de muito tempo para adaptação à metodologia e à ferramenta.



## **Capítulo VII. Conclusão**

### **VII.1. Introdução**

A contínua mutação da sociedade actual e as exigências a que estão sujeitos todos os intervenientes do processo educativo, em conjugação com a evolução que as TIC têm verificado nos últimos anos, provocou que os processos educativos vigentes tivessem que ser repensados e novas metodologias definidas.

As TIC permitem aos professores de 1º ciclo do Ensino Básico a construção de ambientes educativos mais motivadores, enriquecedores e o acesso a conteúdos e actividades que de outra forma seriam difíceis ou impossíveis de realizar. A conjugação das TIC com a modelação e a simulação permite criar ambientes educativos integrados que têm como características possuírem uma grande acessibilidade e facilitarem o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que podem fomentar a acção e a reflexão. A realização de actividades de modelação e de simulação em ambientes educativos é um instrumento eficaz para a aprendizagem de sistemas complexos e de sistemas dinâmicos, pois permite uma aprendizagem mais activa, mais motivadora, ao ritmo de cada aluno, em que este é induzido a desenvolver competências importantes como a compreensão, a reflexão, a intuição e a generalização.

Apesar das potencialidades que existem na introdução destas actividades em contexto educativo, os professores e os alunos têm dificuldade em realizar actividades de modelação e simulação. Prova disso é o número reduzido de projectos ou iniciativas que utilizam a modelação e a simulação como ferramenta educativa. Essas dificuldades de utilização ficam a dever-se, entre outros:

- Às especificidades das ferramentas-autor educacionais de modelação e/ou de simulação, que obrigam os seus utilizadores, professores e alunos, a disporem de tempo para se adaptarem à sua interface e de possuírem conhecimentos científicos e tecnológicos de nível superior aos que muitas vezes têm.
- Às formas de representação de modelos, que se baseiam usualmente na modelação quantitativa, o que compromete a sua utilização em níveis de ensino em que o fundamental não é conhecer detalhadamente o sistema em análise, mas apenas parte dele ou ter uma ideia do seu funcionamento genérico.
- À ausência de metodologias que auxiliem o professor a implementar actividades de modelação e de simulação.

Tendo em conta que os alunos no 1º ciclo do Ensino Básico usualmente constroem as ideias que têm sobre o mundo de uma forma pouco científica, o que nos anos seguintes de aprendizagem pode originar dificuldades na compreensão de fenómenos mais complexos, as actividades de modelação e de simulação possuem um valor educativo muito importante para este ciclo de Ensino. Em nossa opinião, estas actividades poderão ser fundamentais para o desenvolvimento do próprio pensamento da criança. No entanto, a sua construção e realização é difícil, porque pressupõem uma cuidadosa planificação, selecção e preparação de materiais, para que sejam motivadoras e permitam ao aluno questionar, reflectir, relacionar conceitos, desenvolver interpretações, elaborar previsões, isto é compreender o comportamento do sistema em estudo. Os exemplos de utilização da modelação e da simulação no 1º ciclo do Ensino Básico são bastante reduzidos e normalmente resumem-

se à utilização de *simulações fechadas*, limitando, desta forma, as potencialidades da sua utilização neste ciclo.

## VII.2. Contribuições

No início desta investigação identificámos como questão principal verificar em que medida a realização de actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico e a introdução de métodos de investigação neste nível de ensino permitiriam que as crianças desenvolvessem um espírito crítico e adquirissem as competências e os processos científicos necessários para a compreensão e a resolução dos problemas que as rodeiam, e desta forma fomentar a mudança dos processos de ensino/aprendizagem, tornando-os mais eficientes e, assim, melhorar os resultados das aprendizagens.

Foi nosso objectivo fornecer aos alunos e professores deste nível de ensino uma metodologia que permitisse uma utilização eficaz da modelação e da simulação em contextos educativos do 1º Ciclo do Ensino Básico e que os auxiliasse a realizar actividades de modelação e de simulação nos mais diversos contextos.

Para atingirmos os objectivos pretendidos e respondermos às questões de investigação, adoptámos uma metodologia que englobou fases de investigação, concepção, desenvolvimento, avaliação e relato dos estudos de caso realizados.

Nos estudos de caso realizados procurámos verificar se os alunos tinham capacidades cognitivas para realizar actividades de modelação, **hipótese 1**, e quais os ganhos cognitivos obtidos com a realização destas actividades, **hipótese 2**.

No decorrer deste projecto de investigação verificámos que no 1º ciclo do Ensino Básico, em particular na área de Estudo do meio, a aprendizagem baseia-se principalmente na análise de relações de causalidade dos fenómenos que o aluno observa - é importante determinar o que acontece, quando acontece e quais os seus efeitos. O estudo das Ciências neste nível educativo é essencialmente um estudo qualitativo e o raciocínio de causalidade possui um papel muito importante na análise de sistemas, pois permite inferir, fazer previsões e explicar o comportamento de sistemas dinâmicos.

Tendo em consideração a especificidade dos alunos e os métodos de análise utilizados neste nível de ensino o recurso à modelação quantitativa para análise de sistemas dinâmicos é muito difícil, ou mesmo inviável, devido à dificuldade em representar relações de causalidade neste tipo de modelação e à complexidade que existe na representação e na análise deste tipo de modelos.

Em contrapartida, a modelação e a simulação qualitativas permitem aos alunos descrever, representar e compreender o comportamento de sistemas complexos e dinâmicos facilmente. Os modelos criados possuem as características fundamentais do sistema que representam, centrando a atenção dos alunos nos processos fundamentais do mesmo. As actividades de modelação e de simulação qualitativas poderão ser implementadas em vários contextos de sala de aula, com diferentes estratégias, em diversas áreas curriculares e com diferentes níveis de detalhe. A realização destas actividades pode proporcionar aos alunos uma abordagem mais motivadora e mais dinâmica na análise de sistemas complexos. A modelação e a simulação qualitativas permitem que o professor crie actividades significativas, onde o aluno é incentivado a utilizar ideias científicas e, em simultâneo, conceber as suas próprias ideias, a testá-las e a torná-lo consciente delas. Estas actividades caracterizam-se também por serem actividades onde os alunos são estimulados a partilhar e a debater as suas percepções sobre o funcionamento dos sistemas.

Com a metodologia *Modelling for Kids (M4K)* pretendemos apresentar um conjunto de normas para auxiliar os professores a implementar actividades de modelação e de simulação no 1º ciclo do Ensino Básico. A metodologia assessora o professor a delinear, planear e realizar este tipo de actividades. A *M4K* identifica as áreas curriculares, as estratégias, os contextos e as formas de utilização de acordo com as áreas curriculares, os conhecimentos dos alunos e os objectivos estabelecidos para cada actividade.

A *M4K* descreve também quais as funções do professor na planificação e execução deste tipo de actividades. O professor enquanto responsável por todo o processo de ensino assume o papel de facilitador e organizador de ambientes ricos, estimulantes, diversificados e propícios à vivência de experiências de aprendizagens integradoras e significativas. É sua responsabilidade moderar debates, motivar, apoiar e avaliar o desempenho dos alunos. No início de cada actividade o professor terá que seleccionar os temas de acordo com o currículo Nacional do 1º Ciclo do Ensino Básico, com a possibilidade de poderem ser analisados em diferentes contextos e com variados graus de profundidade, de acordo com o ano de escolaridade, o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos, a sua pertinência e actualidade. A recolha de informação sobre o sistema a estudar e a construção do modelo/simulação permite averiguar a dificuldade e os conhecimentos necessários para a sua construção. O professor deverá criar um inventário sobre as perguntas e os desafios a colocar às crianças, de forma a motivar os alunos, a avaliar as suas dificuldades e o seu progresso no desenrolar de cada actividade. Por último, deverá desenvolver conteúdos de apoio à realização da actividade.

A *M4K* fornece ainda um procedimento para a representação de modelos dinâmicos através da modelação qualitativa, baseada na representação de relações de causalidade, que irá habilitar o aluno a fazer previsões e a explicar fenómenos através da representação de um modelo. A metodologia possibilita a representação de sistemas complexos e dinâmicos apenas com as características essenciais da sua estrutura e comportamento, sendo os modelos expressos através de uma linguagem natural. Nesta metodologia um modelo é

implementado através de esquemas de representação que são do conhecimento do aluno, tabelas, e através dos quais é possível representar as entidades e as relações de causalidade que estão presentes no sistema em análise.

A *M4K* enumera as tarefas que os alunos devem realizar para que eles próprios possam ser autores de modelos qualitativos. Na construção de um modelo, os alunos deverão ser capazes de identificar as entidades que o compõem e qual ou quais são as *entidades-causa*. Essas entidades devem estar relacionadas com elementos ou processos do sistema real. O comportamento de cada entidade é definido através de estados qualitativos. Os estados qualitativos das entidades representam o seu possível valor num determinado momento. Na definição dos estados qualitativos os alunos têm a possibilidade de os representar através de informação multissensorial, com o objectivo de os auxiliar na representação das concepções que têm sobre as entidades. As relações de causalidade do sistema são descritas pela *Tabela de relacionamento*, onde estão representados todos os possíveis estados do modelo. A execução de modelos poderá estar georreferenciada, o que permite ao aluno verificar o comportamento das entidades e do próprio modelo tendo em conta a sua localização geográfica.

Devido às especificidades do público-alvo e das actividades a implementar, a metodologia apresenta algumas especificações que as ferramentas-autor de modelação e de simulação qualitativa para este nível etário deverão possuir, nomeadamente uma metáfora simples, integradas em ambientes que fomentem a utilização de dados reais, de conteúdos multissensoriais e a partilha de conhecimentos. Deverão permitir ainda realizar rapidamente as tarefas propostas, manipular e alterar facilmente modelos e simulações. As ferramentas deverão possibilitar ao professor a utilização de modelos e de simulações de acordo com os conhecimentos dos alunos e com os objectivos das actividades.

A ferramenta-autor *Simulkids* é um protótipo funcional de uma ferramenta de modelação e de simulação desenvolvida com base na metodologia *Modelling for Kids*. O *Simulkids* proporciona um ambiente de modelação e de simulação



onde o aluno tem a possibilidade de definir a estrutura do modelo, as interações entre as suas entidades e a forma como visualiza o seu comportamento.

A utilização da metodologia *M4K* e da ferramenta da *Simulkids* possibilitou à equipa de investigação testar a **hipótese 1**, verificar se os alunos deste nível de ensino possuíam as capacidades intelectuais necessárias para realizar actividades de modelação.

Após a realização das diversas oficinas foi evidente para os membros da equipa de investigação que as crianças deste nível de ensino têm as capacidades cognitivas necessárias para interagirem com aplicações de modelação e de que retiram dessas actividades informações sobre o funcionamento dos sistemas representados. Em todas as oficinas as crianças utilizaram e/ou criaram modelos ou simulações, sobre os quais retiraram conclusões que demonstraram que conseguiram identificar os elementos essenciais que compunham os modelos e qual era o seu comportamento.

A utilização da ferramenta-autor e da metodologia permitiu-nos também, nas sessões realizadas com os alunos, validá-las e verificar que a metáfora utilizada para representar os fenómenos mostrou ser eficaz, pois todos os alunos conseguiram identificar as entidades relevantes dos sistemas e as relações de causalidade que existiam entre elas. Nas diversas sessões foi patente a motivação e o empenho dos alunos na realização das actividades, que, em nossa opinião, se ficou a dever ao tipo de actividades e à simplicidade da linguagem utilizada para descrever os modelos. Nas sessões promovidas, os alunos conseguiram criar novos modelos e alterá-los para testarem novas ideias, verificando o impacto que produziam nos modelos. A diversidade de conhecimentos dos alunos sobre os temas abordados nas sessões e os resultados finais obtidos permitem-nos afirmar que estes alunos adquiriram competências que não possuíam anteriormente e que a sua compreensão de sistemas complexos e a sua capacidade de reflexão aumentaram.

Tendo em consideração a hipótese 2, que era se através da realização de actividades de modelação e de simulação os alunos melhoravam os seus resultados de aprendizagem, e a questão principal deste projecto de investigação:

*A realização de actividades de modelação e de simulação pode fomentar a mudança dos processos de ensino e aprendizagem, tornando-os mais eficientes e melhorar dessa forma os resultados de aprendizagem?*

Os dados recolhidos nas diversas oficinas e os resultados obtidos permitem à equipa de investigação afirmar que a realização de actividades de modelação e de simulação em ambientes educativos possibilitou que os alunos analisassem e compreendessem melhor o comportamento de sistemas reais complexos, onde diversas variáveis influenciam o seu comportamento. Em comparação com alunos que realizaram actividades de análise mais tradicionais os alunos que realizaram actividades de modelação e simulação obtiveram ganhos cognitivos superiores.

No decorrer das oficinas verificámos também que os alunos que utilizaram a *M4K* para analisar um sistema complexo testavam com maior facilidade as ideias pré-concebidas e construam novas hipóteses sobre a realidade que analisavam e, como Resnick (2006), podemos afirmar que estas acções eram cíclicas e iterativas, em que as novas ideias geravam novas criações e novas criações geravam novas ideias. Relativamente aos alunos que utilizaram metodologias mais tradicionais, a equipa observou que foi com maior dificuldade que estes explicavam o comportamento dos sistemas e expressavam as ideias pré-concebidas.

Como referimos anteriormente, podemos classificar as actividades de modelação e de simulação como sendo actividades práticas. Como refere Wellington (1998), estas podem influenciar o desenvolvimento dos alunos em três domínios: cognitivo, afectivo e processual. A nível cognitivo as actividades de modelação e de simulação permitem que o aluno analise um sistema dinâmico e identifique a importância e as relações de cada um dos

seus elementos. A nível afectivo a modelação e a simulação oferecem aos alunos contextos de aprendizagem motivadores, onde podem desenvolver uma atitude crítica, de colaboração e de partilha. A nível processual proporcionam-lhes metodologias de análise científica na observação, descrição e compreensão de sistemas.

### **VII.3. Reflexões sobre trabalho futuro**

As inovações tecnológicas constantes que se têm verificado ao longo das últimas décadas e o acesso massificado às TIC têm assumido um papel muito importante nas diversas áreas da nossa vida. É nossa opinião que a utilização em ambientes educativos de algumas das inovações tecnológicas disponíveis permite que se criem novos ambientes educativos e novas metodologias de aprendizagem. É nosso entendimento que a utilização de recursos educativos em ambiente de rede permite a introdução de ambientes mais motivadores, de colaboração, de partilha de conhecimentos, de promoção da autonomia e onde o aluno pode assumir um papel mais activo na construção do seu próprio conhecimento. A utilização das TIC irá permitir, cada vez mais, o acesso a conteúdos, dados e actividades que de outra forma seriam muito difíceis de realizar.

A facilidade que actualmente se verifica na aquisição e na utilização de hardware irá facultar aos professores e aos alunos actividades mais significativas, em que podem utilizar dados reais do meio onde estão inseridos. Como exemplo dessas actividades podemos referir a utilização de dispositivos móveis de georreferenciação, que actualmente se encontram amplamente divulgados através dos *Smartphones* e dos *Tablet PC*. A utilização de sensores em contexto educativo tornará possível a realização de actividades de investigação ainda mais significativas, libertando os alunos de tarefas monótonas e exaustivas de recolha de dados. Poderá revelar-se muito eficaz na compreensão de fenómenos e das relações que possam existir no

sistema que está a ser analisado. A conjugação das potencialidades das actividades de modelação e de simulação com estas duas tecnologias, que, apesar de não serem emergentes, só agora é que se estão a generalizar, poderá permitir criar actividades onde o aluno pode estabelecer relações entre a realidade que o rodeia e as representações utilizadas para explicar essa mesma realidade.

O protótipo desenvolvido no âmbito deste trabalho de investigação, a ferramenta *Simulkids*, teve como objectivo verificar a validade da metodologia *Modelling for Kids* e avaliar se os alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico tinham capacidades para representar modelos multissensoriais georreferenciados. De forma a abranger um maior número de temas do currículo do Ensino Básico e a incentivar o desenho de modelos georreferenciados a equipa de investigação pretende anexar ao *Simulkids* camadas de informação georreferenciada que representem níveis de poluição, dados demográficos, das características do solo, da intensidade do vento e das florestas. O *Simulkids* deverá, em futuras versões, permitir que os alunos alterem os dados georreferenciados para que possam testar cenários e verificar como os modelos poderão ser afectados se houver alterações climáticas, destruição ou ocupação desordenada de solos, poluição, etc.

É do entendimento da equipa de investigação que o sucesso da implementação de actividades de modelação e de simulação no 1º Ciclo do Ensino Básico passa pela divulgação e dinamização do Portal do projecto *SchoolSenses@Internet*. A equipa pretende criar uma base de dados de modelos que permita aos professores e aos alunos realizar actividades de modelação e de simulação variadas e que sirva de incentivo para que os alunos criem, cada vez mais, os seus próprios modelos.

## Bibliografia

- Ahn, W., Gelman, S. A., Amsterlaw, J. A., Hohenstein, J., & Kalish, C. (2000). Causal status effect in children's categorization. *Cognition*, *76*, 35–43.
- Ahn, W., Kalish, W., C., Medin, D. L., & Gelman, S. A. (1995). The role of covariation versus mechanism information in causal attribution. *Cognition*, *54*, 299–352.
- Alessi, S. M., & Trollip, S. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development (3rd Ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (1985). *Computer-Based Instruction, Methods and Development*. Prentice-Hall, Inc.
- Alibrandi, M., & Baker, T. (2008). A Social History of GIS in Education, 1985–2007. In M. A. Andrew J. Milson, *Digital Geography: Geospatial Technologies in the Social Studies Classroom* (pp. 3-38). Information Age Publishing.
- Amante, L. (2007). The ICT at Elementary School and Kindergarten: reasons and factors for their integration. *Sísifo. Educational Sciences Journal*, *03*, 49-62.
- Anderson, J., & Schunn, C. (2000). Implications of the Act-R Learning Theory: No Magic Bullets. In R. Glaser., *Advances in Instructional Psychology (5)* (pp. 1–33). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

- Araújo, S. (2005). *Tese De Doutorado Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas*. BRASÍLIA: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.
- Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth science system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560.
- Baillargeon, R., Kotovsky, L., & Needham, A. (1995). The acquisition of physical knowledge in infancy. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. (Eds.), *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 79–116). New York: Clarendon Press/Oxford Universit.
- Banks, J., & Carson, J. S. (1984). *Discret-event System Simulation*. Prentice-Hall Internationa.
- Barker, P., & Yates, H. (1985). *Introducing Computer Assisted Learning*. London: Prentice-Hall International.
- Bednar, A., Cunningham, D., Duffy, T., & Perry, J. (1991). Theory into practice. How do we link? In G. J. (Ed.), *Instructional technology: Past, present and future*. (88-101). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bennet, B. S. (1995). *Simulation Fundamentals*. London: Prentice-Hall International.
- Bessa Machado, V., & Bredeweg, B. (2002). Investigating the Model Building Process with HOMER. *International workshop on Model-Based Systems and Qualitative Reasoning for Intelligent Tutoring Systems* (pp. 1-13). San Sebastian, Spain: Proceedings of the International workshop on Model-Based Systems and Qualitative Reasoning for Intelligent Tutoring Systems.
- Bessa Machado, V., Groen, R., & Bredeweg, B. (2005). Towards suport in buiding qualitative Knowledge models. . *Proceedings of the 19th Wokshop on Qualitative Reasoning QR-05*. Graz, Austria: Graz University of Technology.
- Bliss, J., & Ogborn, J. (1989). Tools for Exploratory Learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 5 (3), 37-50.

- Bliss, J., Boohan, R., Briggs, J., Brosnan, T., Brough, D., Mellar, H., et al. (1992). Reasoning supported by computational tools. In M. R. Kibby, *Computer Assisted Learning* (pp. 1-10). Oxford: Pergamon Press.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2006). *Investigação Qualitativa em Educação. Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Bouwer, A. (2005). *Explaining Behaviour - Using Qualitative Simulation in Interactive Learning Environments*, Ph.D. thesis. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Bouwer, A., & Bredeweg, B. (2001). VisiGarp: Graphical Representation of Qualitative Simulation Models. In J. R. Moore, *Artificial Intelligence in Education: AI-ED in the Wired and Wireless Future* (pp. 294-305). Osaka, Japan: IOS-Press/Ohmsha.
- Bredeweg, B. (1992). *Expertise in Qualitative Prediction of Behaviour*. PhD thesis. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Bredeweg, B., & Forbus, K. (2004). Qualitative Modeling in Education. *AI Magazine*, 24 (4), 35 – 46.
- Bredeweg, B., Bouwer, A., Jellema, J., Bertels, D., & Linnebank, F. (2006). Garp3 - A new Workbench for Qualitative Reasoning and Modelling. *Proceedings of the 20th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR-06)* (pp. 21-28). Hanover, New Hampshire, USA: Bailey-Kellogg, C., and Kuipers, B.
- Brito, C., Duarte, J., Torres, J., Baía, M., Figueiredo, M., & Alves, L. (2002). *As Tecnologias de Informação e Comunicação: Manuais de Formação de Professores*. Lisboa: Programa Nónio-Século XXI.
- Britt, J., & LaFontaine, G. (2009). Google Earth: A Virtual Globe for Elementary Geography. *Social Studies and the Young Learner* 21 (4), 20–23.
- Brook, A., Driver, R., & Johnston, K. (1989). Learning Processes in Science: A Classroom Perspective. In J. Wellington, *Skills and Processes in Science Education*. London: Routledg.
- Brooks, J., & Brooks, M. (1997). *Construtivismo em sala de aula*. Porto Alegre: Artes Médicas.

- Bullock, M., Gelman, R., & Baillargeon, R. (1982). The development of causal reasoning. In W. J. (Ed.), *The developmental psychology of time* (pp. 209–254). New York: Academic Press.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en Ciencias. In M. P. (Coord.), A. Caamaño, A. Onórbe, E. Pedrinaci, & A. Pro, *Enseñar Ciencias* (pp. 95-118). Barcelona: Graó.
- Carvalho, M. L. (2005). *Tese de Doutoramento Efeitos de estimulação multi-sensorial no desempenho de crianças em creche*. Minho: Universidade do Minho.
- Cellier, F. E. (1991). Qualitative modeling and simulation: promise or illusion. In *Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference*,. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Chauvet, E., Poullet, J., Previte, J., & Walls, Z. (2002). A Lotka-Volterra Three-species Food Chain. *Mathematics Magazine* 75, 243-255.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Cherry, G., Ioannidou, A., Rader, C., Brand, C., & Repenning, A. (1999). Simulations for Lifelong Learning.
- Chester, J., Davis, J., & Reglin, G. (1991). *Math manipulatives use and math achievement of third grade students*. . Charlotte: University of North Carolina.
- Chi, M. T., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152.
- Chinn, C., & Malhotra, B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education* 86 (2), 175–218.
- Clark, C., & Jorde, D. (2004). Helping students revise disruptive experimentally supported ideas about thermodynamics and tactile models: Computer visualizations and tactile models. . *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 1-23.
- Coll, C., & Martín, E. (2001). A avaliação da aprendizagem no currículo escolar: uma perspectiva construtivista. In C. Coll, E. Martin, T.



- 
- Mauri, M. Miras, J. Onrubia, I. Sole, et al., *O construtivismo na sala de aula. Novas perspectivas para a acção pedagógica*. (pp. 196-221). Porto: ASA Editores.
- Collins, A., & Ferguson, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games: Structures and strategies to guide inquiry. *Educational Psychologist*, 28 (1), 25–42.
- Correia, J. (2004). *Tese de Doutoramento Internet na Educação contributo para a construção de redes educativas com suporte computacional*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Cosgrove, M., & Osborne . (1991). Modelos didácticos para cambiar las ideas de los alumnos. In Osborne, R. & Freyberg, P. (Coords.). *El Aprendizaje de las Ciencias: Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 166-184.
- Coutinho, C. P. (2008). Aspectos metodológicos da investigação em Tecnologia Educativa em Portugal (1985-2000). In J. Ferreira & C. Marto (Org) *Actas do XIV Colóquio AFIRSE: Para um balanço da Investigação em Tecnologia em Portugal de 1960 a 2007: teorias e práticas*. pp.1-13, Lisboa: FPCE-UL.
- Cruz, E., & Brito, R. (2011). Um olhar sobre o modo como os educadores de infância portugueses tiram partido da web 2.0 nas suas práticas profissionais. *VII Conferência Internacional de TIC na Educação*. Braga: Centro de Competências da Universidade do Minho.
- Cullin, M., & Crawford, B. A. (2003). Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2, 409–426.
- Cupchik, G. (2001), “Constructivism Realism: An Ontology that Encompasses Positivist and Constructivist Approaches to the Social Sciences”, Retrieved 11 14, 2010, from Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research. <http://qualitative-research.net/fqs/fqs-eng.htm>
- Cypher, A., & Smith, D. (1995). KidSim: End user programming of simulations. *Proceedings of CHI'95* (pp. pp. 27-34). Denver: ACM.
-

- de Jong, T. B., Hulshof, C., Prins, F., van Rijn, H., van Somersen, M., Veenman, M., et al. (2005). Determinants of discovery learning in a complex simulation learning environment. In P. G. (Eds.), *Cognition, education, and communication technology* (pp. 257–283). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- de Kleer, J., & Brown, J. (1984). A qualitative physics based on confluences. *Artificial Intelligence*, v. 24.
- Del Val Cid, C., & Brito, J. G. (2006). *Prácticas para la comprensión de la Realidad Social*. Madrid: McGraw-Hill.
- Dev, P., Doyle, B., & Valente, B. (2002). Labels needn't stick: "At-risk" first graders rescued with appropriate intervention. *Journal of Education for Students Placed at Risk*, 7(3), 327-332.
- Dias, P. (2000). Hipertexto, Hipermédia e Media do Conhecimento: Representação Distribuída e Aprendizagens Flexíveis e Colaborativas na Web. *Revista Portuguesa de Educação*, 13 (1), 141-167.
- Dooley, L. M. (2002). Case Study Research and Theory Building. *Advances in Developing Human Resources*, (4), 335-354.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Philadelphia: Open University Press.
- Druin, A. (1999). Cooperative Inquiry: Developing New Technologies for Children With Children. *Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: the CHI is the Limit (CHI 99)* (pp. 592 - 599). Pittsburgh, Pennsylvania: ACM Press.
- Druin, A., Bederson, B., Boltman, A., Miura, A., Callahan, B., & Platt, M. (1998). Children as our technology design partners. In A. D. (ed), *The design of children ' s technology* (pp. 51–72). Morgan Kaufmann.
- Duffy, T., & Cunningham, D. (1996). Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction. In D. J. (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology*. New York: Simon & Schuster.
- Duarte, T.(2009). A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre triangulação (metodológica). CIES e-WORKING PAPER N. ° 60. Centro de Investigação e Estudos de Sociologia. Lisboa: ISCTE.

- Einhorn, H., & Hogarth, R. (1986). Judging Probable Cause. *Psychological Bulletin*, 99, 3-19.
- Ellis, T. J., & Levy, Y. (2009). Towards a guide for novice researchers on research methodology: Review and proposed methods. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 6, 323-337.
- European Commission, D. I. (2006). *Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006 Final Report from Head Teacher and Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries*,. Empirica (Ed.) (2006).
- Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An Investigation of the Potential of Interactive Simulations for Developing System Thinking Skills in Elementary School: A case study with fifth-graders and sixth-grad. *International Journal of Science Education*, 31:5, 655 — 674.
- Feltovich, P. J., Coulsen, R. L., Spiro, R. J., & Dawson-Saunders, B. K. (1992). Knowledge application and transfer for complex tasks in ill-structured domains: Implications for instruction and testing in biomedicine. In D. E. (Eds.), *Advanced models of cognition for medical training and practice* (pp. 213–244). Berlin: Springer-Verlag.
- Ferrari, M., & Chi, M. T. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20, 1231–1256.
- Figueiredo, d., Afonso, a. P., & Ferreira, a. M. (2004). *Relatório de Avaliação do Programa de Acompanhamento da Utilização educativa da Internet nas escolas públicas do 1º ciclo do ensino básico*. Retrieved 11 14, 2010, from [http://www.esep.pt/interneteb1/documentos/documentos\\_ficheiros/relatorio\\_de\\_avaliacao\\_externa\\_0203.pdf](http://www.esep.pt/interneteb1/documentos/documentos_ficheiros/relatorio_de_avaliacao_externa_0203.pdf)
- Flick, U. (2005). *Métodos Qualitativos na Investigação Científica* (1ª Ed.). Lisboa: Monitor.
- Forbus. (1984). Qualitative Process Theory. *Artificial Intelligence*, 24, 85-168.
- Forbus, K. D. (1988). Qualitative physics: Past, present, and future. In e. Howard E. Shrobe, *Exploring Artificial Intelligence* (pp. 239-296). San Mateo, California: Morgan Kaufmann.

- Forbus, K. D. (2002). Helping children become qualitative modelers. *Journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 17 (4), 471-479.
- Forbus, K., Carney, K., Sherin, B., & Ureel, L. (2004). Qualitative modeling for middle-school students. *18th International Qualitative Reasoning Workshop*, (pp. 81-87). Evanston, Illinois.
- Freyberg, P., & Osborne, R. (1991). Assumptions about Teaching and Learning. In R. & Osborne, *Learning in Science The Implications of Children's Science* (pp. 82-90). Hong Kong: Heinemann.
- Fritzon, P. (2004). *Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1*. Wiley-IEEE Press.
- Fugelsang, J., & Dunbar, K. (2009). Brain-Based Mechanisms Underlying Causal Reasoning. In E. K. (Ed.), *Neural Correlates of Thinking* (pp. 269-279). Heidelberg: Springer.
- Gee, J. P. (2008). Learning theory, video games and popular culture. In K. Drotner, & S. Livingstone, *The international handbook of children, media and culture* (pp. 196-211). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (1991). Insides and essence: Early understandings of the non-obvious. *Cognition*, 38, 213-244.
- Gillani, B. G. (2003). *Learning Theories and the Design of E-Learning Environments*. Maryland: University Press of America.
- Goel, A. K., Garza, A., Grué, N., Murdock, J., Recker, M. M., & Govindaraj, T. (1996). Towards designing learning environments. I: Exploring how devices work. In G. G. C. Fraisson, *Intelligent tutoring systems: Lecture notes in computer science*. Berlin: Springer-Verlag.
- Goldsworthy, A., & Feasey, R. (1997). *Making Sense of Primary Science Investigations*. Hatfield: ASE.
- Gomes, C., Silva, M., & Marcelino, M. (2005). Oficina de Criação de Informação Geográfica Multissensorial em Contexto Escolar. *Proc. of the XI ENEC e I ENCA*. Porto: XI ENEC e I ENCA.
- Gomes, M., Silva, M. J., Brigas, C., Pereira, I., & Marcelino, M. (2007). SCHOOLSENSES@INTERNET: Criação de Informação GeoReferenciada Multissensorial com Crianças e Professores. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 5, 23-34.

- Gomes, T., Ferracioli, L., & Marques, R. (2008). The investigation of the qualitative computer modelling building models through the modelling environment. *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Curitiba.
- Gopnik, A., & Sobel, D. (2000). Detectingblickets: how young children use information about novel causal powers in categorization and induction. *Child Development, 71* (5), 1205–1222.
- Gopnik, A., & Wellman, H. (1994). The theory theory. In L. H. Gelman, *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 257–293). New York: Cambridge University Press.
- Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D., Schulz, L., Kushnir, T., & Danks, D. (2004). A theory of causal learning in children: causal maps and Bayes nets. *Psychological Review, 111*, 3–32.
- Gopnik, A., Sobel, D., Schulz, L., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: two-, three- and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology, 37*, 620–629.
- Gouveia, C. (2008). *Collaborative Environmental Monitoring: Linking the senses. Ph.D. Dissertation*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Guerrin, F., & Dumas, J. (2001). Knowledge representation and qualitative simulation of salmon reed functioning. Part II: qualitative modelling of redds. *BioSystems (59)*, 59, 85-108.
- Hall, E. T. (1989). *Beyond culture*. Anchor Books.
- Hall, W., & Layman, J. (1986). Implementing Problem Solving in the Curriculum Using Computer Simulation – the Industry/Education Link. In J. e. Moonen, *EURIT'86 Developments in Educational Software and Courseware* (pp. 361-367). Oxford: Pergamon Press.
- Halinen, A. & Törnroos, J. (2005), "Using Case Methods in the Study of Contemporary Business Networks," *Journal of Business Research, 58* (9), 1285-1297.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching Critical Thinking for Transfer across Domains. *American Psychologist, 53*, 449 - 455.
- Hansmann, R., Scholz, R. W., Francke, C.-J. A., & Weymann, M. (2005). Enhancing environmental awareness: Ecological and economic effects of food consumption. *Simulation & Gaming, 36*(3), 364-382.

- Harlen, W. (2007). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata.
- Hassel, D. J., & Webb, M. E. (1990). MODUS: The Integrated Modelling System. *Computers & Education*, 15 (1-3), 265-270.
- Haugen, H. (1990). System Dynamics as an Educational Method. *McDougall, A. e Dowling, C. (Eds.), WCCE90, The Fifth World Conference on Computers and Education* (pp. 115-120). North-Holland: Elsevier Science Publishers.
- Hawkrige, D. (1990). Who needs computers in schools, and why? *Computers and education*. 15 (1-3), 1-6.
- Heiser, J., & Tversky, B. (2006). Arrows in Comprehending and Producing Mechanical Diagrams. *Cognitive Science* 30, 581–592.
- Hiebert, J. (1988). The struggle to link written symbols with understandings: An update. *The Arithmetic Teacher* 36 (7), 38-43.
- Hmelo, C. E., Holton, D., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *Journal of the Learning Sciences* 9 (3), 247–298.
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science* 28, 28, 127–138.
- Hmelo-Silver, C., & Azevedo, R. (2006). Understanding Complex Systems: Some Core Challenges. *The Journal of the learning sciences*, 15(1), 53–61.
- Hung, D., & Chen, D. (2002). Two kinds of scaffolding: The dialectical process within the authenticity-generalizability (A-G) continuum. *Education Technology & Society*, 5(4), 148-153.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1993). Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development*, 64, 1534–1549.
- Issing, L., & Schaumburg, H. (2001). Educational technology as a key to educational innovation. *TechTrends*, 45 (6), 23-28.
- Jacobson, M. J. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. 6(2), 1–9.
- Jacobson, M., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and education importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11–34.

- Jensen, J. J., & Skov, M. B. (2005). A Review of Research Methods in Children's Technology Design. In Proceedings of the 4th International Conference for Interaction Design and Children University of Colorado, 80-87.
- Jermy, A. (2009). *Research into Multi-Sensory approach to the Teaching & Learning of Mathematics in Norfolk*. Retrieved 04 05, 2011, from Norfolk County Council:  
[http://schools.norfolk.gov.uk/myportal/custom/files\\_uploaded/subsection\\_files/67/docs/Final\\_report\\_Multi\\_sensory\\_approach.pdf](http://schools.norfolk.gov.uk/myportal/custom/files_uploaded/subsection_files/67/docs/Final_report_Multi_sensory_approach.pdf)
- Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33 (7) 14-26.
- Joolingen, W., & de Jong, T. (1991). Supporting hypothesis formation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 389-404.
- Kang, N., & Wallace, C. (2004). Secondary science teacher's use of laboratory activities: linking epistemological beliefs, goals and practices. *Science Education*, 89, 140-165.
- Kang, S. (1994-95). Computer Simulations as a Framework for Critical Thinking Instruction. *Journal of Educational Technology Systems*, 23 (3), 233-239.
- Kozma, B. (2008). Comparative analysis of policies for ICT in education. In J. V. eds, *International handbook on information technology in primary and secondary education*. New York: Springer.
- Kraak, M. J. (2001). Settings and needs for web cartography. In K. a. (eds), *Web Cartography* (pp. 3-4). New York: Francis and Taylor.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. London: Academic Press.
- Kuhn, J. N., & Schroeder, H. H. (1971). A multisensory approach for teaching spelling. *Elementary English*, 48(7), 865-869.
- Kuipers, B. (1986). Qualitative simulation. *Artificial Intelligence*, (29), 29, 289-388.
- Kuipers, B. (1994). *Qualitative Reasoning: Modeling and Simulaion with incomplete knowledge*. MIT Press.

- Lajoie, S. P., & Azevedo, R. (2009). Teaching and learning in technology-rich environments. In P. A. (Eds.), *Handbook of educational psychology (2nd ed.)* (pp. 803-824). Mahwah, NJ:: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Cognitive Science*, 12, 101–138.
- Latorre, A. (2004). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Editorial Graó.
- Law, A. M. & Kelton, W. (1991). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill Book Company.
- Lee, A. S., & Baskerville, R. L. (2003). Generalizing Generalizability In Information Systems Research. *Information Systems Research*, 14(3).
- Leelawong, K., Wang, Y., Biswas, G., Vye, N., Bransford, J., & Schwartz, D. (2001). Qualitative Reasoning techniques to support Learning by Teaching: The Teachable Agents Project. *AAAI Qualitative Reasoning Workshop* (pp. 73-81). San Antonio, USA: G. Biswas (Ed.).
- Leemkuil, H., de Jong, T., de Hoog, R., & Christoph, N. (2003). KM QUEST: A collaborative Internet-based simulation game. *Simulation & Gaming*, 31(1), 89-111.
- Legros, D., Pembroke, E., & Talbi, A. (2002). Les Théories de l'apprentissage et les systèmes multimédias. In D. Legros, & J. Crinon, *Psychologie des apprentissages et multimédia* (pp. 23-39). Paris: Armand Collin/VUEF.
- Legros, D., & Crinon, J. (2002). *Psychologie des apprentissages et multimédia*. Paris: Armand Collin/VUEF.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências. In M. G. H. V. Caetano, *Cadernos Didáticos de Ciências* (Vols. Cadernos Didáticos de Ciências, volume 1, pp. 77-96). Lisboa: Ministério de Educação. Departamento do Ensino Secundário (DES).
- Lima-Salles, H., Salles, P., & Bredeweg, B. (2004). Qualitative reasoning In the education of deaf students: scientific education and Acquisition of portuguese as a second language. *Proceedings of the 18th international*



- Workshop on Qualitative Reasoning*. Evanston Illinois: Northwestern University.
- Linnebank, F. (2004). *Common Sense Reasoning - Towards Mature Qualitative Reasoning Engines, Master thesis*,. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Liversey, P. J. (1986). *Learning and emotion: A biological synthesis (volume 1)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lotka, A. (1956). *Elements of Mathematical Biology*. Dover.
- Lou, Y., Abrami, P., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: Meta- analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449-521.
- Lowenfeld, V. (1977). *A criança e a sua arte*. São Paulo: Editora Mestre Jou.
- Lunce, L. (2006). Simulations: Bringing the benefits of situated learning to the traditional classroom. *Journal of Applied Educational Technology*, 3(1), 37-45.
- Maal, N. (2004). *Learning via multisensory engagement*. . Washington, D.C. : American Society of Association Executives.
- Maani, K., & Maharaj, V. (2004). Links between systems thinking and complex decision making. *Systems Dynamics Review*, 20(1), 21–48.
- Marcelino, M. (1998). *Contribuições para o Desenvolvimento da Aplicações educacionais que envolvem Técnicas de Simulação - Tese de Doutorado*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra.
- Marcelino, M. J., C., A. G., J., S. M., C., G., A., F., B., P., et al. (2007). Schoolsenses@Internet: Children As Multisensory Geographic Information Creators. In F.-M. B. al., *Computers and Education: E-learning, From Theory to Practice* (pp. 57–66). Netherlands: Springer.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2006). *Designing Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage.
- Martins, I. P. (2002). *Educação e Educação em Ciências [Colectânea de textos]*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, I., Veiga, M., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R., Rodrigues, A., et al. (2007). *Colecção Ensino Experimental das Ciências- Educação em Ciências e Ensino Experimental, Formação de*

- Professores*. Lisboa: Ministério da Educação-Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.
- McClelland, J., & Thompson, R. (2007). Using Domain-General Principles to Explain Children's Causal Reasoning Abilities. *Developmental Science*, 10 (3), 333-356.
- ME. (2002 ). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Básicas*. Departamento de Educação Básica - Ministério da Educação.
- ME. (2004). *Organização Curricular e Programas: Ensino Básico - 1.º Ciclo*. Departamento da Educação Básica – Ministério da Educação.
- Merril, P. F., Hammons, K., Vincent, B. R., Reynolds, P. L., Cristensen, & L. Tolman, M. N. (1996). *Computers in Education*. Allyn & Bacon, a Simon & Schuster Company.
- Mills, J. D. (2004). Learning abstract statistics concepts using simulation. *Educational Research Quarterly*, 28 (4), 18-33.
- Mintzes, J. J., Trowbridge, J. E., Arnaudin, M. W., & Wandersee, J. H. (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In R. H. S. M. Glynn, *The psychology of learning science* (pp. 179–202). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miranda, G. L. (2007). The Limits and Possibilities of ICT in Education. *Sísifo Educational Sciences Journal*, 03, 39-48.
- Moran, J. M. (2005). *As Múltiplas Formas do Aprender. Atividades & Experiências do Grupo Positivo*. Retrieved 11 08, 2008, from <http://www.eca.usp.br/prof/moran/textos.htm>
- Murray, M. M., Foxe, J. J., & Wylie, G. R. (2005). The brain uses single trial multisensory memories to discriminate without awareness. *NeuroImage*, 27(2), 473-478.
- Neumann, A. (2007). Open Source GIS Software. In S. Shekhar, & H. (. Xiong, *Encyclopedia of GIS*. Springer.
- Neumann, M., & Bredeweg, B. (2004). A qualitative model of the nutrient spiraling in lotic ecosystems to support decision makers for river management. *Proceedings of the 18th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR '04)*, (pp. 159-164). Evanston, USA.
- Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman, J. D., & Russell, J. D. (1996). *Instructional Technology for Teaching and Learning. Designing*

- Instruction, Integrating Computers, and Using Media*. Prentice-Hall, Inc.
- Nicolaou, C. T., & Constanti, C. P. (2005). Stagecast creator tm and webct tm: An integrated use of computer programming and a virtual learning environment for developing modelling skills. *Seventh International Conference on Computer Based Learning in Science*. Zilina, Slovakia.
- Norman, D. A. (2006). Emotionally centered design. *Interactions*, 13, 3, 53-71.
- Novak, J. D. (1996). Concept Mapping as a tool for improving science teaching and learning. *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics* (pp. 32-43). London: D. F. Treagust, R. Duit, and B. J. Fraser .
- Ören, T. (2002 ). Growing Importance of Modelling and Simulation: Professional and Ethical Implications. *Proceedings of the ICSC'2002- The 5th Conference on System Simulation and Scientific Computing* , (p. Invited Plenary Paper). Shanghai.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones.
- O'Shea, T., & Self, J. (1983). *Learning and Teaching with Computers: Artificial Intelligence in Education*. Brighton: Harvester Press.
- Paiva, J. (2002). *As tecnologias de informação e comunicação: utilização pelos professores*. Lisboa: ME/DAP.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books.
- Park, S. I., Lee, G., & Kim, M. (2009). Do students benefit equally from interactive computer simulations regardless of prior knowledge levels? *Computers & Education*, 649-655.
- Partridge, J. (2006). Conducting a science investigation in a primary classroom. *Teaching Science* , 52 (2), 44-45.

- Partsakoulakis, I., & Vouros, G. (2002). Helping Young Students Reach Valid Decisions Through Model Checking. *Proc. 3rd ETPE Conf*, (pp. 669-678). Rhodes.
- Parush, A., Hamm, H., & Shtub, A. (2002). Learning histories in simulation-based teaching: the effects on self-learning and transfer. *Computers & Education*, 39 (4), 319-332.
- Passmore, C., & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 185–204.
- Pearl, J. (1988). *Probabilistic reasoning in intelligent systems*. San Mateo, CA: Morgan Kaufman.
- Pearl, J. (2000). *Causality*. New York: Oxford University Press.
- Pelgrum, W. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. . *Computers & Education*, 37, 2, 163-178.
- Penner, D. (2001). Cognition, Computers and Synthetic Science: Building Knowledge and Meaning Through Modeling. *Review of Research in Education*, 25, 1-36.
- Perkins, D. N., & Grotzer, T. A. (2000). Models and moves: Focusing on dimensions of causal complexity to achieve deeper scientific understanding. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. New Orleans, LA.
- Perner, J. (1991). *Understanding the representational mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Piaget, J. (1978). *Seis Estudos de Psicologia*. Lisboa: Edições Dom Quixote.
- Ponte, F. (2003). O texto gráfico – outra forma de reconto. In E. R. educativo., *Projectos de investigação*. (pp. 13-15). Braga: CEC (Centro de Estudos da Criança)-Universidade do Minho.
- Punie, Y., Cabrera, M., Bogdanowicz, M., Zinnbauer, D., & Navajas, E. (2006). *The Future of ICT and Learning in the Knowledge Society, Report on a Joint DG JRC-DG EAC Workshop held in Seville*.
- Rains, J., Kelly, C. A., & Durham, J. (2008). The Evolution of the importance  
MULTI-SENSORY TEACHING TECHNIQUES IN ELEMENTARY

- MATHEMATICS: THEORY AND PRACTICE. *Journal of Theory and Practice in Education*, 4 (2), 239-252.
- Rakshit, & Ogneva-Himmelberger, Y. (2008). Application of Virtual Globes in Education. *Geography Compass* 2/6, 1995-2010.
- Ramasundaram, V., Grunwald, S., Mangeot, A., Comerford, N. B., & Bliss, C. M. (2004). Development of an environmental virtual field laboratory. *Computers & Education*, 45, 21-34.
- Ramos, J. L., Teodoro, V. D., Fernandes, J., Ferreira, F., & Chagas, I. (2010). *Portal das Escolas – Recursos Educativos Digitais para Portugal: Estudo Estratégico*. Lisboa: Gabinete de Estatísticas e Planeamento da Educação (GEPE).
- Redecker, C., Ala-Mukta, k., & Punie, y. (2008). *Learning 2.0 - The Impact of Social Media on Learning in Europe*.
- Reigeluth, C. M., & Schwartz, H. W. (1989). An Instructional Theory for the Design of Computer-Based Simulations. *Journal of Computer-Based Instruction* 16(1), 1-10.
- Repenning, A., Ioannidou, A., & Ambach, J. (1998). Learn to Communicate and Communicate to Learn. *Journal of Interactive Media*.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. (Eds.), *Classical conditioning II: Current theory and research* (pp. 64–99). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Resnick, M. (1996). Distributed Constructionism. *International Conference on the Learning Science*,. Northwestern University : Association for the Advancement of Computing in Education. .
- Resnick, M. (2002). Rethinking Learning in the Digital Age. In G. K. (Ed.), *The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World* (pp. 32- 37). Oxford : Oxford University Press.
- Resnick, M. (2006). Computer as Paintbrush: Technology, Play, and the Creative Society. In D. Singer, R. Golikoff, & K. Hirsh-Pasek, *Play = Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford : Oxford University Press.

- Resnick, M., & Wilensky, U. (1998). Diving into complexity: Developing probabilistic decentralized thinking through role-playing activities. *Journal of the Learning Sciences* , 7, 153–172.
- Resnick, M., Maloney, J. M.-H., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., et al. (2009). Scratch: Programming for All . *Communications of the ACM*, 52 (11), 60-67.
- Resnick, M., Maloney, J., Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K. M., et al. (2010). *Accepted for publication in Communications of the ACM (CACM)*, <http://web.media.mit.edu/~mres/scratch/scratch-cacm.pdf>.
- Resnik, M., & Silverman, B. (2005). Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids. *Proceedings of the 4th International Conference for Interaction Design and Children* (pp. 117-122). Colorado: Boulder.
- Reys, R. E. (1971). Considerations for teachers using manipulative materials. *The Arithmetic Teacher*, 18 (8), 551-558.
- Roldão, M. C. (2003). *Gestão do Currículo e Avaliação de Competências. As questões dos professores*. Barcarena: Editorial Presença.
- Ross, S. M. & Morrison. G. R. (2004). Experimental research methods, In D. J. Jonassen (Ed). *Handbook of research on educational communications and technology*, 2nd Ed., (pp. 1021-1043). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Roth, W.-M. (2001). Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching* 38 (7), 768 – 790.
- Sá, J. G. (2002). *Renovar as Práticas no 1º Ciclo Pela Via das Ciências da Natureza*. Porto: Porto Editora.
- Sacristán, J. (2005). La evaluación en la enseñanza. In G. Sacristán, & P. Gómez, *Comprender y transformar la enseñanza. ., S. L.*, - (pp. 334-294). Madrid: Ediciones Morata.
- Salles, P. (1997). *Qualitative models in ecology and their use in learning environments. Ph.D thesis*, . Edinburgh, Scotland: University of Edinburgh.
- Salles, P., & Bredeweg, B. (1997). Building Qualitative Models in Ecology. *11th International Qualitative Reasoning (QR) Workshop*. Italy:

- Proceedings of the 11th International Qualitative Reasoning (QR) Workshop.
- Salles, P., & Bredeweg, B. (2006). Modelos conceituais baseados em Raciocínio Qualitativo. *Proceedings of the Workshop Informática e Aprendizagem em Organizações* (pp. 1-11). Brasília: G.M. da Nóbrega.
- Salles, P., Bredeweg, B., Araujo, S., & Neto, W. (2003). Qualitative models of interactions between two populations. *AI Commun.* 16, 4, 291-308.
- Salles, P., Bredweg, B., & Araújo, S. (2003). An exploratory study of qualitative modeling on stream ecosystem recovery. *QR'2003 – SEVENTEENTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING*.
- Salles, P., Lima-Salles, H., & Bredeweg, B. (2005). The use of Qualitative Reasoning Models of interactions between populations to support Causal Reasoning of deaf Students. In C.-K. Looi, G. Mccalla, B. Bredeweg, & J. Breuker, *Artificial Intelligence in Education: Supporting learning through Intelligent and Socially Informed Technology. 1 ed.* (pp. 579-586). Amsterdam: IOS Press / Omasha.
- Sasaki, A., Ishiyama, K., & Deguchi, H. (2006). SABER – Simulator for Agent Based Educational Architecture. *Proceedings of the Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5'06)*.
- Schauble, L. (1990). Belief Revision in Children: The Role of Prior Knowledge and Strategies for Generating Evidence. *ournal of Experimental Child Psychology*, 49:31 - 57.
- Schulz, L., & Gopnik, A. (2004). Causal learning across domains. *Developmental Psychology*, 40 (2), 162–176.
- Schunn, C. D. (2009). How Kids Learn Engineering: The Cognitive Science Perspective. *The Bridge*. 39 (3), 32-37.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. . *Cognition and Instruction*, 23, 165–205.
- Schwarz, C., Meyer, J., & Sharma, A. (2007). Technology, Pedagogy, and Epistemology: Opportunities and Challenges of Using Computer

- Modeling and Simulation Tools in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 243–269.
- Scott, K. S. (1993). Multisensory mathematics for children with mild disabilities. *Exceptionality*, 4(2), 97-111.
- Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12 (11), 411-417.
- Shaw, J. (2002). *Manipulatives Enhance the Learning of Mathematics*. Retrieved 05 2011, 04, from Education Place, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company:  
<http://www.eduplace.com/state/author/shaw.pdf>
- Silva, M. J. (2007). Children as Creators of Multisensory Geographic Information. *Volunteered Geographic Information Workshop: Supplementary Papers*. University of California, Santa Barbara: National Center for Geographic Information & Analysis.
- Silva, M. J., Ferreira, E., & Gomes, C. A. (2009). Fostering Inclusion in Portuguese Schools. *Key Lessons from ICT Projects, in Proceedings of IDC 2009 - Workshops* (pp. 298-301). Como, Italy: ACM.
- Silva, M. J., Gomes, C. A., Pestana, B., Lopes, J. C., Marcelino, M. J., Gouveia, C., et al. (2009). Adding Space and Senses to Mobile World Exploration, Chapter 8. In E. A. Druin, *Mobile Technology for Children: Designing for Interaction and Learning* (pp. 147–169). Boston: Morgan Kaufmann.
- Silva, M. J., Gomes, M. C., & Marcelino, M. J. (2005). Geo-referenced multisensory information: A productive concept for elementary school. *VIII IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education*, V. (pp. 405-410). Oranjestad: Acta Press.
- Silva, M. J., Hipólito, J., & Gouveia, C. (2003). Messages for Environmental Collaborative Monitoring: The Development of a Multi-sensory Clipart. In M. Rauterberg, M. Menozzi, J. Wesson (eds.), *Human-Computer Interaction INTERACT'03* (pp. 896-899). IOS Press.
- Silva, P. M., Lopes, J. C., & Silva, M. J. (2010). Ubiquitous Computing in Children Education: Framework for Georeferenced Multisensory Information. *Educação, Formação & Tecnologias*, n.º extra, , 35-45.



- Simões, P. (2009). *Modelação/Simulação no âmbito do projecto SchoolSenses@Internet. Tese de Mestrado*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Simons, P. (1993). Constructive Learning: the Role of the Learner. In T. M. Duffy, J. Lowyck, D. Jonassen, T. M. Welsh, & (Eds.), *Designing Environments Constructive Learning*. (pp. 291-313). Berlin: Springer-Verlag.
- Smith, D. C., Cypher, A., & Tesler, L. (2000). Novice programming comes of age. *Communications of the ACM*, 43(3) (pp. 75-81). New York, USA: ACM.
- Sobel, D., Tenenbaum, J., & Gopnik, A. (2004). Children's causal inferences from indirect evidence: Backwards blocking and Bayesian reasoning in preschoolers. *Cognitive Science* 28, 303–333.
- Sokolowski, J., & Banks, C. (2009). *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*. New Jersey: Wiley.
- Sowell, E. J. (1989). Effects of manipulative materials in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Instruction*, 20(5), 498-505.
- Spicer, J. (2000). Virtual manipulatives: A new tool for hands-on math. *ENC Focus*, 7(4), 14-15.
- Spirtes, P., Glymour, C., & Scheines, R. (2001). *Causation, prediction, and search (Springer lecture notes in statistics, 2nd ed., revised)*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata
- Stern, A. (1976). *Uma nova compreensão da Arte Infantil*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Swanson, R. A., & Holton, E. F. (2005). *Research in rganizations: Foundations and methods of inquiry*. San Francisco: Berrett-Koehler
- Tait, K. (1994). DISCOURSE: The Design and Production of Simulation-based Learning Environments. In T. Jong, & L. (. Sarti, *Design and production of Multimedia and Simulation based Learning Material* (pp. 111-131). Dorchester: Kluwer Academic Publisher.
- Thomas, R., & Milligan, C. (2004). Putting Teachers in the Loop: Tools for Creating and Customising Simulations. *Journal of Interactive Media in*

*Education (Designing and Developing for the Disciplines Special Issue).*

- Thornton, C. A., Jones, G. A., & Toohey, M. A. (1982). A multisensory approach to thinking strategies for remedial instruction in basic addition facts. . *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(3), 198-203.
- Travè-Massuyes, L., Ironi, L., & Dague, P. (2004). Mathematical Foundations of Qualitative Reasoning. *AI Magazine*, 24 (4), 91-106.
- Tschirgi, J. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1-10.
- Tversky, B. (1995). Cognitive origins of graphic conventions. In F. T. (Ed.), *Understanding images* (pp. 29–53). New York: Springer-Verlag.
- Tversky, B. (2001). Spatial schemas in depictions. In M. Gattis(Ed.), *Spatial schemas and abstract thought* (pp. 79–111). Cambridge, MA: MIT Press.
- van Berkum, J., Hijne, H., Jong, T., van Joolingen, W., & Njoo, M. (1995). Characterizing the Application of Computer Simulations in Education: Instructional Criteria . In & D. A. Ram, *Goal-Driven Learning* (pp. 381-392). Cambridge: MIT Press.
- Varela, P. (2009). *Ensino Experimental das Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico: construção reflexiva de significados e promoção de competências transversais, Dissertação de Doutoramento*. Braga: Universidade do Minho.
- Vieira, H. (2010). *Monitorização e avaliação no âmbito do projecto SchoolSenses@Internet, Tese de Mestrado*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Wagster, J., Kwong, H., Segedy, J., Biswas, G., & Schwartz, D. (2008). Bringing CBLEs into Classrooms: Experiences with the Betty's Brain System. *ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, (pp. 252-256). Santander.
- Warfield, D. (2005). IS / IT Research : A Research Methodologies Review. Technology.
- Watson, H. J., & Blackstone, J. H. (1989). *Computer Simulation*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Webb, G., & Wharton, D. A. (1991). Case Study: Student Learning and Computer-based Model Building: From Theory to Practice, 28 (3). *Innovations in Education and Teaching International*, 245 - 251.
- Weld, & Kleer, J. (1990). *Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems*. San Mateo-CA: Morgan Kaufmann.
- Wellington, J. (1998). *Practical Work in School Science. Which way now?* London: Routledge.
- Wellman, H. (1990). *The child's theory of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Werthner, H. (1994). *Qualitative reasoning: modeling and the generation of behavior*. New York: Springer-Verlag.
- Westley, M. (2003). Sensory-rich education. *Landscape Design: Journal of Landscape Institute*, 317, 31-35.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modelling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171–209.
- Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 3–19.
- Williams, M., Jones, O., Fleuriot, C., & Wood, L. (2005). Children and Emerging Wireless Technologies: Investigating the Potential for Spatial Practice. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 819-828). New York: ACM.
- Wilson, B., & Cole, P. (1996). Cognitive teaching models communications and technology. In D. J. (Ed.), *Handbook of research on educational*. New York: Simon & Schuster.
- Wilson, B., Teslow, J., & Osman-Jouchoux, R. (1995). The Impact of Constructivism (and Postmodernism) on ID Fundamentals. In B. B. (Ed.), *Instructional Design Fundamentals: A Reconsideration*. (pp. 137-156). Englewood, NJ: Educational Technology Publications.
- Windschitl, M., & Sahl, K. (2002). Tracing teachers' use of technology in a laptop computer school: The interplay of teacher beliefs, social dynamics, and institutional culture. *American Educational Research Journal*, 39, 165–205.

- Wineburg, S. S. (1991). Historical problem solving: A study of the cognitive processes used in the evaluation of documentary and pictorial evidence. *Journal of Educational Psychology*, 83, 73–87.
- Winn, W., & Synder, D. (1996). Cognitive perspectives in psychology. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology*. New York: Simon & Schuster.
- Wynekoop, J. L. and Congor, A. A. (1990) A Review of Computer Aided Software Engineering Research Methods. In Proceedings of the IFIP TC8 WG8.2 Working Conference on the Information Systems Research Arena of the 90's, Copenhagen, Denmark
- Wood-Robinson, C. (1995). Children's biological ideas: Knowledge about ecology, inheritance, and evolution. In S. M. (Eds.), *Learning science in the schools: Research informing practice* (pp. 111–131). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Yin, R., (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Beverly Hills, CA: Sage Publishing
- Yin, R. (2005). *Estudo de Caso. Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- Yoachim , C., & Meltzoff, A. (2003). Causal Reasoning in Preschool Children. *Northwest Cognition and Memory, June 26-28*. Seattle.
- Zhao, Y., & Frank, K. A. (2003). Factors affecting technology uses in schools. *An ecological perspective. American Educational Research Journal*, 40, 807-840.
- Zohar, A. (2006). El pensamiento de orden superior en las classes de ciencias: objectives, meios e resultados de investigação. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2), 157-172.
- Zuckerman, O. (2004). *System Blocks: Learning about Systems Concepts through Hands-on Modeling and Simulation*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

## Anexo A

### Testa os teus conhecimentos

1 – O que é uma energia renovável ou energia verde?

---

---

---

2 – Dá exemplos de utilização de energias renováveis?

---

---

---

3 Não devemos utilizar as Energias fósseis. Porquê?

---

---

---

4 – O que pode influenciar a captação de energia solar?

---

---

---

5 – A utilização da energia solar permite reduzir a emissão de poluição?

- Sim, permite reduzir a emissão de poluição porque é uma energia Verde.
- Não tem influência na redução das emissões de poluição.
- Aumenta, porque é uma energia muito poluidora.



## Anexo B



### O que sabes sobre incêndios florestais...

1. O risco de incêndio aumenta:
- |   | <b>nada</b>              | <b>pouco</b>             | <b>muito</b>             |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| se existir vegetação verde no local de incêndio.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| com temperaturas elevadas.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se existir vento intenso no local do incêndio.    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se existir vegetação morta e resíduos florestais. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se a humidade relativa do ar for baixa.           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| numa floresta em monocultura.                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| numa floresta autóctone.                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| em períodos de seca.                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| em áreas agrícolas.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
2. Florestas que são cuidadas diminuem o risco de ocorrer um incêndio?
- Sim
- Não
3. As florestas resinosas podem influenciar o comportamento de um fogo florestal?
- Sim
- Não
4. Quais os factores que podem originar um fogo florestal?
- |                       | Sim                      | Não                      |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Máquinas agrícolas    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fogueiras / queimadas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Foguetes              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- |   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 5. A vegetação morta e resíduos florestais: | Sim                      | Não                      |
| Ardem rapidamente.                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Têm muita humidade.                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Não permitem o avanço do fogo.              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Na tua opinião quais as principais causas naturais dos incêndios florestais?

---



---

7. Preenche as lacunas que estão no texto seguinte:

Em períodos de seca se ocorrerem condições meteorológicas de vento \_\_\_\_ (fraco/moderado/forte) e temperaturas \_\_\_\_\_ (baixas/ moderadas/elevadas), o risco de incêndio poderá ser  **muito elevado**.

- |                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 8. Quais as cores que associas com: | Cor   |
| Temperaturas altas                  | _____ |
| Temperaturas reduzidas              | _____ |
| Florestas                           | _____ |
| Resíduos florestais                 | _____ |
| Seca                                | _____ |
| Humidade                            | _____ |

- |   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 9. Os incêndios florestais podem provocar:  | Sim                      | Não                      |
| Morte e ferimentos nas populações e animais | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Destruição de bens                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Renovação e protecção de espécies           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Alterações do equilíbrio do meio natural    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cheias                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Derrocadas                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

*Obrigada pela tua colaboração*



## Anexo C



### O que sabes sobre incêndios florestais...

- | 1. O risco de incêndio aumenta:                   | <b>nada</b>              | <b>pouco</b>             | <b>muito</b>             |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| se existir vegetação verde no local de incêndio.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| com temperaturas elevadas.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se existir vento intenso no local do incêndio.    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se existir vegetação morta e resíduos florestais. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| se a humidade relativa do ar for baixa.           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| numa floresta em monocultura.                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| numa floresta autóctone.                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| em períodos de seca.                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| em áreas agrícolas.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
2. Florestas que são cuidadas diminuem o risco de ocorrer um incêndio?
- Sim
- Não
3. As florestas resinosas podem influenciar o comportamento de um fogo florestal?
- Sim
- Não
4. Quais os factores que podem originar um fogo florestal?
- |                       | Sim                      | Não                      |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Máquinas agrícolas    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fogueiras / queimadas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Foguetes              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
5. A vegetação morta e resíduos florestais:
- |                                | Sim                      | Não                      |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ardem rapidamente.             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Têm muita humidade.            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Não permitem o avanço do fogo. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
6. Na tua opinião quais as principais causas naturais dos incêndios florestais?
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## 7. Preenche as lacunas que estão no texto seguinte:

Em períodos de seca se ocorrerem condições meteorológicas de vento \_\_\_\_\_ (fraco/moderado/forte) e temperaturas \_\_\_\_\_ (baixas/ moderadas/elevadas), o risco de incêndio poderá ser **muito elevado**.

Com condições meteorológicas de humidade relativa \_\_\_\_\_ (baixa/moderado/elevada) e temperaturas elevadas, o risco de incêndio é **reduzido**.

Nas mesmas condições meteorológicas o risco de incêndio \_\_\_\_\_ (aumenta/é igual/diminui) em locais de pinhal se compararmos com locais de floresta autóctone.

Em zonas de humidade relativa moderada o risco de incêndio é \_\_\_\_\_ (maior/igual/menor) nos campos agrícolas se compararmos com matagal (mato).

## 8. Quais os factores que podem ajudar a propagar um fogo florestal?

Temperatura	baixa	<input type="checkbox"/>	elevada	<input type="checkbox"/>
Humidade	baixa	<input type="checkbox"/>	elevada	<input type="checkbox"/>
Vento	fraco	<input type="checkbox"/>	forte	<input type="checkbox"/>
Florestas	resinosas	<input type="checkbox"/>	autóctones	<input type="checkbox"/>
Resíduos florestais em número	reduzido	<input type="checkbox"/>	abundante	<input type="checkbox"/>

## 9. Os incêndios florestais podem provocar:

	Sim	Não
Morte e ferimentos nas populações e animais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Destruição de bens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Renovação e protecção de espécies	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alterações do equilíbrio do meio natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cheias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Derrocadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 10. Quais as cores dos vários graus do risco de incêndio?

Máximo	Reduzido	Moderado	Elevado	Muito elevado

## 11. O risco de incêndio mede:

	Sim	Não
O número de incêndios que ocorrem num determinado dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A probabilidade de ocorrerem incêndios num determinado dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O número de incêndios que se iniciaram num determinado dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

