



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Departamento de Matemática e Engenharias

SMART - System of Augmented Reality for Teaching



Rubina de Dória e Freitas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática

Funchal, 2008



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Departamento de Matemática e Engenharias

SMART - System of Augmented Reality for Teaching



Rubina de Dória e Freitas

Orientador: Prof. Doutor Pedro Filipe Pereira Campos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática

Funchal, 2008

RESUMO

Os computadores e os jogos de consola, são um vocabulário bem comum dos jovens e das crianças de hoje. No entanto, na maior parte das escolas, o processo de ensino-aprendizagem continua a ser feito da forma tradicional através do recurso aos quadros pretos e aos cadernos. Este projecto pretende mostrar que, se as aulas forem dadas de uma forma mais interactiva, as crianças estarão mais motivadas e consequentemente a taxa de aprendizagem terá tendência a aumentar.

Pretende-se então, utilizar a tecnologia – a *Realidade Aumentada*, acreditando que será uma mais valia para o ensino, pois permite estabelecer novas relações com o saber, ultrapassando os limites dos materiais tradicionais e contribuindo para a diminuição da distância entre os alunos e o conhecimento.

Palavras-chave:

Realidade Aumentada

Motivação

Aprendizagem

ARToolkit

ABSTRACT

Nowadays, computers and videogames are something that is a common vocabulary of boys and girls. However, in most schools, the teaching-learning process continues being made in the traditional way, using blackboards and exercise books as resources.

This project intends to show that, if classes would be given in an interactive way, children would be more motivated and consequently the degree of learning would improve.

It is intended then, to use the technology - the Augmented Reality, believing that will create more value in education, going beyond the limits of traditional materials, contributing for the reduction of the distance between the pupils and the knowledge.

Key-words:

Augmented Reality

Motivation

Learning

ARToolkit

Agradecimentos

Um agradecimento muito especial ao meu orientador, o Prof. Doutor Pedro Filipe Pereira Campos, por todo o tempo que dedicou a orientar o meu trabalho de mestrado, por toda a sua disponibilidade para esclarecer dúvidas e o acompanhamento em todo o projecto. O meu muito obrigado.

Às professoras que estiveram envolvidas nas experiências, nomeadamente, Sara Almeida, Leonor Freitas, Dalila Gouveia, Lucinda Ribeiro e aos directores das escolas: Colégio do Marítimo, Escola dos Ilhéus e Escola do Areeiro, quero dar um voto de agradecimento por permitirem realizar esta experiência e por toda a cooperação na realização da mesma.

À minha família gostaria também de agradecer, por toda a compreensão e apoio que me deram para a execução deste trabalho.

Ao meu namorado quero agradecer as suas palavras de apoio, de motivação e toda a compreensão que me deu para a realização do trabalho de mestrado. O meu obrigado também por todo o carinho demonstrado nos momentos em que tive mais dificuldades no projecto, e por estar sempre presente para me apoiar. Agradeço também o espaço cedido por ele e pela Prof. Lina Brito no seu gabinete que várias vezes utilizei para a realização do projecto, por ser um lugar calmo e reservado. A eles o meu sincero agradecimento.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer aos meus colegas e amigos por todas as opiniões e comentários que deram acerca do meu projecto, contribuindo assim para melhorá-lo. Agradeço também pelas ideias e por toda a cooperação existente entre todos. A todos, o meu muito obrigado!

Lista de abreviaturas e terminologia

RA - Realidade Aumentada

RV - Realidade Virtual

RM - Realidade Misturada

SMART - System of Augmented Reality for Teaching, ou seja, Sistema de Realidade Aumentada para o ensino

ÍNDICE

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
Agradecimentos	iii
Lista de abreviaturas e terminologia	iv
ÍNDICE	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	viii
Capítulo 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	5
1.2 OBJECTIVOS	6
1.3 CONTEXTO	6
1.4 ABORDAGEM	10
Capítulo 2 ESTADO DE ARTE	11
2.1 VÁRIAS ÁREAS DE APLICAÇÃO DA RA	11
2.1.1 Medicina	11
2.1.2 Educação	11
2.1.3 Entretenimento	15
2.1.4 Treino Militar	16
2.1.5 Manutenção e Reparação	17
2.1.6 Anotações em imagens	18
2.1.7 Arquitectura	19
2.1.8 Preservação de Patrimónios Históricos	20
2.1.9 Turismo	20
2.2 APLICAÇÃO DA RA NO ENSINO DE ALUNOS DE 2º ANO DE ESCOLARIDADE	21
Capítulo 3 TRABALHO DESENVOLVIDO	23
3.1 QUEBRA-CABEÇAS EDUCACIONAL	23
3.2 RECONHECIMENTO DE ANIMAIS, TRANSPORTES E SÓLIDOS	24
3.3 JOGO DAS CATEGORIAS DOS ANIMAIS E DOS TRANSPORTES	25
3.3.1 Criação de uma aplicação adicional para o jogo dos transportes	28
3.3.2 Melhoramento da interface dos jogos das categorias	28
3.3.3 Uso de sensores para controlar o ambiente ideal	29
3.4 JOGO DAS CATEGORIAS DOS TRANSPORTES COM INTERRUPTOR	32
3.5 DIVULGAÇÃO DOS JOGOS	33
Capítulo 4 ARQUITECTURA DO SISTEMA	36
4.1 PERFIS DE UTILIZADORES	36
4.2 FRAMEWORK DO SMART	36
4.3 VANTAGENS DA FRAMEWORK DO SMART EM RELAÇÃO AO ARTOOLKIT	40
Capítulo 5 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DO JOGO DAS CATEGORIAS	41
5.1 ANÁLISE AOS DADOS DOS TESTES A 3 TURMAS DE 2º ANO	42
5.1.1 Análise dos dados relativos à taxa de aprendizagem	42
5.1.2 Análise dos testes de motivação	44
5.2 OUTROS TESTES AO SMART	45
5.3 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES AOS TESTES PARA OS ALUNOS DE 2º ANO	46
Capítulo 6 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DOS NÚMEROS	48
6.1 TESTE DO PROTÓTIPO DOS NÚMEROS NUMA ESCOLA PRÉ-PRIMÁRIA	48
6.2 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES	50

Índice

Capítulo 7 CONCLUSÕES.....	51
7.1 CONCLUSÕES GERAIS.....	51
7.2 TRABALHO FUTURO.....	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICES.....	58
APÊNDICE A Testes para medir a taxa de aprendizagem	59
APÊNDICE B Artigo submetido para a conferência HCI2008 – Culture, Creativity, Interaction...65	

Índice de Figuras

FIGURA 1 - ESTUDO FEITO A 30 ALUNOS SOBRE OS OBJECTOS UTILIZADOS POR ELES	3
FIGURA 2 - REALIDADE MISTURADA	4
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO ARTOOLKIT	5
FIGURA 4 - CIRURGIA GUIADA POR IMAGEM – MIT	11
FIGURA 5 - QUEBRA-CABEÇAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE PALAVRAS	12
FIGURA 6 - QUEBRA-CABEÇAS ORDENADOR	12
FIGURA 7 - MR. VIRTUOSO ENSINA HISTÓRIA DE ARTE COM RA	12
FIGURA 8 - PERSPECTIVA DA RELAÇÃO TERRA-SOL NA EXPERIÊNCIA DE RA	13
FIGURA 9 - ALUNOS A TRABALHAR COM O CONSTRUCT3D NO LABORATÓRIO	14
FIGURA 10 - MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DOS OBJECTOS QUANDO PASSAM PELOS MARCADORES.....	15
FIGURA 11 - O COMBOIO INVISÍVEL	15
FIGURA 12 - ARQUAKE	16
FIGURA 13 - TREINO MILITAR USANDO RA	17
FIGURA 14 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE RA NA REPARAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS	17
FIGURA 15 - REPARAÇÃO DE MOTOR DA HONDA E “JET ENGINE OIL FILTER & COVER INSTALL”	18
FIGURA 16 - ANOTAÇÕES FEITAS EM AR NUM MOTOR AUTOMÓVEL	18
FIGURA 17 - INTERACÇÃO DO UTILIZADOR PARA OBTER INFORMAÇÕES ACERCA DO OBJECTO INDICADO ...	19
FIGURA 18 - MUSE AUGMENTED REALITY CONCEPT	19
FIGURA 19 - OUTROS EXEMPLOS DE ANOTAÇÕES FEITOS COM RA	19
FIGURA 20 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA RA NA ARQUITECTURA	20
FIGURA 21 - APLICAÇÃO DE RA SOBRE UMA CONSTRUÇÃO EM RUÍNAS	20
FIGURA 22 - VIRTUAL SIGHTSEEING DA YDREAMS, RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA.....	21
FIGURA 23 - MARS	21
FIGURA 24 - MONTAGEM DO QUEBRA-CABEÇAS.....	23
FIGURA 25 - QUEBRA-CABEÇAS COM AS CONFIGURAÇÕES PARA A PALAVRA CAVALO E OVELHA.....	24
FIGURA 26 - REACÇÃO DE UM DOS ALUNOS	25
FIGURA 27 - EXEMPLO DE UMA RAQUETE COM O MARCADOR.....	26
FIGURA 28 - JOGO DAS CATEGORIAS DOS ANIMAIS	27
FIGURA 29 - JOGO DOS TRANSPORTES.....	27
FIGURA 30 - APLICAÇÃO PARA OS SONS DOS TRANSPORTES	28
FIGURA 31 - MOLDURA PARA O JOGO DOS ANIMAIS	29
FIGURA 32 - MOLDURA PARA O JOGO DOS TRANSPORTES.....	29
FIGURA 33 - SENSOR DE LUZ	30
FIGURA 34 - PHIDGETINTERFACEKIT 8/8/8	30
FIGURA 35 - PELUCHE PARA CAMUFLAGEM DO SENSOR DE LUZ, INTERFACEKIT E CÂMARA	30
FIGURA 36 - PORMENOR DO SENSOR DE LUZ E DA CÂMARA.....	31
FIGURA 37 - FEEDBACK ACERCA DO AMBIENTE DE EXECUÇÃO DO SMART	31
FIGURA 38 - MONTAGEM INICIAL DOS INTERRUPTORES	32
FIGURA 39 - INTERRUPTORES REVESTIDOS.....	32
FIGURA 40 - PÁGINA INICIAL DO SMART NA WEB.....	33
FIGURA 41 - PÁGINA SOBRE A INSTALAÇÃO DO SMART	34
FIGURA 42 - ECRÃS DE INSTALAÇÃO DO SMART	34
FIGURA 43 - EXEMPLO DE UM MARCADOR.....	35
FIGURA 44 - MODELO DA ARQUITECTURA-UML.....	37
FIGURA 45 - EXEMPLO DE UM FICHEIRO DEFINICOES.TXT	38
FIGURA 46 - DETALHE DE UM FICHEIRO DE CONFIGURAÇÕES PARA AS CATEGORIAS	39
FIGURA 47 - DETALHE DE UM FICHEIRO DE CONFIGURAÇÕES DE OBJECTOS VRML.....	39
FIGURA 48 - FICHEIRO BARCO.BAT COM AS CONFIGURAÇÕES DO FICHEIRO VRML BARCO.WRL	40
FIGURA 49 - CENÁRIO DE UMA DAS TURMAS ONDE SE TESTOU O SMART	42
FIGURA 50 - GRÁFICOS CORRESPONDENTES À ANÁLISE DOS TESTES DE MOTIVAÇÃO	44
FIGURA 51 - ALGUMAS REACÇÕES DOS ALUNOS ENQUANTO TESTAVAM O SMART	46
FIGURA 52 - EXEMPLO DE ALGUNS MARCADORES DO JOGO DOS NÚMEROS.....	48
FIGURA 53 - ESQUEMA UTILIZADO NA ESCOLA DO AREIRO PARA A PRÉ-PRIMÁRIA.....	49
FIGURA 54 - REACÇÕES DAS CRIANÇAS PERANTE O PROTÓTIPO DO JOGO DOS NÚMEROS.....	49

Índice de Tabelas

TABELA 1 – EVOLUÇÃO DOS ALUNOS FRACOS.	43
TABELA 2 – EVOLUÇÃO DOS ALUNOS SUFICIENTES.	43
TABELA 3 – EVOLUÇÃO DOS BONS ALUNOS.	43

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial, o mundo mudou. Era preciso criar uma escola capaz de dar resposta às necessidades do modelo industrial. Desenhou-se a escola segundo um modelo inspirado nas fábricas. Esse modelo de escola fabril perdurou até aos nossos dias, sendo poucas as inovações. É o ensino tradicional.

É um ensino fechado, livresco, centrado no professor. A criança gravitava à volta dos currículos. O professor é o centro da aprendizagem. As aulas são expositivas, monótonas e apelam à memorização. A informação é passada do professor ao aluno que a recebe passivamente. A limitação do conhecimento está no professor.

É uma escola que não sofreu mudanças nos seus aspectos essenciais, mantendo-se muito semelhante ao que sempre foi: uma escola do tempo fabril, uma escola desactualizada.

Com a introdução das tecnologias, o mundo mudou novamente. Agora o poder não está centrado na produção, mas na informação. A escola tem de ser capaz de acompanhar esta mudança.

Requer-se escolas mais criativas que ensinem os alunos a pensar. A escola de hoje não pode continuar a ter referências fortes com a escola do passado. Tem de haver transformação, inovação. Inovar é ir para além do invariante cultural.

A primeira etapa da inovação terá de coincidir com uma tomada de consciência dos constrangimentos existentes contra ela. O invariante cultural deve ser o primeiro constrangimento a ser eliminado.

A tecnologia não é inovação se for mal incorporada. Pode alimentar o invariante cultural. É o caso de se informatizar os métodos tradicionais de instrução. Servirá para dar continuidade à escola fabril por outros meios.

O computador não deve ser inserido na educação como uma máquina de ensinar, mas como uma ferramenta auxiliar na construção do conhecimento.

O computador pode enriquecer ambientes de aprendizagem onde o aluno vai interagir e construir o seu conhecimento. Neste caso o conhecimento não é passado ao aluno. É o aluno que constrói o seu próprio conhecimento. A ênfase está na aprendizagem e não no ensino, na construção do conhecimento e não na instrução.

Capítulo 1 - Introdução

É o modelo construcionista. O construcionismo é uma teoria proposta por Seymour Papert [30] e diz respeito à construção do conhecimento. Baseia-se numa acção concreta que resulta num produto palpável desenvolvido através do computador e que seja do interesse de quem o produz. Quando o aluno está interagindo com o computador, está manipulando conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental.

A aprendizagem é encarada como uma atitude activa onde o aluno constrói o próprio conhecimento.

O papel do professor é construir bons ambientes de aprendizagem e ser facilitador e mediador do conhecimento. O ensino é o ensino pela descoberta. O computador passa a ser o aliado do professor na aprendizagem, proporcionando transformações no ambiente de aprender e questionando formas de ensinar.

O papel do aluno é o de construtor do seu conhecimento, aquele que levanta hipóteses, testa e cria.

O computador torna-se num instrumento de mudança, numa ferramenta mediadora de aprendizagem, desenvolvendo capacidades intelectuais e cognitivas, levando o aluno a desenvolver as suas potencialidades, a sua criatividade e a construir o seu próprio conhecimento.

As tecnologias são inovação em educação pois permitem estabelecer novas relações com o saber, que ultrapassam os limites dos materiais tradicionais e rompem com os muros da escola, articulando-a com outros espaços produtores do conhecimento.

Com as novas tecnologias e Internet, criam-se possibilidades de redimensionar o espaço escolar tornando-o aberto e flexível, transformando o ensino e a aprendizagem num processo colaborativo, no qual professores e alunos trocam informações e experiências entre eles e entre as outras pessoas que actuam no interior da escola, bem como outros agentes externos.

O produto final desse processo é a formação de indivíduos autónomos, seguros, que aprendem por si mesmo, porque aprenderam a aprender, através da busca, da investigação, da descoberta, da invenção.

Um grupo de alunas desenvolveu um estudo [1] sobre a Indisciplina e Violência na Escola, para a disciplina *Investigação em Educação* do Curso de Ciências da Educação da Universidade da Madeira. Para esse trabalho realizaram um questionário a

30 alunos com idades compreendidas entre os 9 e 11 anos, onde é feita uma pergunta acerca dos objectos com que eles brincam.

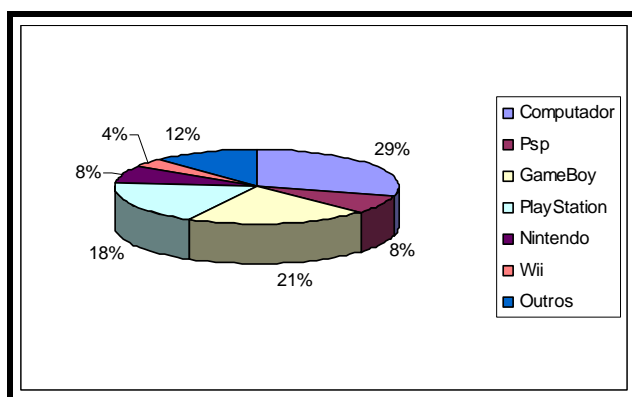


Figura 1 – Estudo feito a 30 alunos sobre os objectos utilizados por eles

Pode-se verificar que, com base na Figura 1, 29% dos alunos afirmam possuir Computador, 21% GameBoy, 18% PlayStation, 12% outros, 8% Nintendo e Psp e 4% Wii [1].

De acordo com os dados obtidos, constata-se que 88% dos alunos inquiridos utilizam estas novas tecnologias. Assim sendo, seria importante que nas escolas também pudessemos utilizar a tecnologia para o ensino, uma vez que essa é uma “linguagem” bem conhecida dos alunos, e sem dúvida, bem mais motivante que o método tradicional.

Ao utilizar-se nas escolas algo que os alunos possam identificar como jogos interactivos, contribuirá para que estes estejam mais motivados para aprendizagem. Pretende-se construir estes jogos educativos através da tecnologia Realidade Aumentada como um meio para alcançar esse objectivo.

A Realidade Aumentada, que passaremos a denominar por RA, é uma variação da Realidade Virtual (RV), sendo que nesta última o utilizador é introduzido num mundo virtual/sintético não tendo qualquer contacto com o mundo real. Já na RA, o utilizador está em contacto com o mundo real e neste podem ser introduzidos objectos virtuais gerados computacionalmente.

Para melhor compreendermos esta definição, devemos entender o conceito de Realidade Misturada (RM).



Figura 2 – Realidade Misturada [18]

Como podemos ver pela figura anterior, num dos extremos da RM temos um ambiente real e no outro extremo um ambiente totalmente virtual. Assim, a RA é uma particularização da RM, proporcionando ao utilizador uma interacção segura, uma vez que se encontra no mundo real, podendo trazer para esse mundo, objectos virtuais.

Como características básicas de sistemas de RA temos:

- Processamento em tempo real;
- Combinação de elementos virtuais com o ambiente real;
- Uso de elementos virtuais concebidos em 3D.

O ARToolKit, é um software opensource implementado por Hirokazu Kato, sendo actualmente utilizado pelos pesquisadores do Laboratório Tecnológico de Interface Humana (HITL), na Universidade de Washington. Foi construído para o desenvolvimento de aplicações de RA, operando através de técnicas de visão computacional, processamento de imagem e programação.

Sendo uma das maiores dificuldades no desenvolvimento destas aplicações, fazer com que estas calculem com precisão e em tempo real o ponto de vista do utilizador, o software ARToolKit permite calcular a posição real da câmara e dos seus marcadores de referência possibilitando que o programador acrescente objectos virtuais sobre estes marcadores no mundo real. No entanto, para que se faça este reconhecimento, o ARToolKit necessita de efectuar diversos passos. Primeiramente transforma a imagem de vídeo capturada pela câmara numa imagem com valores binários. Seguidamente examina essa imagem para encontrar regiões quadradas. Assim, o ARToolKit encontra todos os quadrados na imagem em binário e para cada quadrado encontrado, a imagem no seu interior é capturada e comparada com algumas imagens que foram guardadas previamente. Desta forma, se existir alguma similaridade entre as imagens, o ARToolKit considera que encontrou um dos marcadores de referência e a

partir do tamanho conhecido do quadrado, tal como a orientação do padrão, calcula a posição real da câmara em relação à posição real do marcador. As coordenadas referentes a este cálculo, ou seja, da câmara em relação ao marcador, são utilizadas para calcular a posição das coordenadas da câmara virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmara forem as mesmas, então o objecto virtual pode ser desenhado sobre o marcador real, como mostra a Figura 3 [18].

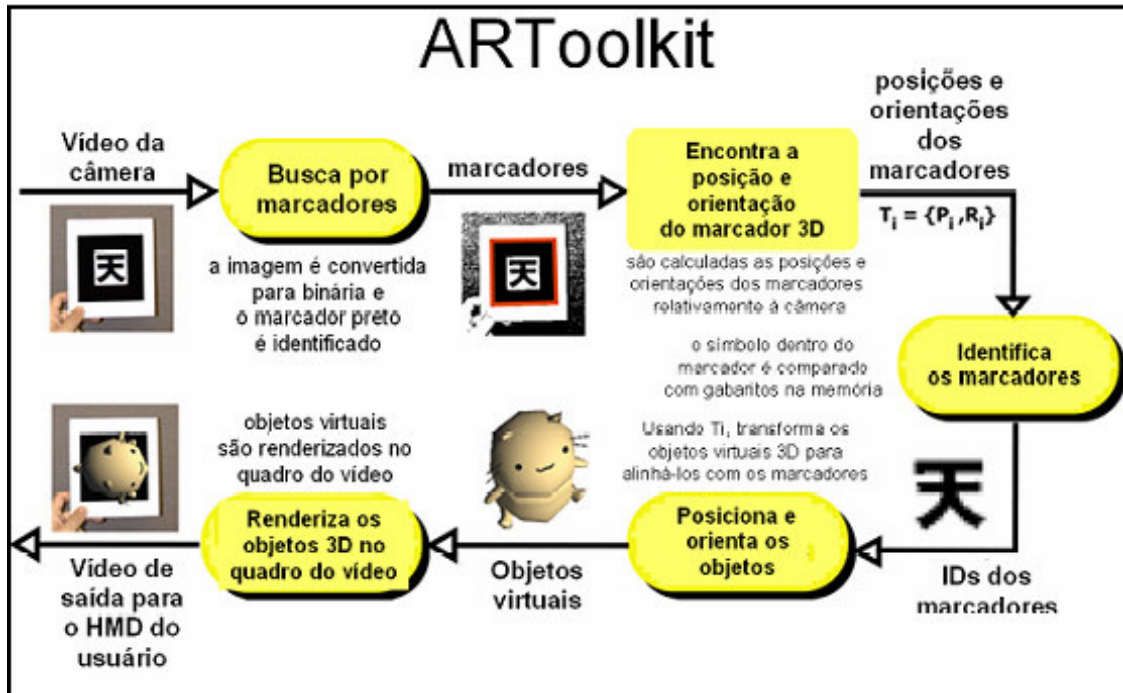


Figura 3 – Diagrama de funcionamento do ARToolkit [29]

1.1 Motivação

Em vez de construir um programa de computador, normal, com o qual interagimos utilizando apenas o rato e o teclado, porque não trazer um pouco do ambiente do mundo real e alguns elementos virtuais, interagindo com as nossas próprias mãos? Essa foi a motivação pela qual foi escolhida a Realidade Aumentada como a tecnologia para desenvolver este projecto.

Poder interagir sem precisar de utilizar o teclado, necessitando apenas de uma câmara que capta os marcadores que lhe são mostrados, fazendo associar imagens tridimensionais num ambiente real, é um desafio e uma aventura. Poder usar essa

tecnologia para ensinar as crianças na sua aprendizagem, faz com que esta pareça mais interessante e simples.

1.2 Objectivos

Os objectivos deste trabalho passam pela implementação de alguns jogos educativos, destinados aos alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, nomeadamente para o 2º ano de escolaridade, com o propósito de motivá-los na aprendizagem de alguns conteúdos programáticos e consequentemente aumentar o seu aproveitamento escolar. Trata-se portanto de realizar um estudo para verificar se a tecnologia pode influenciar a sua aprendizagem.

1.3 Contexto

Sendo este trabalho um projecto inovador na área da educação cujo objectivo, como atrás referido, é motivar os alunos e contribuir para uma aprendizagem em profundidade, procurou-se fundamentá-la em estudos recentes sobre a aprendizagem.

Conceito de aprendizagem

A aprendizagem é construção. É sobretudo um processo pessoal ou um acto interno ao indivíduo que aprende. Sendo um processo pessoal, uma grande distância entre o nível actual e o nível próximo de aprendizagem poderá conduzir ao abandono e à incapacidade por parte do aluno. A aprendizagem exige a **iniciativa do aluno** podendo o professor servir de mediador nessa apropriação e construção pessoal.

“A definição de aprendizagem como construção de conhecimento apela a um professor que consiga caminhar ao lado e à frente dos alunos, a uma distância adequada, servindo de *mediador* entre os alunos e a nova informação ou tarefa. (...) O ir ao lado e o ir à frente , por parte do professor, em relação ao conhecimento a construir pelo aluno é, sobretudo, um estado de compreensão e de empatia, uma postura de desafio, de estímulo e de substituição temporária.”

Tavares, citado por Almeida[31] (1998 p. 56-57)

Papert [30] refere que “a aprendizagem é mais bem sucedida quando o aprendiz participa voluntariamente e empenhadamente”, sendo a “melhor aprendizagem a que se compreende e dá prazer” (Papert [30], p. 43).

Temos assim, que a motivação é um factor crucial para aumentar a possibilidade da acção e descoberta, potencializando a capacidade de aprender a aprender.

Deste modo, tem lugar o novo paradigma construcionista da aprendizagem que apetrecha, adapta e prepara a escola para responder aos constantes desafios da sociedade actual revestida de profunda e acelerada mudança.

O contacto das crianças com os computadores é uma experiência fascinante, confirmando a opinião que manifestam quando se pronunciam sobre a sua própria prática de utilização. Para elas o computador representa a possibilidade de ocupar o seu tempo com actividades que lhes permitem aprender tudo, até a utilizá-lo para conhecer progressivamente melhor o seu funcionamento e saber operar com os programas que utilizam e, em menor grau, a comunicar com os outros. Mas é também um espaço de exploração e de brincadeira onde podem desafiar a lógica, imaginando-se muito poderosas e possuidoras de qualidades mágicas e onde sentem que as decisões que tomam têm efectivo impacto nas acções onde se integram, determinando o seu curso.

Vygotsky[32] debruça-se essencialmente sobre a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que consiste na existência de uma área potencial de desenvolvimento cognitivo. Isto é a distância entre o conhecimento actual da criança e aquele que ela é capaz de atingir com a orientação de adultos ou com a ajuda de pares mais capazes (interacção social).

Para Vygotsky a aprendizagem é um processo social e o conhecimento é algo socialmente construído. A interacção social é a comunicação entre o professor e o aluno em conjunto com o meio ambiente onde ocorre a comunicação. Deste modo o aprendiz interage com os problemas, os assuntos, as estratégias, a informação e os valores que o sistema inclui.

A importância dos pares como mediadores da aprendizagem

Em conjunto com a proposta da (ZDP) a questão da mediação da aprendizagem feita por pares que se revelam mais capazes devido às suas potencialidades de aplicação na educação escolar, tem sido um tema muito debatido na educação. Neste sentido a criação de grupos de aprendizagem colaborativa, com crianças em diferentes níveis de

aprendizagem embora próximas na capacidade para a realização das tarefas constitui outra estratégia de mediação importante. O mediador externo deve ter presente o significado que é para a criança estar ligado a um objecto que ela use antes ou durante o desempenho da tarefa e combine a mediação com o uso da linguagem e do contexto cultural.

Actualmente as turmas das escolas públicas são cada vez mais numerosas, diversificadas e o grau de exigência é cada vez maior no que se refere às habilidades pretendidas, impossibilitando o atendimento às necessidades individuais. A solução está nos métodos usados pelos próprios estudantes como meio de instrução (os alunos ensinam-se uns aos outros).

Este tipo de ensino é conhecido por aprendizagem mediada pelos pares no seu contexto “natural”.

A aprendizagem de conhecimentos e de habilidades dá-se num contexto social no interior do qual um adulto ou uma criança com maior aptidão orientam a actividade de um indivíduo menos apto. Inicialmente esta participação é orientada consoante o desenvolvimento dos conhecimentos e das habilidades do aprendiz, o monitor entrega-lhe de uma forma gradual o controlo das operações, tornando-se assim autónomo. Na aprendizagem realizada pelos pares, o professor transfere para o par tutor o controlo e a promoção da aprendizagem.

Howard Gardner [20], psicólogo americano centra as suas investigações nas inteligências múltiplas e na sua implicação na prática pedagógica [20]. Gardner sugere que a noção de inteligência, baseada nos testes QI era muito limitada. É aí que propõe oito diferentes inteligências a partir do conceito de que o ser humano possui um conjunto de diferentes capacidades. São elas:

Lógico-matemática – consiste na habilidade em detectar padrões e está frequentemente ligada ao pensamento científico e ao raciocínio lógico e dedutivo.

Linguística – está associada ao domínio da linguagem, à habilidade de manipular a linguagem para expressar-se por meio da linguagem verbal, escrita e oral.

Espacial – está associada à habilidade de criar imagens mentais para resolver problemas. Associada também ao sentimento de direcção, à capacidade de formar um modelo mental e utilizá-lo para se orientar. Gardner realça que este tipo de inteligência pode ser associada a crianças cegas.

Capítulo 1 - Introdução

Corporal-Cinestésica – é a habilidade de utilizar as suas capacidades mentais para coordenar os movimentos do corpo.

Interpessoal – Está associada à capacidade de se relacionar com as pessoas. De entender as intenções e os desejos dos outros e, conseqüentemente, de se relacionar bem com eles.

Intrapessoal - a habilidade de compreender os seus próprios sentimentos e motivações e de usar essas informações para alcançar objectivos pessoais.

Musical – está associada à capacidade de se expressar por meio da música, ou seja, dos sons, organizando-os de forma criativa a partir dos tons e timbres.

Naturalista – está associada à capacidade humana de reconhecer objectos na Natureza.

O importante não é o número de inteligências que temos mas o desenvolvimento de todas elas de acordo com nossas aptidões. Apesar de todas elas estarem anatomicamente separadas umas das outras, Gardner declara que as inteligências muito raramente operam independentemente. Na verdade, as inteligências são concorrentes e complementam-se umas às outras. Todos possuímos as mesmas inteligências mas não na mesma forma nem na mesma proporção [20].

A aprendizagem escolar requer que o aluno compreenda em profundidade as matérias escolares. Gardner defende que uma das melhores maneiras de se conseguir compreender em profundidade é abordar o mesmo tema através de múltiplos pontos de entrada (musical, linguístico, espacial, etc.). Portanto, utilizando abordagens não só da sua área específica, mas de outras áreas do saber. É esta abordagem multidisciplinar que Gardner recomenda às escolas como uma maneira de facilitar não só uma melhor compreensão da matéria, mas também uma melhor transferência de saberes.

Se a criança não compreende através da inteligência que elegemos para informá-la, então o professor pode considerar que existem pelo menos mais sete caminhos diferentes para tentar.

É com base nesta abordagem que este trabalho, utilizando RA, vem proporcionar uma compreensão mais profunda da aprendizagem constituindo um desses múltiplos pontos de entrada.

1.4 Abordagem

O trabalho consiste em desenvolver vários protótipos inovadores utilizando a RA na área da Educação e desta forma avaliar o sucesso na aprendizagem dos alunos.

Esta investigação pretende mostrar que o uso de RA nas escolas pode contribuir para criar bons ambientes de aprendizagem, correspondendo às expectativas do aluno e permitir que este vá mais além.

É um caminho diferente para ir ao encontro do sucesso educativo.

Nos protótipos realizados foram utilizadas as linguagens C/C++ e OpenGL recorrendo ao software ARToolKit.

Para além destas linguagens, foram também utilizadas várias ferramentas, o Adobe FLASH CS3 (usando o actionscript 3) e Photoshop CS3.

Capítulo 2

ESTADO DE ARTE

A RA é uma tecnologia cada vez mais utilizada hoje em dia e encontra-se já expandida em diferentes áreas, algumas das quais veremos de seguida.

2.1 Várias áreas de aplicação da RA

2.1.1 Medicina

A medicina é uma das áreas que mais requer o uso de realidade virtual e aumentada quer para a área de educação, formação, diagnóstico, tratamento e simulação de cirurgia. Pelas suas características de visualização 3D e de interacção em tempo real, permitem a realização de aplicações médicas inovadoras, que antes não podiam ser realizadas.

Abaixo temos um exemplo da aplicação da RA, que permite dar ao cirurgião uma melhor percepção sensorial acerca do corpo do paciente durante uma operação. Assim, as operações deixam de ser tão arriscadas e tornam-se mais eficientes.

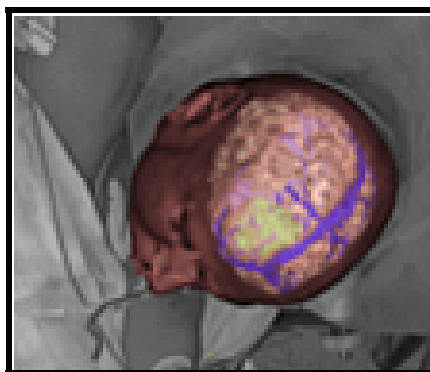


Figura 4 - Cirurgia guiada por imagem – MIT [2]

2.1.2 Educação

Na área da educação podemos encontrar várias formas de ensinar a fazer determinadas coisas, nomeadamente na escrita. Um exemplo para isso são os quebra-cabeças que podemos ver na Figura 5. Para este caso, quando o aluno faz uma sequência de letras correcta (já previamente predefinidas), a aplicação identifica-as e mostra o objecto virtual correspondente em 3 dimensões.

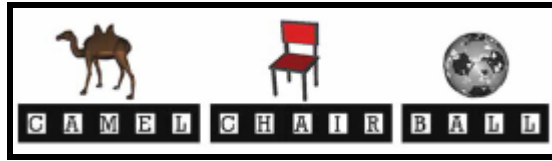


Figura 5 - Quebra-cabeças para identificação de palavras [3]

Temos ainda outro exemplo interessante com um quebra-cabeças para ordenar números.



Figura 6 - Quebra-cabeças ordenador [3]

Os quebra-cabeças desenvolvidos com a tecnologia de RA permitem que o utilizador tenha uma visão enriquecida e ampliada do ambiente. Ao lidar com os objectos virtuais tridimensionais sobrepostos ao cenário real, o utilizador estimula a sua capacidade de percepção e o raciocínio espacial.

Existem muitas aplicações nesta área e uma das mais engraçadas é o ensino de História através de PDAs e RA. Podemos ver um exemplo na figura seguinte.



Figura 7 - Mr. Virtuoso ensina História de Arte com RA [4]

Os utilizadores têm de organizar as imagens por ordem cronológica, podendo arrastá-los de um lugar para outro através da possibilidade de touchscreen dos PDAs. Quando têm dúvidas acerca do tempo histórico a que cada objecto pertence, podem consultar o Mr. Virtuoso (parte inferior da figura), colocando junto a ele o objecto que suscita dúvidas e o Mr. Virtuoso começa a falar acerca do objecto no seu período histórico. A informação aparece em áudio e mesmo por escrito.

O uso de sistemas de RA em termos educacionais, não é algo novo. Shelton e Hedley [21] descrevem um projecto de investigação onde utilizam a RA para auxiliar no ensino das relações Terra-Sol aos alunos de licenciatura em geografia. Eles examinaram cerca de trinta alunos que participaram num exercício com RA que continha modelos desenhados para ensinar os conceitos de rotação/revolução, solstício/equinócio e a variação sazonal da luz e temperatura. Com esta experiência, puderam verificar uma grande melhoria na compreensão dos conceitos pelos alunos, assim como a redução de alguns mal-entendidos.

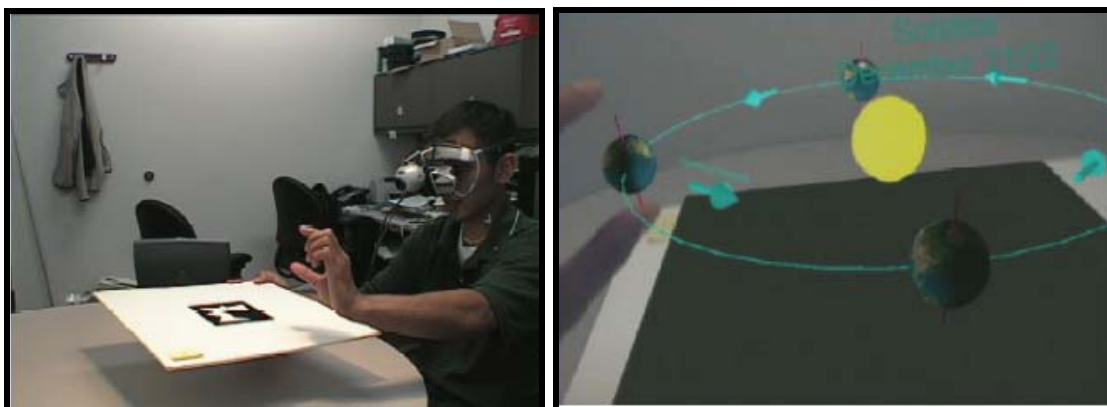


Figura 8 – Perspectiva da relação Terra-Sol na experiência de RA

Outra conclusão importante acerca deste sistema foi que as interfaces não mudam apenas o mecanismo de entrega de conteúdo instrucional: elas podem alterar radicalmente a maneira como o conteúdo é compreendido, através de uma combinação única de informação visual e sensorial que resulta numa poderosa experiência cognitiva e com grande impacto na aprendizagem [21].

As simulações em ambientes virtuais têm-se tornado uma importante ferramenta de investigação para os educadores/professores [22]. Um caso específico em que a RA tem sido utilizada é para o ensino de modelos físicos na Química. Tettegah, Whang, Meistninkas e Chamot avaliaram as suas percepções, observando as várias

representações para aprender os conceitos de aminoácidos. Os resultados mostram que alguns estudantes gostaram de manipular os modelos RA, rodando os marcadores para observar as diferentes orientações dos objectos virtuais [22].

O Construct3D [23] é uma ferramenta de construção tridimensional que foi especificamente concebida para o ensino de matemática e geometria. De forma a conciliar vários cenários de interacção professor-aluno, foram implementados métodos flexíveis por contexto e utilizador. Juntamente com configurações de hardware híbrido foi possível a utilização do Construct3D nas salas de aula, e serviu como um teste de ensaio para avaliações futuras. O Construct3D é fácil de aprender, incentiva a experimentação com construções geométricas, e melhora as habilidades espaciais do aluno [23].



Figura 9 – Alunos a trabalhar com o Construct3D no laboratório

Na Figura 9 pode-se observar dois alunos a trabalhar com o Construct3D. Neste caso eles estão a inscrever uma esfera dentro de um cone. A imagem é gerada em tempo real por captura de vídeo, obtendo-se este efeito através de sobreposições de imagens pelo computador.

A RA tem sido também utilizada em escolas de Verão [24]. Balog et al descrevem os resultados de testes de usabilidade a vários sistemas educativos de RA e concluíram que através dos dados quantitativos e qualitativos obtém-se uma boa relação custo-eficácia na concepção de tecnologias centradas no utilizador, baseadas na RA para a educação.

A vasta gama de aplicações educacionais com RA também se estende à física. Duarte et al. [25] utilizaram a RA para apresentar informações dinamicamente,

associadas à mudança de cenários usados no mundo real. Neste caso, os autores apresentam uma experiência no campo da física para exibir informações que variam no tempo, tais como velocidade e aceleração que podem ser estimadas e exibidas em tempo real.



Figura 10 – Medição da velocidade dos objectos quando passam pelos marcadores

A visualização de dados reais e estimados durante a experiência, juntamente com o uso de técnicas de RA, provaram ser bastante eficientes, uma vez que as experiências podiam ser mais detalhadas e interessantes, promovendo assim, os mecanismos cognitivos de aprendizagem [25].

2.1.3 Entretenimento

Os jogos e entretenimento sempre tiveram um apelo muito grande nas pessoas. Com o aparecimento da RV e da RA, usando cenários e comportamentos mais realistas, os recursos dessas áreas passaram a ser usados para o desenvolvimento de novas aplicações ou para a remodelação de aplicações já existentes.

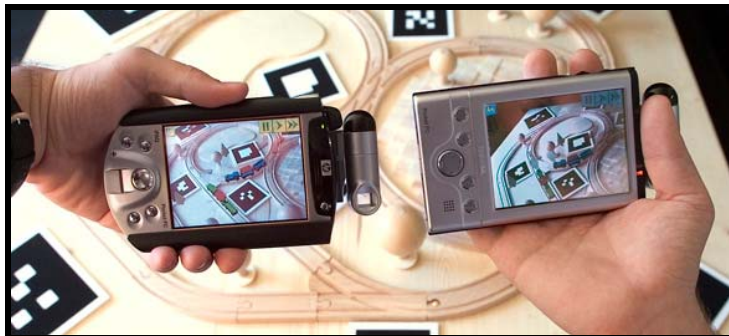


Figura 11 - O comboio invisível [5]

Este exemplo mostra o “*Invisible Train*” que é um jogo de RA móvel, colaborativo e multi-agente no qual os jogadores controlam comboios virtuais numa pista de comboio (real) feita em madeira. Estes comboios virtuais apenas são visíveis para os utilizadores através dos seus PDAs, não existindo no mundo real.

Existem ainda muitos outros exemplos. Um pesquisador australiano, Dr. Bruce H. Thomas, criou um protótipo de jogo que combina o famoso **Quake** com RA. Ele e um grupo de alunos colocaram um modelo de campus de uma universidade no programa do jogo (Figura 12). Posteriormente foi desenvolvido pelo Wearable Computer Lab na University of South Australia .



Figura 12 – ARQuake [6]

2.1.4 Treino Militar

Nesta área, o sistema de RA pode ser utilizado para fornecer às tropas informações vitais, como por exemplo, mostrar onde estão as entradas do lado oposto de um prédio, muito parecido com uma visão de raio X. Os visores de RA podem também realçar os movimentos das tropas e dar aos soldados a habilidade de andar por onde o inimigo não possa vê-los.

O “Mobile Augmented Reality Contextual Embedded Training and Electronic Performance Support System” (MARCETE) é um sistema multimodal que utiliza capacetes virtuais, PDAs, controlo de voz, áudio e sensores de tacto para o treino militar. O sistema de simulação cria tropas geradas computacionalmente (ex: tropas inimigas, não-combatentes), ambientes (ex: rochas, edifícios), e eventos (ex: explosões) os quais são colocados virtualmente num ambiente real.

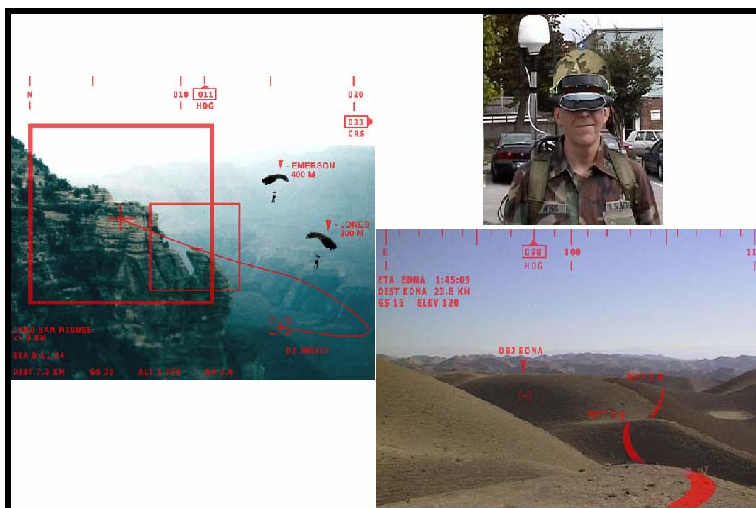


Figura 13 - Treino Militar usando RA [7]

2.1.5 Manutenção e Reparação

Um técnico que realiza a manutenção de algum aparelho de grande complexidade pode ser beneficiado com a utilização de R.A. Ao invés de se basear em longos e cansativos manuais, a adição de informação virtual sobre o equipamento real torna mais óbvia a realização de sua tarefa.

Das várias áreas onde pode ser utilizada, destaque-se as que se seguem:

- ciência de navegação aérea (ex: Boeing),
- impressoras,
- montagem de automóveis, etc...

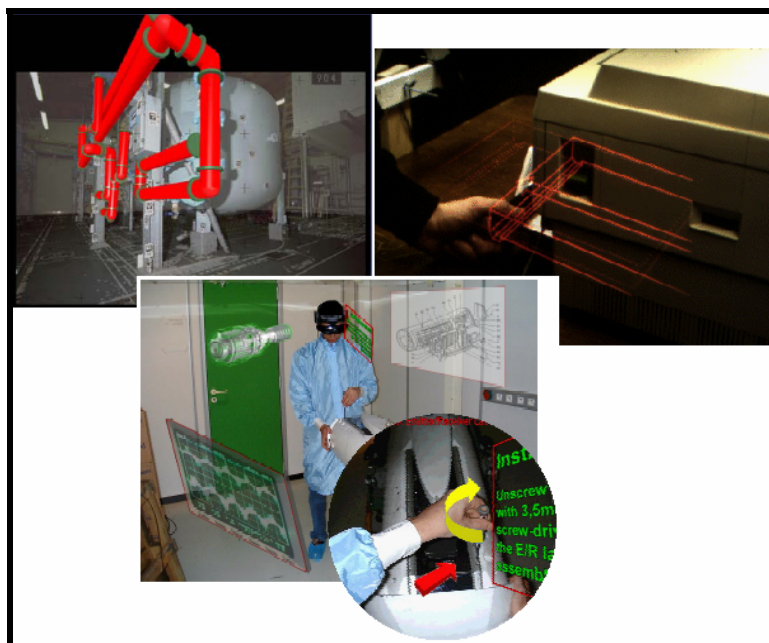


Figura 14 - Exemplos de aplicação de RA na reparação e manutenção de equipamentos[8],[9]

Pesquisadores do grupo Steve Feiner, da Universidade da Colômbia desenvolveram uma aplicação para a manutenção de uma impressora laser. Na figura anterior, Figura 14, mais propriamente na imagem mais à direita temos uma visão do utilizador usando esta aplicação, que, neste caso, está vendo como remover a bandeja de papéis de uma impressora.



Figura 15 - reparação de motor da Honda e “jet Engine Oil Filter & Cover Install” [10]

A Figura 15 mostra outros exemplos de aplicação da RA para a reparação.

2.1.6 Anotações em imagens

Seguidamente podemos observar que a RA é utilizada para anotar partes de um motor de um automóvel (Figura 16). O utilizador interage com um objecto de plástico e ao indicar uma parte do motor, faz com que o sistema o descreva (Figura 17).

As anotações geradas movem-se consoante as mudanças de orientação do motor e do utilizador. Quando alguns dos componentes do motor se tornam ocultos, as suas anotações também desaparecem, ficando apenas as anotações para os componentes visíveis.

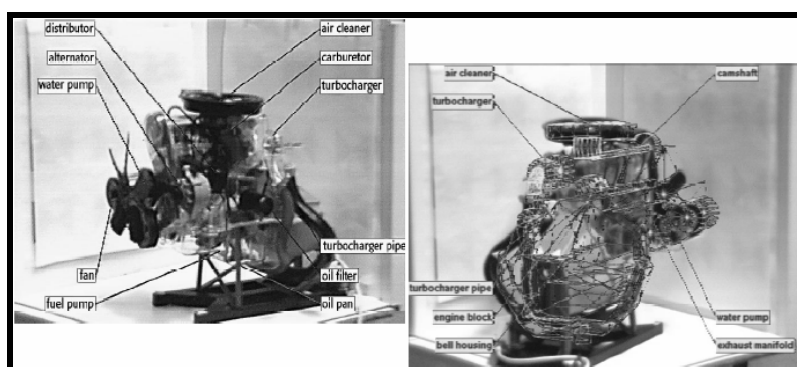


Figura 16 - Anotações feitas em AR num motor automóvel [11]

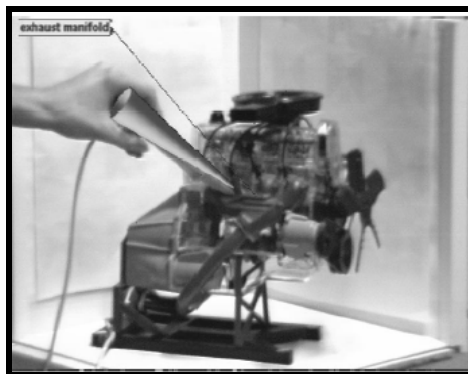


Figura 17 - Interação do utilizador para obter informações acerca do objecto indicado [11]

Existem ainda muitos outros exemplos com anotações de imagens como podemos ver nas figuras seguintes.

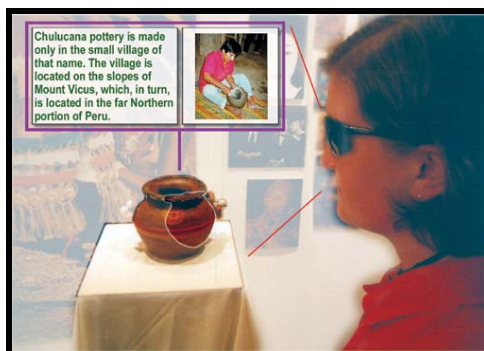


Figura 18 - MUSE Augmented Reality Concept [12]



Figura 19 - outros exemplos de anotações feitos com RA [13]

2.1.7 Arquitectura

Na área da arquitectura também é possível aplicar a RA. Nas figuras seguintes podemos observar a representação gráfica de porções do sistema estrutural de um edifício. Elas esboçam onde se encontram as vigas, a iluminação e as colunas. Estas imagens baseiam-se nos desenhos do edifício fornecidos pelo arquitecto.

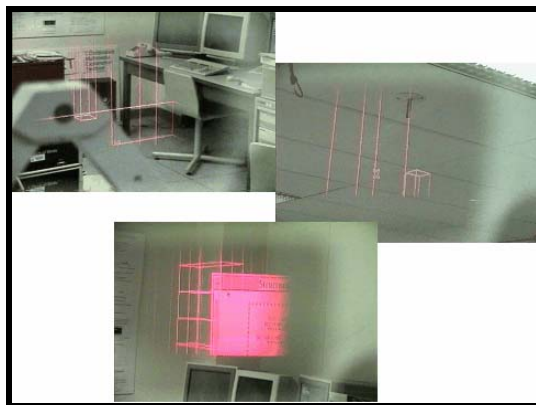


Figura 20 - Exemplos de aplicação da RA na arquitectura [14]

2.1.8 Preservação de Patrimónios Históricos

Uma aplicação bastante interessante de RA é o projecto *Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site Guide - ARCHEOGUIDE* [16]. Neste projecto é feita uma sobreposição de edifícios virtuais sobre ruínas de um lugar arqueológico. Isso possibilita a sobreposição de construções virtuais como se fossem as originais, exactamente sobre as construções antigas, agora em ruínas, auxiliando assim os visitantes desse local a compreenderem o passado desses lugares históricos. A Figura 21 mostra um exemplo de uma reconstrução virtual sobre o ambiente real.



Figura 21 - Aplicação de RA sobre uma construção em ruínas [15]

2.1.9 Turismo

No turismo existem algumas aplicações bem interessantes que fazem uso das potencialidades da RA. Um exemplo disso é o *Virtual Sightseeing* [16] que combina informação e entretenimento numa estrutura resistente e personalizável, um *Miradouro Virtual*. Este valoriza o património turístico e cultural.

Nesta aplicação da YDreams, os visitantes podem explorar interactivamente a paisagem e aceder a conteúdos multimédia em tempo real sobre variados pontos de interesse relativamente à imagem que observam e suas redondezas.



Figura 22 - Virtual Sightseeing da YDreams, reconstrução histórica

Temos ainda outro exemplo interessante nesta área, trata-se do MARS – *Mobile Augmented Reality System*. Este sistema permite que o utilizador possa obter informações acerca do que está a observar em tempo real.

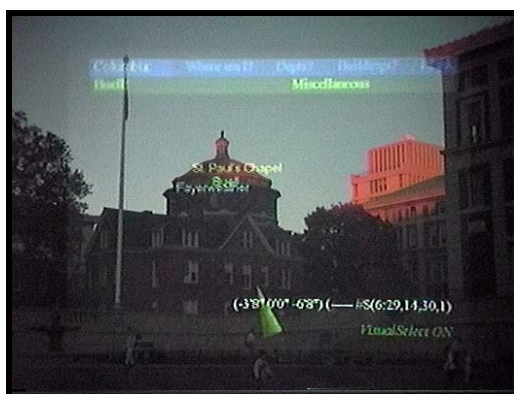


Figura 23 - MARS [17]

2.2 Aplicação da RA no ensino de alunos de 2º ano de escolaridade

Uma boa forma de motivar as crianças a aprender, usando a tecnologia é aplicando jogos, algo que elas bem estão familiarizadas, e explorando o poder dos populares programas televisivos. Com o objectivo de minimizar a quantidade de esforço e os requisitos para concretizar um ambiente de aprendizagem, Lin [27] integrou cenários do bem conhecido jogo - Pokémon na sala de aula para o ensino dos conceitos de matemática a alunos de 2º ano.

As observações mostraram que, em tal disposição, eles poderiam envolver alguns alunos em cenários onde a matemática é aplicada.

Uma vez que a maior parte das crianças inevitavelmente perde muito tempo em jogos digitais, no computador e em consolas, argumenta-se que a aprendizagem baseada em jogos digitais é uma forma de envolver as crianças para a utilização do computador como meio de instrução [27].

Lee et al. [28] realizaram um estudo para descobrir se os jogos de vídeo educativos poderiam ser integrados numa sala de aula com efeitos positivos para os professores e alunos. Realizaram o estudo a 39 alunos de 2º ano, utilizando o seu software matemático "Skills Arena" [28]. Desde cedo, os primeiros dados obtidos através do estudo sugeriram que não só os alunos mas também os professores gostaram de usar o "Skills Arena". Na verdade os alunos até excederam as suas expectativas, resolvendo três vezes mais problemas de matemática em 19 dias do que teriam feito usando os tradicionais cadernos.

Capítulo 3

TRABALHO DESENVOLVIDO

A utilização da RA na educação poderá ser uma componente essencial nos ambientes de aprendizagem do futuro. Estes ambientes serão abundantemente popularizados com uma combinação de aplicações de hardware e software. No entanto, relativamente pouco se sabe sobre o potencial dessa tecnologia para apoiar o ensino e a aprendizagem com grupos de crianças na sala de aula, como no nosso presente estudo. Kerawalla et al. [26], e alguns outros estudos, apresentam resultados de experiências com este tipo de tecnologia nas escolas. Kerawalla et al. [26] analisaram diálogos entre professor-aluno num estudo comparativo entre o uso de uma interface RA usando um espelho virtual, simulado no computador, e os métodos tradicionais de ensino de ciências para crianças de 10 anos de idade. Este estudo revelou que as crianças que estavam usando RA estavam menos empenhadas do que as que utilizavam os recursos tradicionais. Isto mostra que usando a RA não é por si só suficiente para manter as crianças envolvidas, isto poderia fazer com que se reduzisse os níveis de empenho das mesmas, o que demonstra a dimensão do desafio colocado aos investigadores durante a tentativa de implantar sistemas de estudo como os que propomos.

3.1 Quebra-cabeças educacional

A primeira tentativa de produzir algum material educativo, foi a construção de um quebra-cabeças educativo (ver Figura 24).



Figura 24 – montagem do quebra-cabeças

Este protótipo foi desenvolvido com a ideia de criar um quebra-cabeças simples que permitisse aos alunos juntar uma sequência de letras, formando uma palavra conhecida tal que, ao mostrar para a câmara, o objecto 3D correspondente aparecia.

No que se refere à parte física, tem-se um suporte para as letras como mostra a Figura 24, o qual contém várias ranhuras onde se pode colocar as várias letras.

Na parte de implementação, o ARToolKit armazenava as configurações das várias palavras criadas e associava-as ao objecto tridimensional pretendido. Assim, quando uma determinada sequência de letras era mostrada para a câmara, caso correspondesse a alguma das sequências correctas e predefinidas pelo programa, ele mostraria o objecto 3D correspondente a essa palavra. As figuras abaixo mostram dois exemplos com o quebra-cabeças.

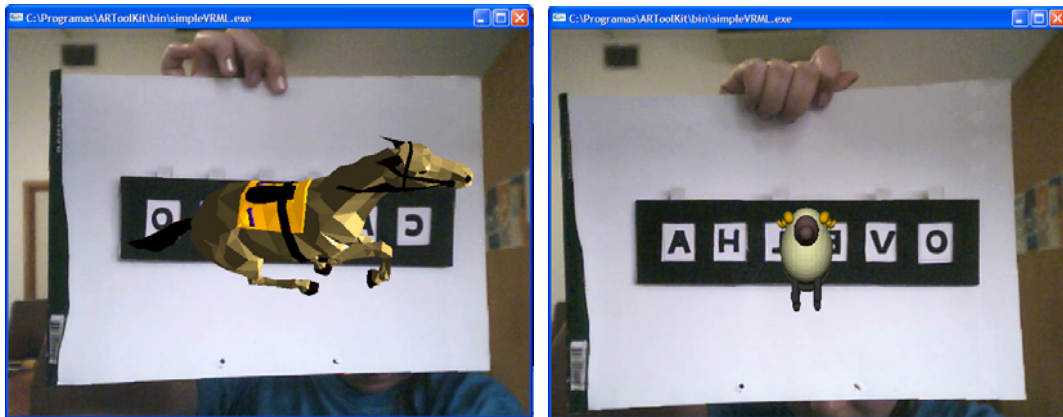


Figura 25 – quebra-cabeças com as configurações para a palavra cavalo e ovelha

O protótipo acabou por ser abandonado pois talvez não fosse a melhor solução para motivar as crianças e testar a sua aprendizagem. Se fosse para prosseguir com o protótipo, uma das coisas a modificar seria a parte das letras. Estas deveriam ser maiores para que o ARToolKit pudesse fazer o reconhecimento mais facilmente.

3.2 Reconhecimento de animais, transportes e sólidos

A segunda fase consistiu em fazer um pequeno estudo para ver como reagiam os alunos de uma escola à tecnologia de RA. Para isso foi feita uma pequena aplicação, através do ARToolkit, por forma a que quando a câmara detectasse um determinado marcador, a ele seria associada uma imagem virtual em três dimensões.

Foram feitas três aplicações, uma para sólidos geométricos, outra para transportes e outra ainda para animais.

O estudo foi realizado a alguns alunos do 2º e 4º anos do 1º Ciclo do Ensino Básico da Escola EB1/Ilhéus.



Figura 26 – Reacção de um dos alunos

Verificou-se que os alunos reagiram bem à tecnologia, sorrindo quando pela primeira vez constatavam com um animal em 3 dimensões a aparecer de um “simple quadrado preto”, como podemos ver na Figura 26. Verificou-se também que o local onde estavam colados os marcadores não era o mais indicado, tornando-se por vezes difícil de agarrar no cartão sem tocar no próprio marcador. Quando isto acontece, não permite visualizar a imagem 3D.

Após estes resultados, achamos que devíamos continuar com a tecnologia uma vez que as crianças gostaram, o que se traduz num bom indício para alcançarmos o objectivo pretendido. Quanto aos marcadores, pensámos em outras soluções, que iremos testar nos próximos protótipos.

3.3 Jogo das categorias dos animais e dos transportes

Após o teste inicial na escola, surgiu a ideia de construir vários jogos para ensinar alguns conteúdos programáticos dados no 1º Ciclo do Ensino Básico. Escolhemos então a disciplina de Estudo do Meio do 2º ano do 1º Ciclo do Ensino Básico, uma vez que tinha muitos conteúdos sugestivos que podíamos aproveitar para ensinar de uma forma interessante através da RA.

O primeiro jogo implementado foi o jogo das categorias dos animais.

Para este jogo temos dois conjuntos de marcadores, os marcadores para os animais, e os marcadores para as suas categorias, *Doméstico* e *Selvagem*.

Uma vez que os marcadores estavam impressos em cartão, nem sempre se tornava fácil agarrar de maneira adequada, então substituíram-se os marcadores de cartão, por raquetes de ping-pong com o marcador impresso em papel autocolante e colado numa das faces. Desta forma torna-se mais simples de manipular o objecto 3D (ver Figura 27).



Figura 27 – exemplo de uma raquete com o marcador

A forma de jogar é simples, basta que a criança escolha a raquete com um marcador correspondente a um animal, colocando-a numa das mãos e com a outra mão escolher a raquete com o marcador correspondente à categoria, por forma a que se obtenham as categorias dos animais correctamente.

À partida a criança não sabe de que animal se trata, portanto, tem de o mostrar para a câmara, identificando-o de seguida através do ecrã do computador. Tudo o que a criança vê é como se estivesse em frente a um espelho. O que acontece é que em vez de aparecer o marcador, como o vemos no mundo real, é-lhe apresentado um animal em três dimensões no mesmo lugar onde está o marcador.

Quando os dois marcadores são identificados em simultâneo é dado um feedback à criança. Caso a categoria tenha sido escolhida correctamente, é emitido um som de incentivo, neste caso é um som semelhante a um aplauso, caso contrário, é emitido um som correspondente a uma resposta errada, como nos concursos televisivos.



Figura 28 – jogo das categorias dos animais

A Figura 28 mostra dois exemplos de combinações de animais com a respectiva categoria.

Depois desta aplicação foi feita outra do mesmo género, só que desta vez para os transportes. A aplicação funciona do mesmo modo que a anterior, mas agora temos vários transportes e as suas categorias são: *Aéreo*, *Terrestre* e *Aquático* (ver Figura 29).



Figura 29 – jogo dos transportes

3.3.1 Criação de uma aplicação adicional para o jogo dos transportes

Foi criada uma aplicação em FLASH com o objectivo de auxiliar o professor no ensino dos transportes e suas categorias. Ao clicar sobre um dos transportes, o som do mesmo é emitido.



Figura 30 – aplicação para os sons dos transportes

3.3.2 Melhoramento da interface dos jogos das categorias

De forma a tornar a interface mais agradável, procurou-se fazer uma espécie de moldura, como mostra a Figura 31 e Figura 32. Para o desenho das molduras utilizou-se a ferramenta Photoshop CS3 da Adobe.



Figura 31 – Moldura para o jogo dos animais



Figura 32 – Moldura para o jogo dos transportes

Para além da moldura, tentou-se arranjar modelos 3D mais atractivos para que chamem mais atenção às crianças.

3.3.3 Uso de sensores para controlar o ambiente ideal

De modo a controlar o ambiente ideal para executar o SMART, surgiu a ideia de recorrer a sensores, nomeadamente um sensor de luz. Através desse sensor é possível verificar se a luminosidade do ambiente onde o SMART está a ser executado não é nem muito elevada nem muito reduzida. Assim, medindo os valores recebidos pelo sensor podemos controlar a gama de valores onde o SMART funciona de forma ideal.



Figura 33 – Sensor de luz



Figura 34 – PhidgetInterfaceKit 8/8/8

A Figura 33 mostra o sensor de luz utilizado para controlar o ambiente de execução do SMART. Esse sensor é ligado ao PhidgetInterfaceKit 8/8/8 (Figura 34) e é a partir deste que se estabelece comunicação com o computador.

O sensor, o PhidgetInterfaceKit e a câmara foram camuflados e colocados dentro de um peluche, como mostram as figuras seguintes.

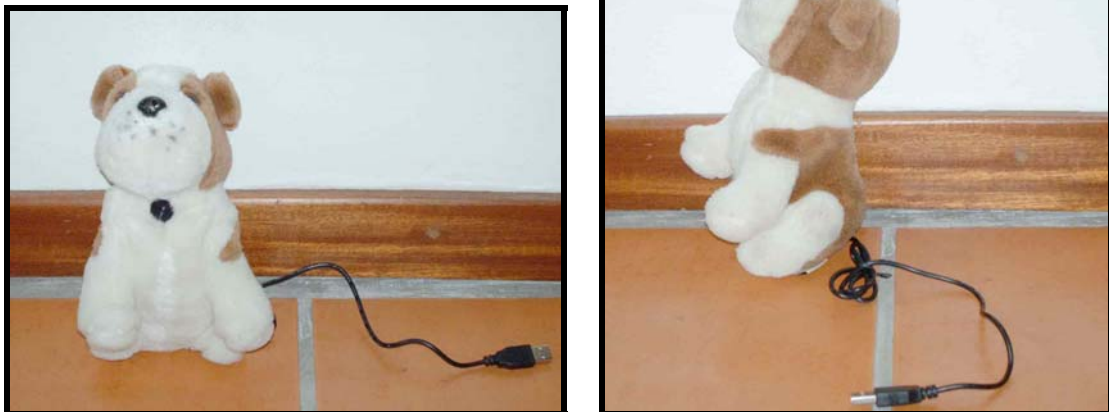


Figura 35 – Peluche para camuflagem do sensor de luz, interfacekit e câmara

No interior do peluche encontra-se um hub que junta os cabos usb do PhidgetInterfacekit e da câmara, estando ligados ao computador através de apenas um cabo usb, como mostra a figura.



Figura 36 – Pormenor do sensor de luz e da câmara

A posição ideal para se colocar o peluche é ao nível do ecrã do computador ou em cima do computador se possível, de forma a que se tenha o efeito de espelho quando se estiver a executar o SMART, nomeadamente na parte de mostrar os marcadores.

Quando o SMART é iniciado, é feita uma verificação para controlar a luminosidade existente e consoante o seu valor, será ou não enviada uma mensagem de aviso. Em caso de condições de luminosidade ideal, não é transmitida qualquer mensagem para o ecrã e o SMART inicia-se normalmente.

As mensagens possíveis são apenas mostradas em caso de luminosidade reduzida ou excessiva. Na Figura 37 podemos ver estas mensagens.

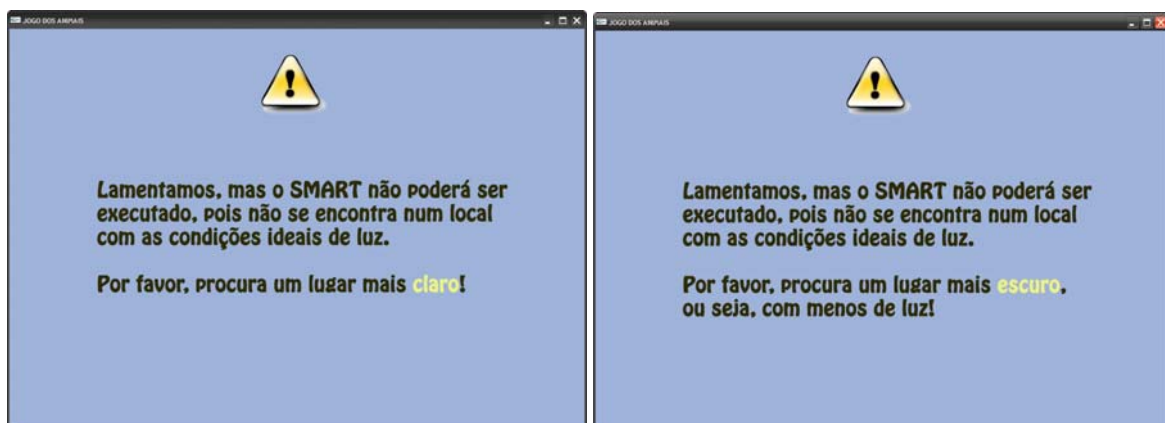


Figura 37 – Feedback acerca do ambiente de execução do SMART

3.4 Jogo das categorias dos transportes com interruptor

Depois de se construir o protótipo do jogo das categorias apenas utilizando a RA, surgiu a ideia de se misturar com outras formas de interação. Em vez de interagir apenas com as mãos, através das raquetes com os marcadores (o do transporte e o da respectiva categoria), porque não utilizar por exemplo, os pés, para interagir com o SMART? Foi com base nessa ideia que decidiu-se construir um interruptor.

O interruptor foi construído desde início. Achou-se que a melhor maneira de o construir era colocar uma placa de alumínio como base e depois ter outras três placas em cima, correspondentes às três categorias (terrestre, aquático e aéreo), que ao entrar em contacto com a placa de baixo simulam um interruptor. Para que as placas não estejam sempre em contacto colocou-se esponja entre estas e a placa base. As placas possuem dois bordos que ao pressionar fazem com que se estabeleça o contacto com a placa de baixo. Os interruptores estão ligados ao PhidgetInterfaceKit que depois, transmite para a aplicação o valor de cada um deles (se pressionado ou não).



Figura 38 – Montagem inicial dos interruptores



Figura 39 – Interruptores revestidos

A ideia é que as crianças possam escolher as categorias dos transportes através do interruptor. Com uma das mãos ela mostra a raquete correspondente ao transporte e com um dos pés escolhe a categoria correspondente. Desta forma fazemos com que a criança possa aprender as categorias e permite que esta esteja em movimento, incentivando ao exercício físico, através do movimento com os pés.

3.5 Divulgação dos jogos

Para a divulgação da aplicação foi desenvolvida uma página web feita em Flash, especialmente destinada aos alunos de 2º ano. Ensina o que é o SMART, para que serve e também indica como instalar o programa.



Figura 40 – Página inicial do SMART na web

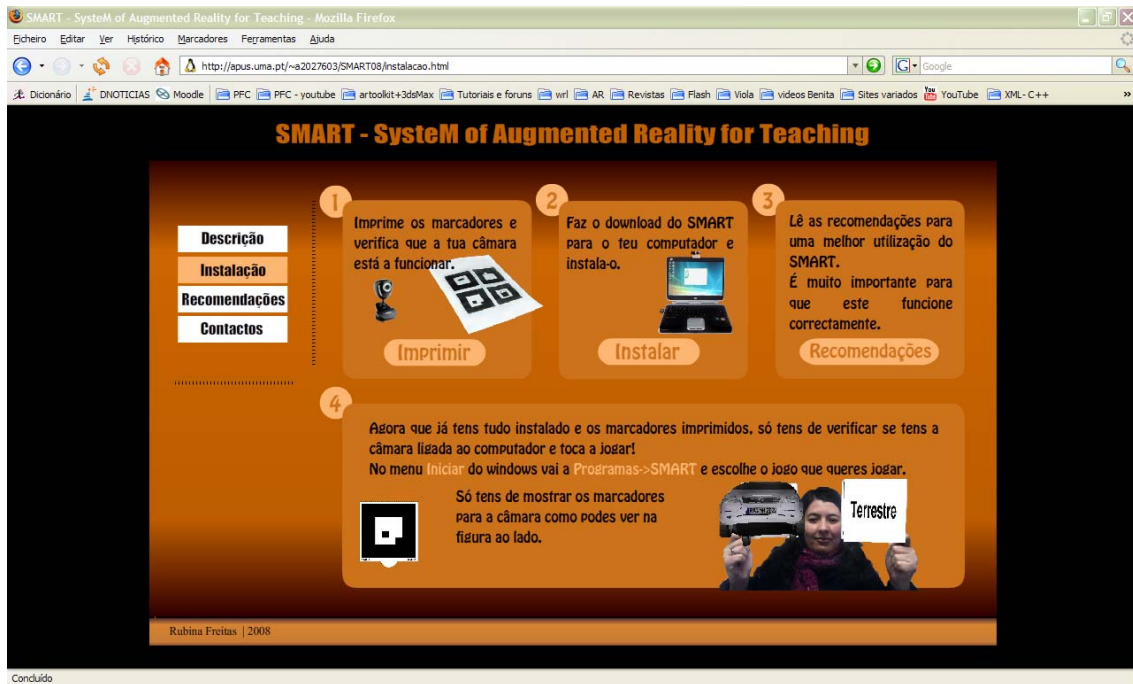


Figura 41 – Página sobre a instalação do SMART

Por forma a que o programa estivesse disponível na web foi necessário proceder à criação de um *installer* e de um pdf com todos os marcadores necessários para a execução do jogo. No *installer* foram colocados os jogos dos animais e dos transportes. Este provê também uma forma para a desinstalação automática de ambos.



Figura 42 – Ecrãs de instalação do SMART

Quanto ao pdf com os marcadores, foram desenhados vários, com a indicação a tracejado no lugar onde a criança deveria fazer o recorte. Cada marcador foi desenhado com o devido cuidado de forma a que cada um tivesse uma parte própria para agarrar (ver Figura 43).

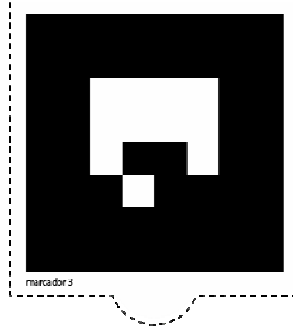


Figura 43 – exemplo de um marcador

Capítulo 4

ARQUITECTURA DO SISTEMA

4.1 Perfis de utilizadores

Os utilizadores para este sistema são essencialmente de dois tipos, o professor e as crianças de 2º ano do 1º ciclo do Ensino Básico.

Professor -> corresponde ao professor de 2º ano que irá ensinar a matéria aos alunos com o auxílio do SMART. Leccionará as aulas e na parte relacionada com as categorias de transportes, animais, ... poderá utilizar o SMART para mostrar de uma forma interactiva cada um dos animais, usufruindo da possibilidade de apresentá-los em três dimensões.

Crianças -> Estas têm, em média, entre 7 e 8 anos, sendo alunos do 2º ano e serão utilizadores do sistema através da aplicação SMART contida na web. Em casa, com o auxílio dos pais poderão fazer o download da aplicação e assim explorar os jogos que ela contém testando os seus conhecimentos.

4.2 Framework do SMART

Para desenvolver o SMART, foi utilizada como plataforma de programação o Microsoft Visual Studio C++ 2005. Para os protótipos, foi usado o software ARToolkit, que permite interagir através da câmara e de marcadores, associando-os a objectos 3D, neste caso com extensão *.wrl. Para edição dos objectos 3D foi usado o 3DStudioMax.

Foi criada uma framework que tem como base a seguinte arquitectura.

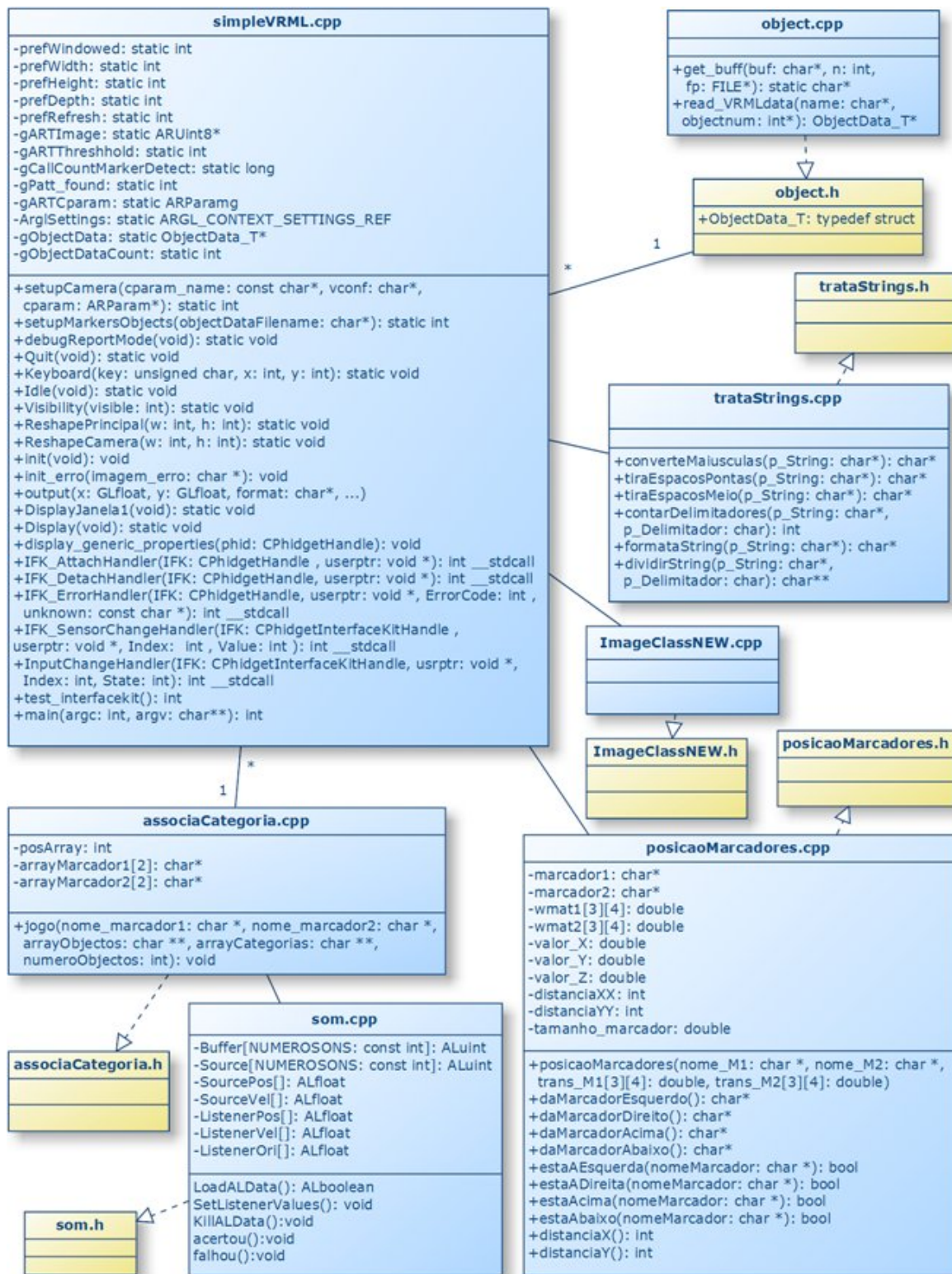


Figura 44 – Modelo da arquitectura-UML

Os principais métodos desta framework são os que estão relacionados com a posição dos marcadores. É possível dizer que marcador se encontra à esquerda - daMarcadorEsquerdo() ou à direita - daMarcadorDireito(), acima - daMarcadorAcima() ou

abaixo - daMarcadorAbaixo(), dados dois marcadores. Estes métodos podem ser utilizados para atribuir uma determinada acção a um marcador que está numa posição específica, o que se encontra à esquerda, por exemplo. Mais abaixo é descrito um exemplo de aplicação destes métodos.

Outra função útil é que permite obter as distâncias entre dois marcadores. Esta função poderia ser utilizada para construir um jogo em que tivéssemos de reagir com outros marcadores caso estivessem a uma determinada distância. Imagine-se um jogo em que temos várias tropas com soldados inimigos. Quando o marcador que corresponde ao soldado A estiver a cerca de 5 cm do soldado B, eles começam a lutar, caso contrário, continuam a marchar ou a fazer outra coisa. Depois poder-se-ia utilizar o método daMarcadorEsquerdo() para efectuar-se uma acção específica para o soldado que se encontra à esquerda, como por exemplo atacar, e usando o daMarcadorDireito() aplicaríamos outra acção ao soldado correspondente, que poderia ser defender-se.

A framework contém ainda as funções de verificar se um determinado marcador está ou não à esquerda, estaAEsquerda(“elefante.vrml”), obtendo-se como resposta TRUE ou FALSE.

A arquitectura do sistema está organizada por módulos e permite que a alteração das variáveis do sistema possa ser feita através de ficheiros. O ficheiro principal é o definicoes.txt. De seguida, na Figura 45, pode ver-se um exemplo.

```
nomeJogo;JOGO DOS TRANSPORTES
nomeFicheiroVRML;Data/jogotransportes_vrml
nomeFicheiroConfiguracao;../bin/Configuracoes/configuracoes_transportes.txt
imagemFundo;../bin/Configuracoes/transportes.bmp
```

Figura 45 – exemplo de um ficheiro definicoes.txt

Neste ficheiro são definidas as principais variáveis do sistema, nomeadamente o nome do jogo (este irá aparecer no título da janela do jogo), o nome do ficheiro VRML (correspondente ao ficheiro onde são declaradas associações entre os marcadores e os objectos3D), o nome do ficheiro de configuração (onde iremos ter a associação entre os marcadores e a respectiva categoria) e por fim, a imagem para ter como background na janela do jogo.

O sistema permite a criação de novos jogos de categorias, sendo que a partir dos dados do ficheiro configuracoes_transportes.txt (de acordo com o exemplo acima), já faz todo o processo, distinguindo as categorias e associando cada objecto3D à categoria

desejada pelo utilizador. Um exemplo para o ficheiro de configuração, `configuracoes_transportes.txt`, é dado de seguida.

```
barco;aquatico
aviao;aereo
barco_vela;aquatico
helicoptero;aereo
carro;terrestre
moto;terrestre
camiao;terrestre
comboio;terrestre
```

Figura 46 – detalhe de um ficheiro de configurações para as categorias

Como se pode ver, primeiramente coloca-se o nome do objecto3D, separado por “;” e depois a respectiva categoria.

Estes nomes correspondem ao mesmo nome do objecto vrml correspondente. Suponhamos que temos um objecto chamado “barco.vrml” e a sua categoria correspondente é “aquatico.vrml”. No ficheiro “configuracoes_transportes.txt”, por exemplo, ter-se-á de colocar:

```
barco;aquatico
```

e assim sucessivamente para o restante dos objectos3D.

Há ainda outro ficheiro que deve ser alterado consoante o jogo que se está a realizar, trata-se do ficheiro VRML, em que neste exemplo seria o `jogotransportes_vrml`.

```
#the number of patterns to be recognized
4

#pattern 1
VRML Wrl/jogo_transportes/aereo.dat
Data/patt.aereo
80.0
0.0 0.0

#pattern 2
VRML Wrl/jogo_transportes/aquatico.dat
Data/patt.aquatico
80.0
0.0 0.0

#pattern 3
VRML Wrl/jogo_transportes/camiao.dat
Data/patt.transportel
80.0
0.0 0.0

#pattern 4
VRML Wrl/jogo_transportes/carro.dat
Data/patt.transporte2
80.0
0.0 0.0
```

Figura 47 – detalhe de um ficheiro de configurações de objectos VRML

Este ficheiro contém as informações de todos os objectos VRML necessários para o jogo em causa. São definidos quantos marcadores serão utilizados, bem como a localização dos ficheiros .bat correspondentes. Estes têm o mesmo nome que os ficheiros .vrl, e a sua estrutura é da seguinte forma:

```
barco.vrl
0.0 0.0 0.0           # Translation
0.0 0.0 0.0 0.0      # Rotation
0.02 0.02 0.02       # Scale
```

Figura 48 –ficheiro barco.bat com as configurações do ficheiro VRML barco.vrl

Como se pode ver no exemplo acima, para cada objecto 3D, de extensão *.vrl, é possível definir a sua traslação, rotação e escala, alterando assim as configurações iniciais do ficheiro VRML.

4.3 Vantagens da framework do SMART em relação ao ARToolKit

A framework desenvolvida mostra algumas facilidades em relação ao ARToolKit, pois permite determinar distâncias aproximadas entre os marcadores, utilizando o sistema de medidas em centímetros, o que é muito importante para jogos de mesas e não só.

O SMART permite a fácil associação entre conjuntos de dois marcadores, podendo ser atribuído um ou vários sons à escolha do utilizador, utilizando a classe `som.cpp`.

Outra vantagem do SMART é que está construído por módulos, facilitando assim a utilização dos seus métodos.

Capítulo 5

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DO JOGO DAS CATEGORIAS

Depois do protótipo do jogo dos transportes estar desenvolvido passou-se à realização de testes com alunos de 2º ano de escolaridade, para verificar a motivação e o grau de aprendizagem dos alunos. A fim de medirmos o grau de aprendizagem, baseámo-nos numa fórmula dada por J. M. Merrilea [19] que nos diz que a taxa de aprendizagem (ou grau de aprendizado) pode ser dada por:

$$\langle g \rangle = (\text{pós-teste\%} - \text{pré-teste\%}) / (100\% - \text{pré-teste\%}).$$

A forma que encontrámos para poder efectuar estes cálculos foi pegar numa turma de 2º ano e dividi-la em 2 grupos, distribuindo uniformemente os alunos por ambos os grupos (de modo a termos alunos bons, fracos e suficientes em ambos). Depois de formados os grupos, escolheu-se aleatoriamente um deles para grupo de controlo. Chamemos de **grupo A** e **grupo B**. O **grupo A** é o grupo de controlo.

A ambos os grupos foi feito um questionário acerca da matéria, antes desta ser dada e a partir deste obtivemos os dados do *pré-teste*. Após o *pré-teste*, ao **grupo A** foi leccionada a matéria da forma tradicional, ou seja, o professor ensinou a matéria com o apoio do manual e do quadro negro, sem recorrer a outros recursos interactivos. Posteriormente foi leccionada a mesma matéria ao **grupo B**, mas com o auxílio dos protótipos de RA. Após a matéria ter sido dada a ambos os grupos, voltaram a responder a um novo questionário, exactamente igual ao primeiro, mas desta vez, o *pós-teste*. Com o objectivo de medir a motivação dos grupos que utilizaram os protótipos de RA, ao grupo B, foi-lhes entregue um teste de motivação (estes testes podem ser encontrados no Apêndice A, no final do documento).

Depois de obtidos os dados em ambos os grupos, poderemos então calcular a taxa de aprendizagem, calculando $\langle g \rangle$ para cada grupo, $\langle g_A \rangle$ e $\langle g_B \rangle$. Numa fase posterior iremos comparar os valores de $\langle g_A \rangle$ e de $\langle g_B \rangle$ e assim verificar se existem diferenças significativas entre o **grupo A** e o **grupo B**. Iremos também analisar os resultados dos testes de motivação.

5.1 Análise aos dados dos testes a 3 turmas de 2º ano

A experiência foi realizada em três escolas do Funchal. Os testes incidiram sobre 54 crianças de 2º ano de escolaridade do 1º Ciclo do Ensino Básico, com idades compreendidas entre os 7 e os 8 anos. Os testes (pré-teste, pós-teste e teste de motivação) foram construídos com base em informações dadas por duas professoras de 2º ano, de modo a que se usasse uma linguagem adequada para os alunos destas idades.

Para além dos testes escritos, foi feita a gravação em tempo real usando uma aplicação, SnagIt que captava as imagens recebidas da câmara. Essa aplicação ficava a correr em background enquanto os alunos usavam o SMART. Foi importante utilizar este meio de forma a poder-se captar as reacções das crianças, sem que elas se apercebessem que estavam a ser filmadas.

A Figura 49 mostra a configuração da sala para os grupos que usaram o SMART.



Figura 49 – Cenário de uma das turmas onde se testou o SMART

Neste sistema de testes, um aluno por vez ia até ao computador e testava uma das raquetes. Seguidamente procurava combinar com a raquete que possui o nome do meio de transporte correspondente (Terrestre, Aquático ou Aéreo). Assim que o aluno tivesse encontrado a combinação correcta, ia sentar-se e outro aluno vinha testar outro transporte e assim sucessivamente.

5.1.1 Análise dos dados relativos à taxa de aprendizagem

Após recolher os dados dos testes prosseguiu-se ao cálculo de <g> para verificar a taxa de aprendizagem tanto dos grupos com RA, como também dos grupos de controlo.

Os testes para medir a taxa de aprendizagem foram realizados a 54 alunos, 27 usando o SMART e outros 27 que correspondem ao grupo de controlo (sem SMART).

Seguidamente são apresentados os resultados obtidos, no total das 3 escolas.

Tabela 1 – Evolução dos alunos fracos.

	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	<g> (%)
Grupo de controlo (sem SMART)	61.1	72.2	29
Grupo experimental (usando o SMART)	40.7	61.1	34

Tabela 2 – Evolução dos alunos suficientes.

	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	<g> (%)
Grupo de controlo (sem SMART)	59.7	77.8	45
Grupo experimental (usando o SMART)	72.9	89.6	62

Tabela 3 – Evolução dos bons alunos.

	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	<g> (%)
Grupo de controlo (sem SMART)	84.2	94.0	62
Grupo experimental (usando o SMART)	84.6	89.7	33

Os resultados obtidos excederam as nossas expectativas. Como se pode verificar, os alunos bons (Tabela 3), não melhoraram a sua taxa de aprendizagem por utilizarem o SMART, ou seja, a sua evolução, do pré-teste para o pós-teste não foi significativa, o que demonstra uma vez mais a teoria de Gardner [20]. Os alunos bons, são aqueles que entendem bem a linguagem do professor, ou seja, possuem a *inteligência linguística*. Como tal, o uso de outros mecanismos de ensino não trazem grande vantagem para estes alunos. No entanto é de ressaltar que estes gostaram de utilizar o SMART, como se pode ver pela análise aos testes de motivação, analisados mais à frente.

Já quando observamos as tabelas 1 e 2, correspondentes à evolução dos alunos fracos e suficientes, respectivamente, verificou-se que o SMART teve um impacto positivo na sua aprendizagem.

É a este tipo de alunos que o SMART tem maior influência. Estes são os alunos que não possuem a *inteligência linguística* muito desenvolvida. Precisam de tocar nos objectos, de os visualizar, possuem outros tipos de inteligência mais desenvolvidos [20]. Isto significa que o professor deve encontrar outros meios, diferentes pontos de entrada, de modo a que estes alunos possam compreender a matéria mais facilmente. Assim, o estudo

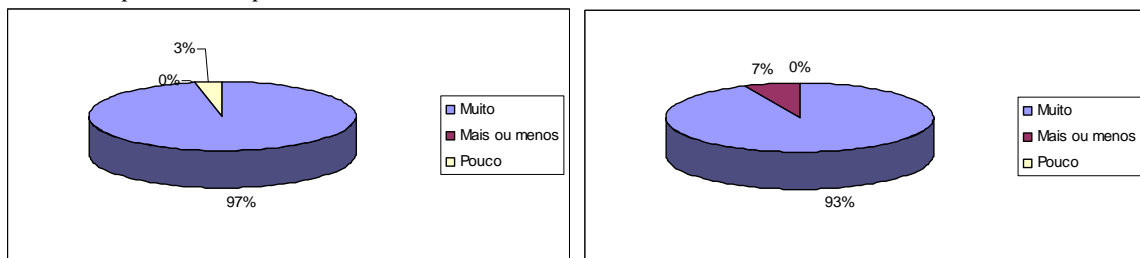
vem mostrar que com a RA é possível aumentar a taxa de aprendizagem dos alunos, nomeadamente os alunos mais fracos, ou melhor, os que não possuem a *inteligência linguística* tão desenvolvida quanto os restantes alunos.

5.1.2 Análise dos testes de motivação

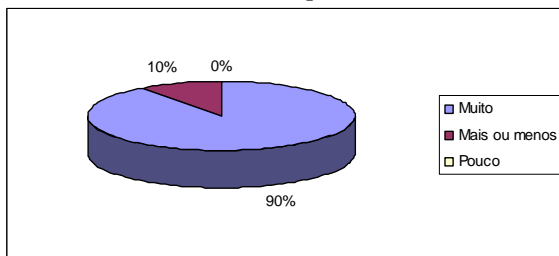
Depois de realizada a experiência foi entregue um *teste de motivação* aos alunos que utilizaram o SMART para verificar se estes tinham gostado da aplicação e através de um pequeno questionário, medir a motivação dos alunos. Este teste foi realizado por 30 alunos. Não era forçoso realizá-lo para verificar a motivação dos alunos, uma vez que esta era evidente pelas suas caras. No entanto, por mera formalidade, foram realizados os testes cuja análise aos mesmos é apresentada de seguida.

A figura seguinte mostra alguns gráficos resultantes da análise aos questionários.

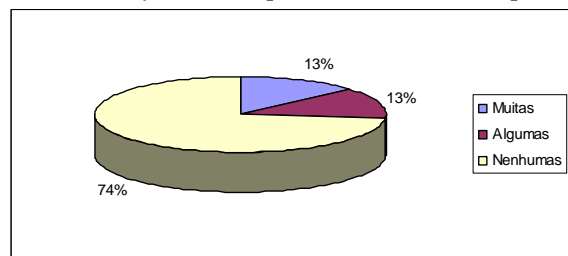
- a) Achaste interessante a maneira como aprendeste os vários tipos de transporte? b) Gostaste de ver os transportes em três dimensões?



- c) Gostaste de utilizar as raquetes?



- d) Tiveste dificuldades quando utilizaste as raquetes?



- e) Gostavas de aprender mais coisas com a ajuda da Realidade Aumentada?

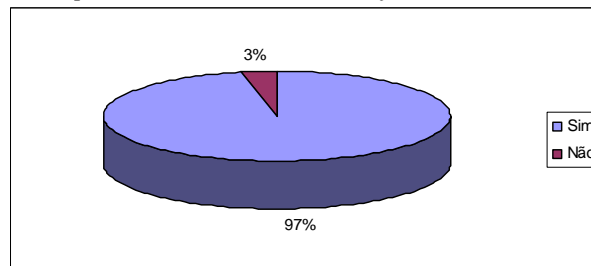


Figura 50 – Gráficos correspondentes à análise dos testes de motivação

Como se pode observar na Figura 50.a), 97% dos alunos gostaram de aprender os meios de transporte através do SMART. Em b) da mesma figura constata-se que 93% gostou de poder ver os transportes em três dimensões. O facto de poderem rodar as raquetes e ver o transporte a partir da visão que mais desejavam contribuiu para esta percentagem elevada.

Dos 30 alunos, 90% gostou de utilizar as raquetes (ver Figura 50.c)) e 74% usou-as sem dificuldades (ver Figura 50.d)). Os outros 26%, segundo a observação da experiência, tiveram a ver com o facto de muitas das vezes não saberem qual das faces da raquete deveria ser mostrada para a câmara, sendo que a tendência era de deixarem a parte do marcador voltada para eles e não para a câmara. Portanto, quando viam que nada acontecia, rodavam a raquete, colocando o marcador voltado para a câmara e então sorriam por aparecer um transporte.

Para a pergunta “*Gostavas de aprender mais coisas com a ajuda da Realidade Aumentada?*”, 97% dos alunos desejavam aprender mais coisas com esta tecnologia, como se pode verificar na Figura 50.e).

Foi ainda feita outra pergunta que pedia para que os alunos escrevessem os transportes que se lembravam da aplicação. Pela análise aos dados verificou-se que 90% dos alunos lembrava-se entre 4 a 7 transportes, sendo que foram mostrados 8 transportes. Isto mostra que a aplicação cativou o interesse dos alunos.

5.2 Outros testes ao SMART

Para além dos testes realizados nas 3 turmas, no formato pré-teste/aula/pós-teste, foram ainda realizadas outras experiências com outros alunos pois pretendia-se testar o funcionamento do SMART de outras formas. Desta vez não foi leccionada nenhuma aula. Pretendia-se somente testar outras formas de utilização do SMART e verificar qual seria a mais proveitosa para os alunos. Assim, colocou-se um aluno de cada vez a realizar o jogo completo, experimentando todos os transportes.

Seguidamente, foi também testado o funcionamento do jogo em pares, de modo a tornar o jogo numa forma de cooperação entre os alunos.

A figura seguinte mostra algumas reacções dos alunos durante os testes.

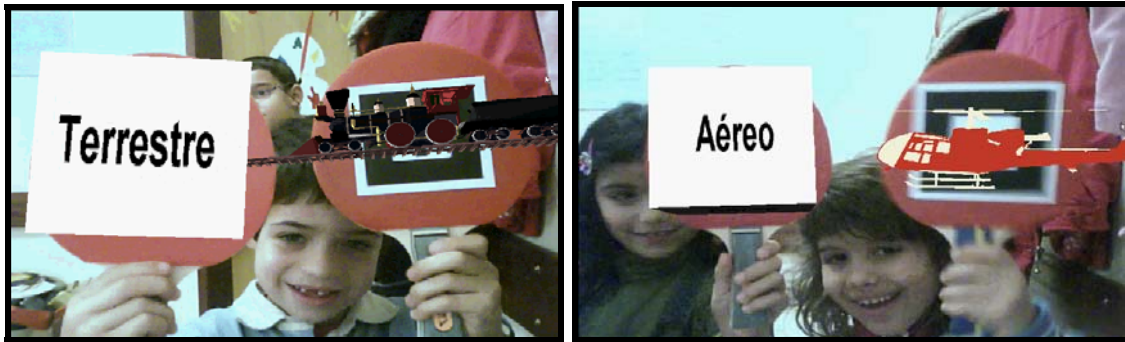


Figura 51 – Algumas reacções dos alunos enquanto testavam o SMART

Na secção seguinte encontram-se as conclusões e observações tiradas em todos os testes.

5.3 Conclusões e observações aos testes para os alunos de 2º ano

Dos testes realizados podemos tirar várias conclusões. No que se refere ao protótipo em si, a iluminação é um factor muito importante a ter em conta, uma vez que não funciona bem quer tenhamos muita luz ou luminosidade reduzida. Por vezes, a existência de certos objectos provocava problemas pois o ARToolKit reconhecia neles um dos padrões dos marcadores e mostrava o transporte correspondente a esse marcador. Daqui concluímos que a situação ideal seria ter a câmara a apontar para uma parede vazia, ou branca e que o computador (+ câmara) ficasse num quarto com luz artificial, não sendo iluminado pela luz do sol. Assim, não teríamos o problema da luminosidade, pois a luz artificial é sempre constante e o ARToolKit reconhece os padrões correctamente. É claro que nem sempre é possível ter-se estas condições, o que significa que no local onde o SMART estiver a ser utilizado deve ser adaptada a luz existente, ou então deverá ser encontrado o lugar com a luz mais adequada à utilização do mesmo (nem com muita luminosidade, nem com luminosidade reduzida).

O projector foi um factor muito positivo uma vez que permitiu que todos os alunos vissem o sistema ao mesmo tempo e não apenas o aluno que estava a testar. Isto possibilitou que todos ficassem mais atentos ao que o colega estava a fazer.

Outro aspecto bem positivo foi a escolha do som para o reforço positivo e negativo. O aluno apercebeu-se que quando acertava no tipo de transporte obtinha palminhas e então preocupava-se em escolher bem a categoria dos transportes (se era aquático, terrestre ou

aéreo) para poder recebê-las tanto do jogo, quanto dos seus colegas, aumentando a motivação de todos os alunos na aula, mas em especial ao aluno que estava a testar.

As crianças associaram este jogo a um concurso, ouvindo-se comentários do tipo: “próximo concorrente...”. Ao associarem a um concurso significa que estavam a gostar do jogo, era aliciante para eles.

Ouviram-se alguns alunos a comentar como era o funcionamento do sistema... comentários do género: “mostra-se o quadrado para a câmara e depois ele vai mostrar o transporte”, o que demonstra o interesse dos mesmos na tecnologia.

Quanto às desvantagens, notou-se que os alunos ficaram mais inquietos do que o normal e que houve muitas dificuldades em mostrar o lado certo da raquete para a câmara.

De forma a complementar o estudo testou-se também o funcionamento do jogo em pares e constatou-se que neste caso funcionaram melhor pois as crianças ajudavam-se umas às outras. Havia mais cooperação entre elas, e desta forma permite que não sejam egoístas, partilhando as raquetes e aprendendo juntas.

Outra conclusão muito importante a tirar destes testes foi que os alunos com mais dificuldades tiveram melhores resultados com a ajuda da R.A.

Observou-se também que a realização dos testes ao SMART, indo um aluno de cada vez, não era suficiente para motivá-los muito, apesar de eles terem gostado. Posteriormente realizaram-se testes a outros alunos, de forma a que cada criança tivesse a oportunidade de realizar o jogo completo sozinha ou juntamente com um colega. Estes testes mostraram ser mais eficazes na satisfação dos alunos e na sua aprendizagem.

Verificou-se também que quando fizeram o jogo todo sozinhos, aprenderam bem os conceitos e estavam mais descontraídos. Aconteceu um caso em que um dos alunos não sabia que tipo de transporte era o comboio e então experimentou todos os tipos, verificando que não era nem aquático nem aéreo. Continuou a testar os outros transportes e no fim foi-lhe perguntado qual era o meio correspondente ao comboio e ele soube responder logo que era o terrestre, sem testar novamente. Este pequeno exemplo, que ocorreu num dos testes, mostra como a tecnologia pôde ajudar na aprendizagem das várias categorias dos transportes. Note-se que estes alunos fizeram fila para testar o jogo e outros mesmo até choraram porque queriam testar antes de se irem embora para casa.

Claro que é de realçar que nada substitui o professor. O sistema só vem auxiliar no ensino.

Capítulo 6

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DOS NÚMEROS

6.1 Teste do protótipo dos números numa escola Pré-primária

Na Escola do Areeiro, numa turma de Pré-Primária testou-se um novo protótipo, o protótipo dos números, que consistia em mostrar várias raquetes com marcadores que por sua vez se associavam a vários animais de modo a que as crianças os pudessem contar e assim aprender a decompor e a compor números.

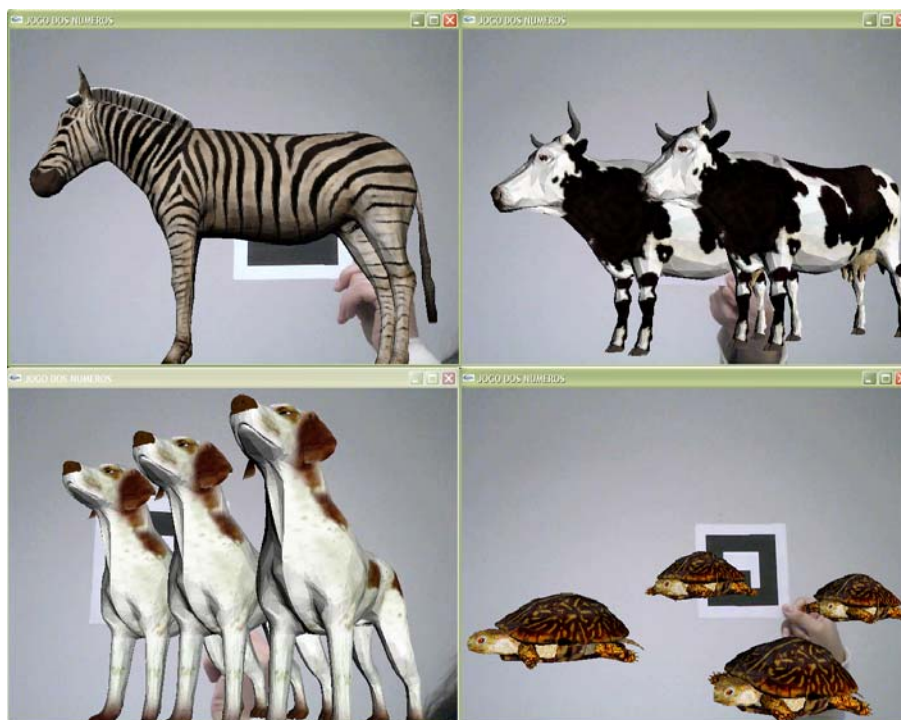


Figura 52 – exemplo de alguns marcadores do jogo dos números

A Figura 52 mostra alguns dos marcadores correspondentes a um, dois, três e quatro animais. O protótipo contém marcadores até nove animais. Utilizaram-se os animais por ser algo motivador para as crianças, pois é algo que elas gostam.

O esquema da disposição da sala e seus componentes é dado pela Figura 53. Esta disposição permitia que todos os alunos pudessem ver o que se passava no computador, através do projector, uma vez que apenas um aluno de cada vez é que ia testando os marcadores.

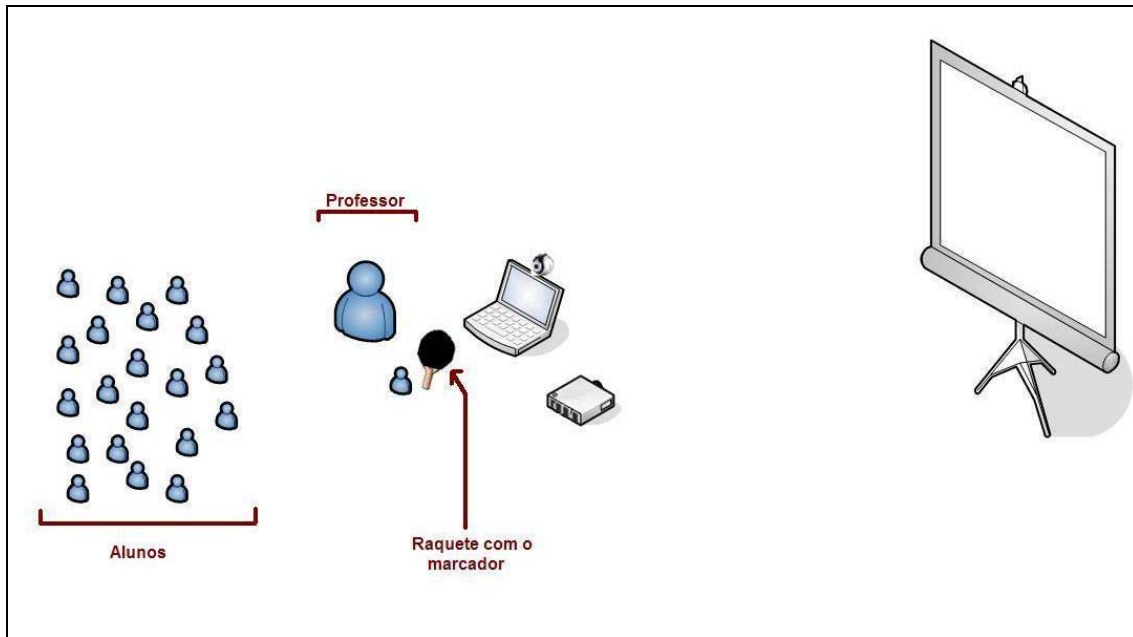


Figura 53 – esquema utilizado na escola do Areeiro para a Pré-Primária

A professora explicou aos alunos que deviam mostrar o “quadrado” para a câmara para poderem ver uma “surpresa”. Assim, com um aluno de cada vez, pegavam na raquete e mostravam para a câmara, observando de seguida o que aparecia. Logo que surgia um animal, a professora perguntava qual era, quantos eram, como era o seu corpo (às malhas, às riscas...), de que cor eram, etc.



Figura 54 – Reações das crianças perante o protótipo do jogo dos números

6.2 Conclusões e observações

Assim que as crianças viram o computador ficaram todas contentes e curiosas com o que se iria passar naquela aula. O projector ao projectar a sua imagem para a parede mostrou ser algo cativante para estas crianças.

Observou-se que estas respondiam muito entusiasmadas às perguntas da professora. Quando ela pedia para contar quantos animais aquela raquete mostrava, todos iam contando em conjunto o que viam... “um, dois, três, ...”.

Após terem visto várias raquetes com animais, ou seja, depois de verem que cada raquete correspondia a um número diferente de animais, a professora pedia a ajuda de mais um aluno para juntarem dois marcadores e ver quantos animais apareciam no total. Os alunos contavam muito contentes quantos animais observavam.

Os únicos pontos negativos a retirar deste teste foi que os alunos ficaram um pouco mais inquietos, e tentavam aproximar-se muito da câmara.

Por outro lado conseguimos com que eles aprendessem a contar e fazer a composição e decomposição dos números através da RA.

Este protótipo mostrou ser uma aplicação muito útil pois permitiu que dois alunos pudessem participar simultaneamente enquanto os outros contavam. Esta é uma maneira interactiva de ensinar a contar, e pela observação da turma, obtiveram-se bons resultados.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

7.1 Conclusões gerais

Pelos testes realizados, podemos ver que a tecnologia, neste caso em específico a Realidade Aumentada, pode ajudar a aumentar a motivação e conseqüentemente a aprendizagem dos alunos. Verificou-se que é aos alunos com mais dificuldades de aprendizagem que o SMART vem ajudar mais, apesar de praticamente todos os alunos testados gostarem de utilizar esta tecnologia, o que demonstra uma taxa de motivação bastante elevada. Os alunos fracos e suficientes são aqueles que mais são influenciados pelo uso da RA, uma vez que, como disse Gardner [20], apesar de todos possuímos várias inteligências, nem todos as desenvolvemos da mesma maneira, nem nas mesmas proporções. Logo, estes alunos são alunos que não desenvolveram tanto a *inteligência linguística*, mas sim, por exemplo, a *inteligência espacial*.

Conclui-se portanto, com estes estudos, que a tecnologia influencia na aprendizagem, aumentando a taxa de aprendizagem dos alunos e aumentando a motivação dos mesmos para aprender.

O funcionamento do jogo em pares contribuiu para que as crianças pudessem ajudar-se mutuamente, havendo mais cooperação e interação entre elas.

Vygotsky [32] refere que a aprendizagem é um processo social e o conhecimento é algo socialmente construído, tal como mostram os resultados do funcionamento do jogo em pares durante a nossa experiência.

A mediação da aprendizagem feita por pares, tem sido um tema muito debatido na educação. A criação de grupos da aprendizagem colaborativa, com crianças em diferentes níveis de aprendizagem embora próximas na capacidade para a realização das tarefas constitui outra estratégia de mediação importante a ser utilizada na aprendizagem.

A partir dos estudos realizados nas várias escolas, escreveu-se um artigo para uma conferência, HCI2008, o qual pode ser consultado em anexo, no Apêndice B. O artigo foi aceite e será apresentado e discutido em Setembro no Liverpool.

Outras conclusões a tirar destes estudos são que o uso de raquetes para mostrar os marcadores permitem que os alunos possam manipular os objectos tridimensionais e assim ficam com uma noção mais clara do assunto que o professor ensinou.

O projector foi também um factor muito importante para a motivação dos alunos, uma vez que este fazia com que todos os seus colegas pudessem observar o que o aluno em causa estava a fazer, nomeadamente a associação entre o transporte e a categoria e permitia assim que todos pudessem aplaudi-lo, reforçando o feedback dado pelo próprio SMART ao tocar um som semelhante a um aplauso quando o aluno faz a associação certa.

Ao utilizar os interruptores para o jogo das categorias dos transportes, o sistema de aprendizagem torna-se ainda mais interactivo e multimodal, pois permite interagir através de vários modos, com as mãos e os pés, incentivando desta forma a criança a aprender e permitindo que esteja em movimento, contribuindo para o seu bem estar físico.

No entanto o ARToolkit trouxe algumas desvantagens. A primeira dificuldade com que se deparou foi o facto de ser um pouco difícil de instalar, devido a falta de informação para a instalação no software mais recente, nomeadamente para o Visual Studio 2005 e para as incompatibilidades das versões do DirectX com o ARToolKit.

Outra desvantagem é a necessidade de calibração da câmara que é uma tarefa um pouco trabalhosa.

O ARToolKit quando faz a detecção dos padrões, necessita de um ambiente controlado de luminosidade. Ambientes muito claros ou muito escuros não são recomendados pois geram problemas na detecção dos marcadores. No entanto, através da criação do peluche com o sensor de luz+câmara permite que se possa controlar o ambiente de execução do SMART, evitando eventuais falhas no reconhecimento dos marcadores pela existência de muita luz ou por falta desta. A aplicação é assim apenas executada em caso de condições ideais de luz, optimizando a sua execução. Em caso de muita ou pouca luz indica ao utilizador que deverá encontrar um lugar mais escuro ou mais claro, consoante a situação.

Outro factor a ter em conta é o facto de se obter alguma imprecisão nas distâncias entre os marcadores, usando a framework, sendo que o valor obtido é um valor aproximado, que depende da luz do ambiente em que se encontra, como referido anteriormente.

Outra coisa interessante a observar é o facto deste projecto ter unido três áreas, a informática, a educação e as artes. Foi interessante poder relacionar estas três áreas e assim aprender também um pouco mais acerca delas.

7.2 Trabalho futuro

Como trabalho futuro devem ser realizados mais testes a outras escolas para reforçar os dados obtidos. Poder-se-á alargar o estudo a escolas não urbanas e fazer mais estudos acerca dos alunos de cidade e alunos do meio rural e estudar a sua motivação e taxa de aprendizagem perante o SMART.

Seria igualmente interessante poder testar o uso dos interruptores nas escolas e verificar se geram mais impacto na aprendizagem das crianças.

Pretende-se também desenvolver uma aplicação de mesa, a Ecocidade, utilizando os métodos da framework do SMART. Esta é uma aplicação que poderá ser utilizada por alunos de várias idades, uma vez que compreenderá conceitos para todas as idades, tal como a disposição de marcadores para representar os ecopontos, outros para pontos de energia eólica, casas com sistema solar, etc.

REFERÊNCIAS

- [1] Anabela Martinho, Fernanda Marado, Ilda M. Catanho, Leonor D. Freitas, Liliana Lucas, M. Fátima Freitas, “A Indisciplina e Violência na Escola”, *Investigação em Educação*, Departamento de Ciências de Educação, Universidade da Madeira, 2007/2008 (<http://apus.uma.pt/~a2027603/Investigacao.pdf>)
- [2] Image guided surgery – MIT: <http://www.ai.mit.edu/projects/medical-vision>
- [3] Ezequiel R. Zorzal, Arthur A. B. Buccioli e Claudio Kirner, “Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Quebra-cabeças Educacionais”, in *SBC*, [SVR] VIII: 2006 Mai. 2-5: Belém (PA).
- [4] Ensino de História com Realidade Aumentada: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/virtuoso.php
- [5] Comboio invisível: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible_train/
- [6] ARQuake: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/ARQuake/www/>
- [7] Treino Militar:
http://www.informationinplace.com/Solutions/CaseStudies/case_RDECOM/case_RDECOM.html
- [8] Bernd Schwald e Blandine de Laval, “An Augmented Reality System for Training and Assistance to Maintenance in the Industrial Context” in *The 11th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2003*, February 3 - 7, 2003
- [9] Ronald Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier e Blair MacIntyre, “Recent Advances in Augmented Reality”, in *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 34-47, November/December 2001

Referências

[10] Reparação e manutenção de equipamento:

<http://www.informationinplace.com/Solutions/accel/accel.html>

[11] Eric Rose, David Breen, Klaus H. Ahlers, Chris Crampton, Mihran Tuceryan, Ross Whitaker e Douglas Greer, “Annotating Real-World Objects Using Augmented Reality”, in *CG International '95 Proceedings*, Leeds, UK, pp. 357-370, June 1995

[12] MUSE Augmented Reality Concept:

http://www.informationinplace.com/Solutions/CaseStudies/case_MUSE/Demos/MUSEAR/IMUSEAR.html

[13] Ronald Azuma, “Overview of augmented reality”, in *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes, Los Angeles, no. 26, 2004

[14] Realidade Aumentada na arquitetura:

<http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/archAnatomy/architecturalAnatomy.html>

[15] ARCHEOGUIDE: <http://archeoguide.intranet.gr/project.htm>

[16] Virtual Sightseeing: <http://www.ydreams.com/virtualsightseeing/pt/tour.html>

[17] Touring Machine:

<http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/mars/touring.html>

[18] Conceito de Realidade Aumentada <http://realidadeaumentada.com.br>

[19] J. Mayo, Merrilea, “Games for Science and Engineering Education” in *Communications of ACM*, vol. 50, no. 7, pp. 31-35, July 2007.

[20] Gardner, H. (1983/2003). *Frames of mind. The theory of multiple intelligences*. New York: BasicBooks.

Referências

- [21] Shelton, B. & Hedley, N. (2002). Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. In *The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, Darmstadt, Germany, September 2002, IEEE Catalog Number: 02EX632 ISBN: 0-7803-7680-3.
- [22] Tettegah, S. & Taylor, K. & Whang, E. & Meistninkas, S. & Chamot, R. (2006). Can virtual reality simulations be used as a research tool to study empathy, problems solving and perspective taking of educators?: theory, method and application. International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2006 Educators program, Article No. 35.
- [23] Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications, San Antonio, Texas, 2002, pp. 37 – 41.
- [24] Balog, A. & Pribeanu, C. & Iordache, D. (2007). Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School. *International Journal of Social Sciences* Volume 2 Number 3.
- [25] Duarte, M., Cardoso, A. & Lamounier Jr., E. (2005). Using Augmented Reality for Teaching Physics. *WRA'2005 - II Workshop on Augmented Reality*, pp. 1-4.
- [26] Kerawalla, L, Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. (2006). “Making it real”: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, Volume 10, Numbers 3-4, December 2006 , pp. 163-174.
- [27] Lin, Yu-Hong, 2007. Integrating Scenarios of Video Games into Classroom Instruction. In *Information Technologies and Applications in Education*, 2007. ISITAE'07.

Referências

- [28] Lee, J., Luchini, K., Michael, B., Norris, C., and Soloway, E. 2004. More than just fun and games: assessing the value of educational video games in the classroom. In CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (Vienna, Austria, April 24 - 29, 2004).
- [29] Consularo, L.A.; Calonego Jr, N.; Dainese, C.A.; Garbin, T. R.; Kirner, C.; Trindade, J.; Fiolhais, C. - ARToolKit: Aspectos Técnicos e Aplicações Educacionais. In: Cardoso, A.; Lamounier Jr, E. editores. Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática. Livro dos Minicursos do SVR2004, SBC, São Paulo, 2004, p. 141-183.
- [30] Papert, S. (1996). *A família em rede*. Lisboa: Relógio D'Água Editores
- [31] Almeida, L. & Tavares, J. (org.) (1998). *Conhecer, Aprender, Avaliar*. Porto: Porto Editora
- [32] Fino, N.C. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas in *Revista Portuguesa de Educação*, vol 14, nº2, pp. 273-291

APÊNDICES

APÊNDICE A

Testes para medir a taxa de aprendizagem

Neste apêndice encontramos os vários testes realizados aos alunos para medir a sua taxa de aprendizagem <g>. Os testes realizados são os seguintes:

- *Pré-teste* - realizado por todos os alunos, antes de lhes ser ensinada a matéria em causa, quer por RA quer pelo professor;
- *Pós-teste* - realizado por todos os alunos, depois de lhes ser ensinada a matéria em causa, quer por RA quer pelo professor;
- *Teste de Motivação* – realizado apenas aos alunos que deram os conteúdos programáticos através da RA.

ESTUDO DO MEIO

OS TRANSPORTES

Data: ____ de Janeiro de 2008

Nome: _____

PRÉ-TESTE

1. Faz corresponder cada transporte ao meio onde se desloca.

- autocarro
- avioneta água
- navio
- bicicleta ar
- helicóptero
- submarino terra
- táxi

2. Completa a tabela colocando uma cruz no lugar correcto.

	Terrestre	Aquático	Aéreo
Automóvel			
Helicóptero			
Barco à vela			
Camião			
Navio			
Mota			
Comboio			
Avião			

3. Completa:

O Rui quer ir da Madeira a Lisboa. Da sua casa do Funchal para o aeroporto vai de _____ . É um meio de transporte _____ .

Do aeroporto do Funchal ao aeroporto de Lisboa vai de _____ . É um meio de transporte _____ .

De Lisboa a Almada vai ter de atravessar o rio Tejo de barco. É um meio de transporte _____ .

ESTUDO DO MEIO
OS TRANSPORTES

Data: ____ de Janeiro de 2008

Nome: _____

PÓS-TESTE

1. Faz corresponder cada transporte ao meio onde se desloca.

- autocarro
- avioneta água
- navio
- bicicleta ar
- helicóptero
- submarino terra
- táxi

2. Completa a tabela colocando uma cruz no lugar correcto.

	Terrestre	Aquático	Aéreo
Automóvel			
Helicóptero			
Barco à vela			
Camião			
Navio			
Mota			
Comboio			
Avião			

3. Completa:

O Rui quer ir da Madeira a Lisboa. Da sua casa do Funchal para o aeroporto vai de _____ . É um meio de transporte _____ .

Do aeroporto do Funchal ao aeroporto de Lisboa vai de _____ . É um meio de transporte _____ .

De Lisboa a Almada vai ter de atravessar o rio Tejo de barco. É um meio de transporte _____ .

TRANSPORTES COM REALIDADE AUMENTADA

Teste de Motivação

1. Pinta as carinhas de acordo com a tua resposta.

1.1 Achaste interessante a maneira como aprendeste os vários tipos de transporte?



Muito Mais ou menos Pouco

1.2 Gostaste de poder ver os transportes em três dimensões?



Muito Mais ou menos Pouco

1.3 Gostaste de utilizar as raquetes?



Muito Mais ou menos Pouco

1.4 Tiveste dificuldades quando utilizaste as raquetes?



Muitas Algumas Nenhumas

2. Pinta as carinhas de acordo com a tua resposta.

2.1 Gostavas de aprender mais coisas com a ajuda da Realidade Aumentada?



sim

não

3. Quais são os transportes que te lembras da aplicação?

APÊNDICE B

**Artigo submetido para a conferência HCI2008 – Culture, Creativity,
Interaction**

Neste apêndice, é anexado o artigo submetido e aceite na conferência HCI2008 - Culture, Creativity, Interaction.

SMART: a System of Augmented Reality for Teaching 2nd Grade Students

Rubina Freitas
University of Madeira
Campus Universitário da Penteada
9000-390 Funchal, Portugal
+351 291 705151
rubina_freitas@hotmail.com

Pedro Campos
University of Madeira
Campus Universitário da Penteada
9000-390 Funchal, Portugal
+351 291705151
pcampos@uma.pt

ABSTRACT

In this paper, we describe the design and evaluation of SMART, an educational system that uses augmented reality for teaching 2nd grade-level concepts, adequate and integrated with national curriculum guidelines. SMART puts children exploring concepts like means of transportation, types of animals and similar semantic categories through the use of a set of racquets that are used to manipulate a TV-show style game with 3D models which are superimposed to the real time video feed of the whole class.

Experiments were performed with several classes of students in three different, local primary schools. Results suggest that SMART is effective in maintaining high levels of motivation among children, and also that SMART has a positive impact on the students' learning experience, especially among the weaker students.

Categories and Subject Descriptors

H.5 [Information Interfaces and Presentation] (e.g., HCI):
H.5.1 Multimedia Information Systems, H.5.2 User Interfaces

General Terms

Design, Human Factors.

Keywords

Human-computer interfaces; Interactive learning environments; Pedagogical issues; Augmented reality; Virtual reality.

1. INTRODUCTION

Using advanced technology for teaching concepts for today's 2nd graders is becoming increasingly popular because children are moving towards a new level of interaction with technology and there is a need to children to educational contents through the use of novel, attractive technologies.

SMART (System of Augmented Reality for Teaching) is a first step towards that goal. SMART puts children exploring concepts like means of transportation, types of animals and similar semantic categories through the use of a set of racquets that are used to manipulate a TV-show style game with 3D models which are superimposed to the real time video feed of the whole class.

SMART is essentially a collaborative Augmented Reality (AR) system. AR is a growing area within virtual reality research. Basically, an AR system generates, in real time, a composite view for the user. It is a combination of the real scene viewed by the user and a virtual scene generated by the computer that augments the scene with additional information [8].

Our motivation for designing such a system stems from the fact that we are trying to achieve natural interaction games that follow the successful line of products such as Nintendo Wii. Instead of using traditional computer interfaces, based on the

WIMP (Windows, Icons, Menus and Pointing device) paradigm, we augment the real school environment with 3D virtual models that can be manipulated using simple table tennis racquets. Our hypothesis is that introducing this technology in a smooth way will increase the learning rate of children, as well as contribute to a highly motivated learning environment.

This paper is organized in the following way: section 2 describes related work, organized briefly in general multimedia systems applied to 2nd grade students and existing augmented reality systems for educational activities. Section 3 describes both the SMART system and the method we used to investigate whether the use of AR technology could improve students' results and motivation levels. Section 4 presents the obtained results based on several experiments conducted at three different primary schools and section 5 discusses those results.

2. RELATED WORK

2.1 Interactive Systems for 2nd Graders

One good way to motivate children to learn using technology is to apply games, which are well known, exploiting the power of popular TV shows. With the goal of minimizing the amount of effort and requirements to set up a situated learning environment, Lin [1] integrated scenarios of the popular video game Pokemon in classroom education of 2nd grade math concepts.

Observations showed that, in such arrangement, they could engage some students into the scenarios where math is applied.

Since most children inevitably spend much time playing digital games, it is argued that digital game-based learning is one way to involve kids to do the right things with computer [1].

Lee et al. [2] performed a study to investigate whether educational video games could be integrated into a classroom with positive effects for the teacher and students. They conducted the study with 39 2nd grade students using their mathematic drill software "Skills Arena" [2]. Early data from the study suggested that not only do teachers and students enjoy using "Skills Arena", students even exceeded expectations by doing three times more math problems in 19 days than they would have using traditional worksheets.

2.2 Augmented Reality Educational Systems

The use of augmented reality systems in educational settings, *per se*, is not novel. Shelton and Hedley [8] describe a research project in which they used augmented reality to help teach undergraduate geography students about earth-sun

relationships. They examined over thirty students who participated in an augmented reality exercise containing models designed to teach concepts of rotation/revolution, solstice/equinox, and seasonal variation of light and temperature, and found a significant overall improvement in student understanding after the augmented reality exercise, as well as a reduction in student misunderstandings.

Some other important conclusions about this system were that AR interfaces do not merely change the delivery mechanism of instructional content: They may fundamentally change the way that content is understood, through a unique combination of visual and sensory information that results in a powerful cognitive and learning experience [8].

Simulations in virtual environments are becoming an important research tool for educators [7]. Augmented reality, in particular, has been used by Tettegah and colleagues [7] to teach physical models in chemistry education. They evaluated their perceptions regarding these two representations in learning about amino acids. The results showed that some students enjoyed manipulating AR models by rotating the markers to observe different orientations of the virtual objects.

Construct3D [5] is a three-dimensional geometric construction tool specifically designed for mathematics and geometry education. In order to support various teacher-student interaction scenarios, flexible methods were implemented for context and user dependent rendering of parts of the construction. Together with hybrid hardware setups they allowed the use of Construct3D in classrooms and provided a test bed for future evaluations. Construct3D is easy to learn, encourages experimentation with geometric constructions, and improves spatial skills [5].

AR has also been used in [3] summer schools. Balog et al. [3] describe findings from usability testing of AR educational systems and conclude that using both quantitative and qualitative data is a cost-effective support for the user-centered design of AR-based education technologies.

The wide range of AR educational applications also extends to physics. Duarte et al. [4] use AR to dynamically present information associated to the change of scenery being used in the real world. In this case, the authors perform an experiment in the field of physics to display information that varies in time, such as velocity and acceleration, which can be estimated and displayed in real time.

The visualization of real and estimated data during the experiment, along with the use of AR techniques, proved to be quite efficient, since the experiments could be more detailed and interesting, thus promoting the cognitive mechanisms of learning [4].

The use of AR in formal education could prove a key component in the learning environments of the future. These environments will be abundantly populated with a blend of hardware and software applications. However, relatively little is known about the potential of this technology to support teaching and learning with groups of young children in the classroom, like in our present study. Except for Kerawalla et al. [6] and a few other studies, few researchers actually present results of experiments using this kind of technology in real life schools. Kerawalla et al. [6] analyzed teacher-child dialogues in a comparative study between use of an AR virtual mirror interface and more traditional science teaching methods for 10-year-old children. This study revealed that the children using AR were less engaged than those using traditional resources. This shows that using AR alone is not only insufficient to keep children engaged, it could even reduce their level of

engagement, which proves the challenge posed to researchers when trying to deploy and study systems like the ones we propose.

3. METHOD

We investigated the potential of AR to improve education of second-graders at several local schools, including their motivation level. Our research goal was twofold: on the one hand, we were interested in studying how AR technology could be used in an unobtrusive way that could effectively help students learn; and on the other hand, we were interested in establishing design guidelines from the experiences as a whole. These guidelines, built as summarizations of lessons learned, could be useful to educators interested in novel technologies for education, and also to user interface designers interested in designing new kinds of systems.

We designed and evaluated informally several games, but this study refers only to the formal studies of two concrete games, which were introduced in the schools in the exact, appropriate time frame, according to the national second grade curriculum guidelines. One of the games is the animal classification game, where children hold one racquet to visualize and explore different 3D animated models of animals. With the other hand, children must choose the racquet that correctly corresponds to that animal's category. The second game is similar to the animal classification game, except that children need to identify the transportations' category (helicopter is an aerial means of transportation, automobile and motorbike are terrestrial and so on). An example of the 3D models that can be manipulated using the racquets by children is shown in Figure 1.

Upon a correct identification of the category, the game will provide audio feedback using an applause-like sound. If it's incorrect, the game plays a "wrong-buzzer" sound. This helps make it sound like a TV-show game, which proved successful for motivating the class.



Figure 1: some of the 3D models that can be freely manipulated using SMART's racquets.

3.1 Participants

The participants of our study were students from three different classes from three distinct local schools, as well as their teachers, who acted as moderators of the game. Students' age varied between 7 and 8, and overall there were 32 females and 22 males. In each of the three schools, participants were randomly divided into two groups of equal dimension: a control

group, composed of students who took the class using traditional methods, and the experimental group, composed of students who used the SMART system.

3.2 The system and the materials

The system is composed of several racquets with 3D augmented reality markers, a web camera (the system works with any regular web camera), a PC and any kind of display such as LCD or projectors. For all the experiments described in this paper, we used a small laptop and a light, high-brightness projector for the experiments in the schools for portability reasons, fostering collaboration with a large projected surface where the whole class could watch and be watched and for dealing with the several lighting conditions and setups, which obviously vary a lot from school to school.

3.3 Procedure

We started by making sure the game prototypes were well tested in the University's labs and under different lighting conditions – augmented reality won't work in dark environments because it is based on the camera's recognition of the black and white printed markers.

We followed the same procedure for the three different schools. First, there were introductory sessions with the teachers alone. The system was explained, teachers' observations and suggestions were recorded, and the plan was established.

Each class was divided into three phases: a pretest phase, when students answered a random set of questions about the subject being taught (categories of transportation systems), without being taught anything about it. Then came the learning phase itself. It consisted of a traditional lesson in the control group and an "augmented" session, with the help of the SMART system, in the experimental group.

When the class of the experimental group started, the system started and a screen recording software was automatically launched and ran in background. Therefore, students were being digitally videotaped while they used SMART. We later analyzed thoroughly all the recorded movies for gathering reliable results on motivation levels and the overall class reaction and use of the system.

Teachers acted as mediators, or even TV-show presenters. Besides teaching the concepts with simultaneous use of the system, they mediated the use of it, by deciding who would play with the system and when.

At the end of the class, students performed a similar posttest, so that we could quantify their average degree of learning obtained by each of the groups.

One way to measure the degree of learning obtained through a particular mode of education is quantified by the <g> score [10], which is calculated the following way:

$$\langle g \rangle = (\text{posttest}\% - \text{pretest}\%) / (100\% - \text{pretest}\%)$$

where posttest% is the percentage of correct answers in the posttest and pretest% is the percentage of correct answers in the pretest.

The procedure for the control groups was similar, except that the teacher was asked to give the class about the exact same subject but using traditional methods like the whiteboard.

4. RESULTS



Figure 2: some of the students's reaction to the system and the overall setting of the system in the classroom.

Figure 2 shows the overall context of one of the classrooms where SMART was used. We can see the role of the teacher as a mediator, and we can also observe how the whole class watches the projected screen where the student is manipulating the game's racquets. As soon as one student ended the game, he or she would return to his seat and another student would play the game. When the student chose the right racquet, the system would play an applause sound, like in a TV-show quiz. This caused the whole class to respond and also to cheer and applaud, which helped to maintain the attention of the majority of students. This happened in the three different schools where we performed the experiment.

We divided the students into three groups: weak, average and good students. This division was based on the students' average of grades. In the Portuguese system, this is expressed as a percentage, where less than 50% means weak, 50%-70% means average and more than 70% means good. Their respective teachers provided this data to us.

Tables 1, 2 and 3 show the evolution from pre-tests to post-tests for each of these groups of students. The results refer to the pre and post-test percentage of correct answers, the right-most column shows the <g> value.

Table 1. Evolution of weak students.

	Pre-Test	Post-Test	<g>
Control group (without SMART)	61.1	72.2	29%
Experimental group (using SMART)	40.7	61.1	34%

Table 2. Evolution of average students.

	Pre-Test	Post-Test	<g>
Control group (without SMART)	59.7	77.8	45%
Experimental group (using SMART)	72.9	89.6	62%

Table 3. Evolution of good students.

	Pre-Test	Post-Test	<g>
Control group (without SMART)	84.2	94.0	62%
Experimental group (using SMART)	84.6	89.7	33%

The results obtained are within our expectations, since good students don't improve much their learning rate using SMART, i.e., their evolution is less noticed. SMART doesn't necessarily help them to actually learn, although all students enjoy the technology, as they mentioned in questionnaires about motivation we performed at the end of the classes.

The effect is much higher among weak and average students. As we can see from tables 2 and 3, for those students, SMART had a positive impact in their learning.

More experiences have to be performed in order to make these claims stronger. However, these initial results seem promising.

We also gathered written questionnaires regarding motivation, and all values were high, although this was just a mere formality, since it was evident that motivation was high in every class. Besides these formal experiences, we performed many other sessions, including sessions to study how children used the system in pairs. The informal results obtained were similar.

Finally, all the recorded videos were thoroughly analyzed (manually) to discover usability errors and more importantly to investigate children's reaction and learning results. Again, motivation was evident, not only by the students using SMART, but also from surrounding students observing their colleagues.

5. DISCUSSION

The results obtained so far indicate that using our augmented reality system is a positive step forward towards achieving the goal of reducing the distance between children and knowledge.

One of the interesting observations we made was the impact SMART had on the whole class collaboration. In fact, by turning the whole classroom environment into a TV-show style game, where "contestants" (the children) were all participating, SMART managed to provide a unique, compelling educational experience. This is not directly related to the use of AR technology, but instead it suggests the power that good games have in fostering an education-prone environment, especially if it takes the form of familiar, popular TV quizzes. This was perhaps a common thread to all three schools involved in our experiments, and we believe this could be a good "heuristic" in designing this type of educational systems.

Another issue was related to why poorer students perform better in their learning than the good students. One possible explanation for this would be the fact that good students are already good students, thus the potential for improving learning in poor students is obviously higher. Also, poor students are, in general, more prone to physical activity, and playing with the physical racquets might positively influence their learning behavior.

Future work will include more schools and more students being tested. We are also interested in disseminating SMART as an online toolkit that any parent or educator can easily and freely use. For that matter, an online package setup is already available and can be freely downloaded from the website¹.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank to all the teachers who were involved in the experiments and who provided valuable

assistance and advice on how the system should be designed, namely Sara Almeida, Leonor Freitas, Dalila Gouveia, Lucinda Ribeiro as well as the directors of all the three schools involved. Also the authors wish to thank to Professors Ana Isabel Portugal and Evangelina Sirgado for providing help with the 3D models' design.

7. REFERENCES

- [1] Lin, Yu-Hong, 2007. Integrating Scenarios of Video Games into Classroom Instruction. In Information Technologies and Applications in Education, 2007. ISITAE'07.
- [2] Lee, J., Luchini, K., Michael, B., Norris, C., and Soloway, E. 2004. More than just fun and games: assessing the value of educational video games in the classroom. In CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (Vienna, Austria, April 24 - 29, 2004).
- [3] Balog, A. & Pribeanu, C. & Iordache, D. (2007). Augmented Reality in Schools: Preliminary Evaluation Results from a Summer School. *International Journal of Social Sciences* Volume 2 Number 3.
- [4] Duarte, M., Cardoso, A. & Lamounier Jr., E. (2005). Using Augmented Reality for Teaching Physics. *WRA'2005 - II Workshop on Augmented Reality*, pp. 1-4.
- [5] Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications, San Antonio, Texas, 2002, pp. 37 – 41.
- [6] Kerawalla, L, Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, Volume 10, Numbers 3-4, December 2006 , pp. 163-174.
- [7] Tettegah, S. & Taylor, K. & Whang, E. & Meistninkas, S. & Chamot, R. (2006). Can virtual reality simulations be used as a research tool to study empathy, problems solving and perspective taking of educators?: theory, method and application. International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2006 Educators program, Article No. 35.
- [8] Shelton, B. & Hedley, N. (2002). Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. In *The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, Darmstadt, Germany, September 2002, IEEE Catalog Number: 02EX632 ISBN: 0-7803-7680-3.
- [9] Schrier, K. (2006). Using augmented reality games to teach 21st century skills. In International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2006 Educators program.
- [10] Mayo, M. J. 2007. Games for science and engineering education. *Communications of the ACM* 50, 7 (Jul. 2007), 30-35

¹ SMART can be freely downloaded from the following URL: <http://apus.uma.pt/~a2027603/SMART08/>

Apêndice B