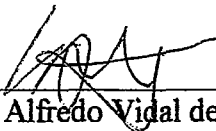


AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL
3D PARA A PRÁTICA DE EXERCÍCIOS DE MATEMÁTICA POR CRIANÇAS
COM TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E/OU HIPERATIVIDADE


Marcelle de Sá Guimarães

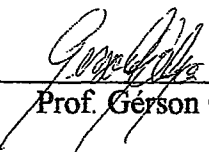
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS
EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.


Aprovada por:


Prof. Luís Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.


Prof.ª Rosa Maria Esteves Moreira da Costa, D.Sc.


Prof.ª Neide dos Santos, D.Sc.


Prof. Gerson Gomes Cunha, D.Sc.


Prof. Vitor Manuel de Moraes Santos Costa, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JULHO DE 2006

GUIMARÃES, MARCELLE DE SÁ

Avaliação do Potencial de Utilização de um Ambiente Virtual 3D para a Prática de Exercícios de Matemática por Crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade [Rio de Janeiro] 2006

VII, 144 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Sistemas e Computação, 2006)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Realidade Virtual
2. Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL 3D PARA A PRÁTICA DE EXERCÍCIOS DE MATEMÁTICA POR CRIANÇAS COM TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E/OU HIPERATIVIDADE

Marcelle de Sá Guimarães

Julho/2006

Orientador: Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho analisa o potencial de utilização da tecnologia de Realidade Virtual como ferramenta de apoio por alunos com Transtorno de déficit de atenção e/ou hiperatividade (TDAH) na realização de exercícios escolares de matemática.

Foi observado o grau de envolvimento e motivação de crianças com TDAH durante a utilização de um ambiente virtual 3D de matemática desenvolvido, assim como a manifestação dos sintomas do transtorno. Foi utilizado também um outro software, sem realidade virtual, para efeito de comparação.

O resultado deste trabalho sugere um grande potencial a ser desenvolvido em relação à utilização da Realidade Virtual por crianças com TDAH na realização de seus deveres escolares.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF A 3D VIRTUAL ENVIRONMENT FOR
THE PRACTICE OF MATHEMATICS EXERCISES BY CHILDREN WITH
ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER

Marcelle de Sá Guimarães

July/2006

Advisor: Luís Alfredo Vidal de Carvalho

Department: Engineering of Systems and Computation

This work analyzes the potential of use of Virtual Reality technology as a support tool by students with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) in the accomplishment of mathematics school exercises.

It was observed ADHD children's involvement and motivation during the use of the mathematics 3D virtual environment developed, as well as the manifestation of the symptoms of the disorder. It was also used another software, without virtual reality, for comparison effect.

The result of this work suggests a great potential to be developed in relation to the use of the Virtual Reality by children with ADHD in the accomplishment of their school exercises.

Sumário

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Motivação	2
1.2 – Objetivo	3
1.3 – Hipóteses	4
1.4 – O Trabalho Realizado	5
1.5 – Estrutura da Dissertação	6
1.6 – Contribuições	6
Capítulo 2 - Transtorno de Déficit de Atenção e/ou	
Hiperatividade (TDAH)	7
2.1 – Histórico	7
2.2 – Características	9
2.3 – Prevalência	11
2.4 – Etiologia	12
2.4.1 – Neurobiologia	14
2.4.2 – Neuroanatomia	16
2.4.3 – Neuropsicologia	17
2.5 – Evolução	20
2.6 – Diagnóstico	21
2.7 – Comorbidades	24
2.8 – Tratamento	28
2.9 – Aplicações Educacionais na Clínica do TDAH	30
2.10 – Considerações Finais	31
Capítulo 3 - Implicações Educacionais do TDAH	33
3.1 – TDAH e a Escola	34
3.1.1 – TDAH e os Deveres Escolares	34
3.2 – Dificuldades de Aprendizado	35
3.2.1 – TDAH e a Matemática	39

3.3 – Sugestões para o Gerenciamento do TDAH em Sala de Aula	43
3.4 – Teorias Educacionais	46
3.5 – Aplicações Computacionais	52
3.6 – Considerações Finais	55
Capítulo 4 - Realidade Virtual	57
4.1 – Definição	58
4.2 – Características	58
4.3 – Visão Estereoscópica	59
4.4 – Interfaces	59
4.5 – Tipos de Aplicações	64
4.6 – Comparação entre Realidade Virtual e Multimídia	66
4.7 – Realidade Virtual e Educação	68
4.8 – Trabalhos na Área	69
4.9 – Considerações Finais	71
Capítulo 5 - O Desenvolvimento do MemoZoo	74
5.1 – Justificativas do Sistema	75
5.2 – Metodologia de Desenvolvimento do Sistema	80
5.3 – Requisitos	82
5.4 – Modelagem Estática	84
5.5 – Modelagem Dinâmica	85
5.6 – Projeto	86
5.7 – Construção	88
5.8 – Testes	89
5.8.1 – Primeiro Teste	90
5.8.2 – Segundo Teste	92
5.9 – Refinamento do Sistema	93
5.10 – Considerações Finais	97
Capítulo 6 - O Trabalho experimental	98
6.1 – Primeiro Experimento	98

6.1.1 – A Escola	98
6.1.2 – Participantes	99
6.1.3 – Roteiro da Experiência	101
6.2 – Segundo Experimento	102
6.2.1 – A Escola	102
6.2.2 – Participantes	103
6.2.3 – Roteiro da Experiência	104
6.3 – Critérios de Avaliação	104
6.4 – Resultados	106
6.4.1 – Tempos e Cálculos	107
6.4.1.1 – Comentários	107
6.4.2 – Aceitação e Adaptação do Usuário à Tecnologia	108
6.4.2.1 – Comentários	109
6.4.3 – Motivação e Envolvimento	110
6.4.3.1 – Comentários	111
6.4.4 – Manifestação de Sintomas	112
6.4.4.1 – Comentários	112
6.4.5 – Teste de Hipóteses	114
6.4.5.1 – Comentários	116
6.5 – Considerações Finais	117
Capítulo 7 - Conclusões	119
7.1 – Trabalhos Futuros	121
Referências Bibliográficas	122
Anexo 1 – Formulário I – Tempos e Cálculos	141
Anexo 2 – Formulário II – Aceitação e Adaptação do Usuário à Tecnologia	142
Anexo 3 – Formulário III – Motivação e Envolvimento	143
Anexo 4 – Formulário IV – Manifestação de Sintomas	144

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a evolução das técnicas de diagnóstico médico vem permitindo a identificação de diferentes tipos de transtornos neuropsiquiátricos, com características difusas. Isto tem gerado impacto nas abordagens terapêuticas e nas relações sócio-educativas utilizadas no tratamento destas pessoas.

Há alguns anos atrás, o Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade (TDAH) era considerado como um comportamento mais exuberante de um pequeno grupo de crianças. Hoje, o TDAH é entendido como um transtorno mental do desenvolvimento, que começa na infância, e caracteriza-se por um padrão persistente de desatenção e/ou hiperatividade, mais freqüente e severo do que aquele tipicamente observado em crianças de mesma idade que estão no nível equivalente de desenvolvimento.

Cerca de 3 a 6% das crianças em todo o mundo apresentam o TDAH. Muitas chegam à idade adulta sem que o problema tenha sido diagnosticado, o que implica prejuízos ao desempenho acadêmico, à atividade profissional e à vida afetiva da pessoa.

Atualmente, informações relacionadas à causa do transtorno ainda não são conclusivas. Sabe-se que o fator genético é muito importante, já que boa parte dos pacientes tem familiares com o problema. Mas não se sabe por que a pessoa desenvolve o transtorno.

Se não for devidamente identificada e abordada a existência do TDAH, a criança portadora do transtorno se desenvolverá com sérios problemas. Será mal vista por outras crianças, será improdutiva na escola, além de estar sujeita a um alto risco de uso de drogas na adolescência.

No contexto escolar, a manifestação dos sintomas é mais evidente, uma vez que as dificuldades de atenção e a falta de autocontrole característicos do

transtorno intensificam-se em situações de grupo, dificultando ainda mais a percepção seletiva dos estímulos relevantes. Os trabalhos escolares, pelo fato de exigirem um esforço mental constante, costumam ser vivenciados pelos alunos com TDAH como desagradáveis ou acentuadamente aversivos. Eles evitam atividades que exijam dedicação, organização e concentração.

Ainda se sabe pouco sobre o transtorno, porém, a perspectiva é que, a médio prazo, se consiga tratar e controlar melhor não só os sintomas associados ao TDAH, mas, também, problemas tais como distúrbios de aprendizado, de conduta, abuso de drogas, etc., que são muito freqüentes entre os portadores.

1.1 Motivação

A motivação para a realização deste trabalho adveio da constatação da dificuldade apresentada pelas crianças com TDAH no âmbito escolar, da alta prevalência do transtorno, e da possibilidade de poder contribuir, de alguma forma, dentro desse contexto, para a melhoria da qualidade de vida dessas crianças.

Estudos indicam que o desempenho escolar das crianças com TDAH, tomando como critério as notas escolares, é inferior ao das crianças sem o transtorno [Heiligenstein,1999]. As crianças com TDAH apresentam também maior índice de repetência escolar, assim como maior número de suspensões e expulsões [Rohde,1999]. Giuseppe[2006], em seu estudo, conclui que crianças com TDAH estão sob risco de mau desempenho escolar, e devem, portanto, receber cuidados especiais.

O próprio critério diagnóstico, segundo o DSM-IV[1999] aborda, de forma específica, em vários itens, dificuldades relacionadas ao contexto escolar:

1- freqüentemente não presta atenção a detalhes ou comete erros por omissão em **atividades escolares**, de trabalho, ou outras;

2- com freqüência não segue instruções e não termina seus **deveres escolares**, tarefas domésticas ou deveres profissionais (não devido a comportamento de oposição ou capacidade de compreender instruções);

3- com frequência evita, antipatiza ou reluta a envolver-se em tarefas que exijam esforço mental constante (**como tarefas escolares ou deveres de casa**);

4- com frequência perde coisas necessárias para tarefas ou atividades (por exemplo, brinquedos, **tarefas escolares**, lápis, livros ou outros materiais);

5- frequentemente abandona sua cadeira **em sala de aula** ou outras situações nas quais se espera que permaneça sentado;

Observa-se que os itens supracitados referem-se especificamente às atividades escolares. De acordo com Benczik[2000], é muito difícil, para o aluno com TDAH, concluir uma tarefa escolar, sendo necessário, para isso, quase o triplo da concentração e do tempo requeridos por outra criança sem necessidades especiais de aprendizado.

Segundo Hallowell[1999,pp.319], em suas sugestões sobre o gerenciamento do TDAH em sala de aula, *“essas crianças precisam sentir-se envolvidas nas atividades que realizam. Assim elas se sentirão motivadas, diminuindo a probabilidade de se desligarem”*.

O autor toca em dois pontos chave, **envolvimento e motivação**, para evitar que as crianças com TDAH se desliguem. Isto nos motivou a pesquisar sobre os recursos que poderiam explorar esses aspectos, de modo a atingir o objetivo proposto pelo autor.

De acordo com Pinho[1997], a tecnologia de Realidade Virtual engloba três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento, sendo que a idéia de **envolvimento** estaria ligada com o grau de **motivação** para o **engajamento** de uma pessoa em determinada atividade.

Assim sendo, torna-se premente verificar se a tecnologia de Realidade Virtual, aplicada ao contexto escolar das crianças com TDAH, teria potencial para envolvê-las e motivá-las na realização de suas tarefas escolares de forma mais produtiva.

1.2 Objetivo

Este trabalho fundamenta-se sobre quatro pilares:

- 1- A dificuldade comportamental apresentada pelas crianças com TDAH durante a realização dos deveres escolares [Benczik,2000];
- 2- A sugestão de Hallowell[1999], em relação a “envolvimento” e “motivação” como fatores relevantes para diminuir a probabilidade de crianças com TDAH “se desligarem” de suas tarefas;
- 3- O fato de “envolvimento” ser uma idéia básica da Realidade Virtual [Pinho,1997];
- 4- Os estudos publicados, sugerindo as vantagens de uma aplicação computacional de matemática em formato de jogo sobre o comportamento atencional de crianças com TDAH, em comparação com práticas mais tradicionais, com carteira, papel e lápis [Kleiman,1981], [Ford,1993] e [DuPaul,2002].

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da tecnologia de Realidade Virtual como ferramenta de apoio para a realização de exercícios escolares de matemática por crianças com TDAH, analisando o impacto do uso de ambientes virtuais 3D sobre o envolvimento e motivação dessas crianças, assim como sobre os comportamentos relacionados à sintomatologia básica do transtorno (desatenção, hiperatividade e impulsividade).

Para tal, estaremos comparando duas tecnologias computacionais diferentes, um software multimídia e um ambiente de realidade virtual, através das hipóteses apresentadas a seguir.

1.3 Hipóteses

De forma a atender o objetivo proposto no item 1.2, formulamos o par de hipóteses apresentado a seguir. A hipótese nula H_0 , é formulada como uma expressão contrária àquilo que desejamos estar verificando. Sua conta-parte, a hipótese H_1 , expressa a idéia contrária à hipótese nula [Spiegel,2000]. O que esperamos, portanto, como resultado do trabalho experimental, é estar derrubando a hipótese nula H_0 .

Durante o experimento, a cada aluno será atribuída uma pontuação, em função dos sintomas do transtorno que apresentem, enquanto utilizam os software propostos.

H_0 : A pontuação média, em relação aos sintomas do TDAH, alcançada por alunos com esse transtorno, enquanto utilizam um ambiente virtual 3D de matemática, é igual ou superior à alcançada com a utilização de um software multimídia de matemática sem realidade virtual.

H_1 : A pontuação média, em relação aos sintomas do TDAH, alcançada por alunos com esse transtorno, enquanto utilizam um ambiente virtual 3D de matemática, é inferior a alcançada com a utilização de um software multimídia de matemática sem realidade virtual.

1.4 O Trabalho Realizado

Após levantamento bibliográfico, foi implementado um ambiente virtual 3D no formato de “jogo da memória”, onde é requerida ao aluno a realização de uma operação de adição antes da efetuação de uma jogada. A visualização é feita com um capacete de visão estereoscópica.

Foram realizados dois experimentos, em duas escolas diferentes, onde tomaram parte crianças da alfabetização à terceira série do ensino fundamental.

No primeiro experimento, onde participaram 12 alunos com TDAH, as crianças utilizaram o ambiente virtual desenvolvido e um outro software multimídia de matemática, também em formato de jogo. Foi observada e comparada a motivação e os comportamentos relacionados à atenção, hiperatividade e impulsividade em cada etapa.

No segundo experimento, participaram 7 crianças com TDAH e um grupo de controle de 19 crianças sem o transtorno. Os alunos utilizaram o ambiente virtual e um jogo multimídia de matemática. Foram observados os

mesmos aspectos do primeiro experimento e comparações foram feitas entre as duas tecnologias e entre o grupo de alunos com TDAH e o grupo de controle.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta tese é composta de mais seis capítulos, descritos a seguir:

O capítulo dois aborda as principais características do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade. O capítulo três trata das implicações acadêmicas do TDAH. O capítulo quatro apresenta os conceitos básicos relacionados à Realidade Virtual. O capítulo 5 descreve o Ambiente Virtual 3D e seu respectivo processo de desenvolvimento. O capítulo seis descreve os experimentos realizados e apresenta os resultados obtidos. O capítulo sete tece as conclusões finais do trabalho e as perspectivas futuras.

1.6 Contribuições

Este trabalho apresenta como principais contribuições:

- ➔ Estudo geral do TDAH, com levantamento das implicações do transtorno no âmbito educacional;
- ➔ Revisão do uso de tecnologias computacionais com este público;
- ➔ Desenvolvimento de um protótipo de acordo com um processo de desenvolvimento específico, englobando um teste do protótipo com professores e alunos, o que permitiu a realização de melhorias no produto final;
- ➔ Realização de experimentos com alunos de duas escolas e análise estatística dos dados obtidos;
- ➔ Definição de tendências de exploração de novas tecnologias para o manejo do TDAH no contexto escolar.

Capítulo 2

Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade (TDAH)

O Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade é um transtorno neuropsicológico do desenvolvimento, de origem genética, que caracteriza-se por problemas de atenção, inquietude e impulsividade. Compromete as relações sociais e interpessoais dos seus portadores, assim como a vida acadêmica e profissional dos mesmos. Os sintomas são observados desde a tenra infância, podendo acompanhar o indivíduo até a vida adulta. Estima-se que 3 a 6% das crianças apresentem esse transtorno.

Nas últimas décadas, as pesquisas científicas sobre o TDAH se intensificaram e inúmeros trabalhos, bastante criteriosos, têm sido publicados nessa área. Segundo a Associação Médica Americana, o TDAH hoje é um transtorno muito bem definido, com validade superior à maioria dos transtornos mentais. Da mesma forma, observamos também um grande avanço das pesquisas na área de informática, que vem ocupando cada vez mais espaços em diferentes campos de aplicação, inclusive na clínica médica.

Neste capítulo fazemos uma apresentação geral do TDAH e, ao final, descrevemos algumas aplicações computacionais encontradas na literatura, envolvendo a avaliação e a reabilitação de funções cognitivas relacionadas ao TDAH, tais como atenção, memória, e funções executivas.

2.1 Histórico

As primeiras referências a hiperatividade e desatenção na literatura não médica datam da metade do século XIX. A primeira descrição do transtorno em um jornal médico foi feita pelo pediatra George Still, em 1902. A partir daí, o transtorno recebeu várias denominações diferentes, em função dos diversos

estudos realizados no sentido de melhor definir as características do transtorno e identificar suas possíveis causas. Hoje, o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, como é atualmente designado pela Associação Americana de Psiquiatria, é um transtorno bem pesquisado, ainda que com um quadro clínico bastante heterogêneo e com definições etiológicas ainda imprecisas.

A revisão histórica apresentada a seguir foi resumidamente extraída do livro *Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade – Atualização Diagnóstica e Terapêutica*, de Edyleine Benczik[2000,pp.21-23]:

“Em 1902, George Still descreveu um problema em crianças que ele denominou como ‘um defeito na conduta moral’. Ele notou que esse problema resultava em uma inabilidade da criança para internalizar regras e limites, como também em uma manifestação de sintomas de inquietação, desatenção e impaciência. Still notificou que esses comportamentos poderiam ser resultados de danos cerebrais, hereditariedade, disfunção ou problemas ambientais.

Em 1937, o médico Charles Bradley, enquanto trabalhava com crianças emocionalmente perturbadas em uma clínica psiquiátrica infantil, experimentou medicações estimulantes. Foi observada uma notável diferença nas respostas das crianças. Por um período de tempo elas ficavam mais calmas, mais positivas, menos opositoras, prestavam mais atenção e pareciam aprender melhor.

Na década de 40 surgiu a designação Lesão Cerebral Mínima. A utilização desse termo apoiou-se muito nas evidências que demonstravam associações de alterações comportamentais, principalmente hiperatividade, com lesões do sistema nervoso central. Dessa forma, o transtorno foi inicialmente definido como um distúrbio neurológico, vinculado a uma lesão cerebral.

A partir de 1962, as hipóteses de lesão cerebral levantadas não se confirmaram e as crianças foram então referidas como exibindo uma “disfunção cerebral”, sendo a síndrome designada de Disfunção Cerebral Mínima.

A partir dos anos 60, surgiu a necessidade de definir essa síndrome sob uma perspectiva mais funcional. O manual de estatística e diagnóstico DSM-II utilizou o termo Reação Hipercinética para descrever a síndrome, considerando a atividade motora excessiva como o sintoma primordial.

Na década de 70, a Classificação Internacional de Doenças, o CID-9, manteve uma denominação semelhante: Síndrome Hipercinética.

A partir da década de 80, com o resultado de diversas investigações, o DSM-III alterou o termo para Distúrbio do Déficit de Atenção, e foram ressaltados os aspectos cognitivos da definição da síndrome, principalmente o déficit de atenção e a falta de autocontrole ou impulsividade.

O DSM-III, revisado em 1987, enfatizou novamente a hiperatividade, alterando o nome do transtorno para Distúrbio de Hiperatividade com Déficit de Atenção.

Em 1993, o CID-10 manteve a nomenclatura como Transtornos Hipercinéticos.

O DSM-IV, em 1994, denominou como Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade, utilizando como critério dois grupos de sintomas de mesmo peso para diagnóstico: desatenção e hiperatividade/impulsividade.”

2.2 Características

A característica essencial do Transtorno de déficit de Atenção / Hiperatividade é um padrão persistente de desatenção e/ou hiperatividade, mais freqüente e severo do que aquele tipicamente observado em crianças de mesma idade, em nível equivalente de desenvolvimento [Benczik,2000].

Manifestação dos sintomas de desatenção:

As crianças com TDAH distraem-se facilmente com estímulos sem importância e interrompem a tarefa que estão realizando para dar atenção a barulhos e ruídos externos que são facilmente ignorados por outras crianças. Apresentam dificuldade para prestar atenção a detalhes e usualmente cometem erros por descuido em atividades escolares.

Elas tendem a esquecer coisas nas atividades diárias, esquecem-se de levar o material necessário para a escola, de entregar os trabalhos, do dia da prova e de dar recados importantes.

Situações que exigam esforço mental e concentração são vivenciadas por elas como desagradáveis e acentuadamente aversivas, o que resulta em uma baixa

capacidade para acompanhar instruções longas ou concluir tarefas escolares ou domésticas.

Ainda em decorrência dos baixos níveis de atenção, a criança com TDAH apresenta pouca coordenação motora, sendo usualmente rotulada de “desajeitada” ou “desastrada”.

Nas situações sociais, a desatenção é marcada por freqüentes mudanças de assunto, falta de atenção sobre o que os outros dizem, distração durante as conversas e em relação a detalhes ou regras em jogos ou atividades [Benczik,2000], [Andrade,2003].

Manifestação dos sintomas de hiperatividade:

A hiperatividade pode manifestar-se por meio de inquietação. Ou seja, remexer-se na cadeira, não permanecer sentado quando deveria, correr ou subir excessivamente em coisas (quando isto é inapropriado), dificuldade em brincar ou ficar em silêncio durante as atividades de lazer, parecer estar “a todo vapor” ou “cheio de gás”, ou, ainda, falar em excesso [Andrade,2003].

Manifestação dos sintomas de impulsividade:

O comportamento de toda crianças é inicialmente controlado pelos adultos, segundo certas normas, que acabam sendo internalizadas pelas crianças no decorrer de seu desenvolvimento, de forma que o controle externo dá lugar ao autocontrole. Esse processo encontra-se alterado nas crianças com TDAH, onde a conduta impulsiva aparece como um aspecto relevante, observando-se uma tendência à satisfação imediata de seus desejos e pouca tolerância à frustração.

A impulsividade pode manifestar-se ainda como impaciência, respostas precipitadas, sem aguardar o término das perguntas, dificuldades para aguardar a vez em uma fila, interrupção freqüente ou intrusão nos assuntos dos outros [Benczik,2000].

Em razão do conjunto de indicadores presentes na observação da criança, o transtorno pode subdividir-se nos seguintes tipos [DSM-IV,1994]:

A. Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade do tipo predominantemente hiperativo / impulsivo;

B. Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade do tipo predominantemente desatento;

C. Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade do tipo combinado.

O tipo com predomínio de sintomas de desatenção é mais freqüente no sexo feminino e parece apresentar, conjuntamente com o tipo combinado, uma taxa mais elevada de prejuízo acadêmico. As crianças com TDAH com predomínio de sintomas de hiperatividade/impulsividade são, por outro lado, mais agressivas e impulsivas do que aquelas com os outros dois tipos e tendem a apresentar altas taxas de impopularidade e de rejeição pelos colegas. O tipo combinado apresenta um maior prejuízo no funcionamento global quando comparado aos dois outros grupos [Rohde,2000].

As manifestações comportamentais geralmente aparecem em múltiplos contextos, incluindo a própria casa, a escola, ou situações sociais. É raro um indivíduo apresentar o mesmo nível de disfunção em todos os contextos ou, dentro do mesmo contexto, em todos os momentos. Os sintomas tipicamente pioram em situações que exijam atenção ou esforço mental constante ou que não possuem um apelo ou novidade intrínsecos, como por exemplo, escutar ou ler materiais extensos ou trabalhar em tarefas monótonas e repetitivas [Benczik,2000].

Os sinais do transtorno podem ser mínimos ou estarem ausentes quando o indivíduo se encontra sob um controle rígido, em um contexto novo, envolvido em atividades muito interessantes, ou ainda, em uma situação a dois (no consultório ou com uma professora particular, por exemplo). Em situações de grupo, os sintomas são intensificados [Hallowell,1999].

2.3 Prevalência

A prevalência do TDAH varia nos diferentes países, bem como dentro de um mesmo país. Nos Estados Unidos, as taxas de prevalência estão entre 3 e 6% [Benczik,2000]; na Alemanha, 8,7% [Baumgaertel,1995]; na Inglaterra, 1% [Esser,1990];

A prevalência depende de inúmeros fatores, incluindo a população estudada, os métodos de avaliação utilizados, os critérios diagnósticos empregados e a fonte de informação utilizada [Barbosa,2003].

Os estudos de Jensen[1995,1999] apontaram a variação da prevalência em função das fontes de informação: se somente os pais, se os pais e as crianças, ou se pais, professores e médicos são entrevistados. Sabe-se que os pais e a própria crianças tendem a subestimar a prevalência do TDAH, enquanto os professores tendem a superestimar [Benczik,2000].

O DSM-IV estima a prevalência entre 5 e 13% nas crianças em idade escolar. Rohde e colaboradores [Rohde,1999], em uma pesquisa realizada no Rio Grande do Sul com adolescentes entre 12 e 14 anos, por meio de critérios do DSM-IV, encontrou uma prevalência de 5,8%.

A preponderância do TDAH no sexo masculino sobre o sexo feminino é relatada em vários estudos de populações, independentemente de critérios diagnósticos ou métodos de levantamento. A proporção de menino para menina varia de 4:1 a 9:1 [Benczik,2000]. Alguns autores, porém, afirmam que as meninas são subdiagnosticadas porque têm poucos sintomas de agressividade/impulsividade e baixas taxas de transtorno de conduta [Biederman,1999a].

2.4 Etiologia

Apesar do grande número de estudos já realizados, as causas precisas do TDAH ainda são desconhecidas. Entretanto, a influência de fatores genéticos e ambientais no seu desenvolvimento é amplamente aceita na literatura. A seguir, abordamos os aspectos ambientais e genéticos envolvidos no TDAH, com base no levantamento realizado por Schmitz[2003]:

Fatores Ambientais: Alguns estudos têm mostrado uma associação positiva entre TDAH e algumas adversidades psicossociais, tais como discórdia marital severa, classe social baixa, família muito numerosa, criminalidade dos pais, adoção, entre outras [Biederman,1995]. Estudos também têm mostrado que o uso de álcool e nicotina pela mãe, durante a gravidez, parece agir como fatores de

risco para o TDAH [Mick,2002]. Os estudos, porém, apenas evidenciam uma associação entre esses fatores ambientais e o TDAH, não sendo possível estabelecer uma relação clara de causa e efeito entre eles [Faraone,1998a].

Fatores genéticos: Estudos genéticos clássicos sugerem uma contribuição genética substancial no TDAH. O risco para o TDAH parece ser de duas a oito vezes maior nos pais das crianças afetadas do que na população em geral [Epstein,2000]. Além disso, irmãos de pacientes com TDAH apresentam uma prevalência maior da doença do que meio-irmãos [Thapar,1999].

Segundo Schmitz[2003], investigações envolvendo gêmeos monozigóticos e dizigóticos apontam uma herdabilidade bastante alta, ultrapassando 0,70 em vários desses estudos, o que sugere uma forte influência genética. O fato de a herdabilidade ser menor do que 1, entretanto, também é uma evidência da existência de fatores ambientais contribuindo para a etiologia do TDAH.

Estudos com adotados permitem distinguir melhor os efeitos genéticos dos ambientais. Alguns desses estudos indicam prevalência maior entre parentes biológicos do que entre parentes adotivos [Sprich,2000], confirmando a importante contribuição dos fatores genéticos para a etiologia do TDAH.

Uma vez evidenciada a existência desses fatores genéticos, estudos moleculares buscam identificar de forma mais específica quais os genes que estariam envolvidos na neurobiologia do transtorno. Acredita-se que vários genes de pequeno efeito sejam responsáveis por uma suscetibilidade genética ao TDAH [Schimitz,2003].

De acordo com a revisão publicada por Rohde[2004], o sistema dopaminérgico vem sendo o foco da maioria dos estudos moleculares com o TDAH. Praticamente todos os genes desse sistema já foram objeto de estudo. Alguns poucos estudos já foram realizados até o momento com genes do sistema noradrenérgico. Recentemente, uma possível influência do sistema serotoninérgico na etiologia do TDAH também foi investigada. Esses sistemas serão vistos na próxima seção. Os resultados, segundo o autor, ainda são bastante contraditórios. Nenhum dos genes investigados pode ser considerado como necessário ou suficiente ao desenvolvimento do transtorno. O autor pondera, ainda, que esse panorama indefinido se deva, em grande parte, a heterogeneidade etiológica do

transtorno, representada pela alta complexidade clínica da doença, e que o futuro do estudo da etiologia do TDAH deverá envolver a definição de possíveis “subfenótipos”, onde essa heterogeneidade estaria reduzida.

2.4.1 Neurobiologia

De acordo com a literatura, os sintomas do TDAH são originados por disfunções no funcionamento cerebral, mais especificamente no córtex pré-frontal, supondo-se que diferentes sistemas de neurotransmissores devam estar envolvidos.

Algumas teorias têm sido propostas para explicar a fisiopatologia do TDAH, como veremos a seguir, com base na revisão publicada pela psiquiatra Claudia Szobot e pela neurologista Isa Stone[2003]:

Teoria dopaminérgica – considera que um déficit de dopamina nas regiões corticais seria responsável pela manifestação dos sintomas do TDAH[Levy,1991]. O principal suporte para essa teoria surgiu da observação de que o metilfenidato, fármaco muito utilizado no tratamento do TDAH, aumenta a disponibilidade de dopamina na fenda sináptica, em regiões bem específicas do cérebro [Vaidya,1998].

Teoria noradrenérgica – propõe o envolvimento de circuitos noradrenérgicos no aparecimento dos sintomas do TDAH, uma vez que os circuitos frontosubcorticais, possivelmente implicados no TDAH, são ricos tanto em dopamina quanto em noradrenalina [Faraone,1998b]. Além disso, a dopamina é sintetizada, em geral, no processo de síntese da noradrenalina. Outros fármacos psicoativos eficazes no tratamento do TDAH, como antidepressivos tricíclicos, que são inibidores do transportador de noradrenalina, têm suportado essa teoria [Bierdeman,1999b].

Teoria unificada dopamina/noradrenalina – Dois sistemas neuroanatômicos distintos, o anterior e o posterior, poderiam estar envolvidos na origem e na manutenção do TDAH. O sistema anterior, primariamente dopaminérgico, envolveria sobretudo áreas corticais frontais. Já o sistema

posterior, noradrenérgico, incluiria áreas como região parietal e o lócus coeruleus Barkley[1997a].

Teoria serotoninérgica – propõe que em algumas formas do TDAH, a hiperatividade possa ser mediada pela serotonina. Essa teoria é apoiada por estudos em cobaias onde agentes serotoninérgicos reverteram a intensa atividade motora. Outros estudos sugerem, ainda, uma interação entre o sistema dopaminérgico e serotoninérgico, no qual a serotonina regularia a liberação da dopamina em algumas áreas, influenciando, assim, os comportamentos mediados por esse neurotransmissor [Kennedy,2001].

Os exames de neuroimagem, apesar de não terem ainda função clínico-diagnóstica, têm contribuído significativamente para o maior conhecimento da base neurobiológica do TDAH. Os principais métodos de neuroimagem funcional são a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a tomografia por emissão de fótons únicos (SPECT). Os dois métodos requerem radiofármacos que marcarão a atividade cerebral, ou a ligação a receptores neuronais, que posteriormente será quantificada por meio de diferentes técnicas.

As imagens abaixo, do córtex pré-frontal de uma pessoa com TDAH, geradas por SPECT, foram extraídas do livro de Amen [Amen,2000]. A primeira imagem ilustra a boa atividade geral do cérebro durante o repouso. A segunda imagem, obtida em estado de concentração, aponta um acentuado decréscimo da atividade do córtex pré-frontal.

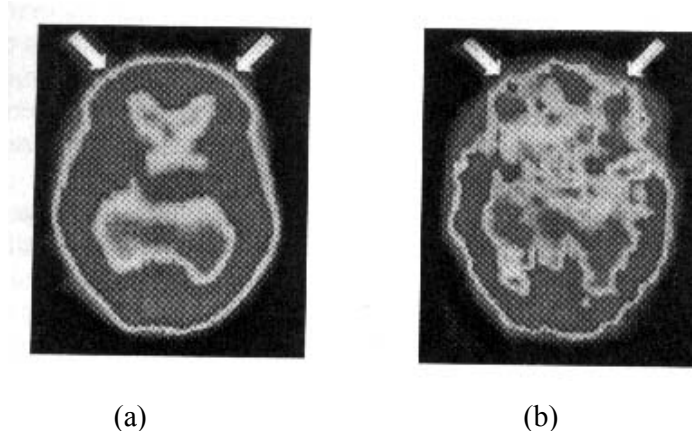


Figura 2.1 – Imagens SPECT do cérebro, apontando a atividade do córtex pré-frontal (a) em repouso, atividade normal; (b) em concentração, atividade diminuída;

2.4.2 Neuroanatomia

A tecnologia de ressonância magnética tem sido aplicada em estudos objetivando um melhor entendimento da neuroanatomia do TDAH. Análises morfométricas têm identificado diferenças no cérebro de crianças com TDAH em comparação com crianças de controle sem o transtorno.

De acordo com o estudo publicado por Castallanos[2004], onde o autor apresenta uma revisão de diversas pesquisas envolvendo a utilização da ressonância magnética com crianças e adolescentes com TDAH., as crianças portadoras do transtorno apresentam uma redução de 3-4% do volume do cérebro, envolvendo os quatro principais lobos cerebrais, quando comparado com crianças de controle.

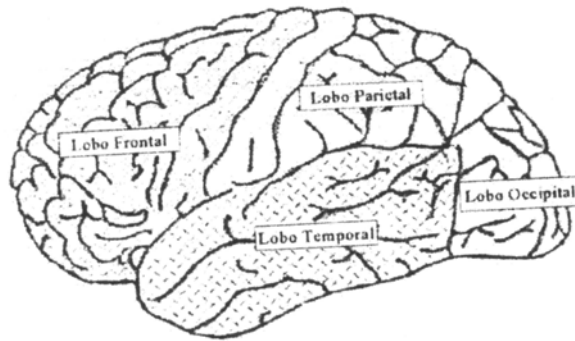


Figura 2.2 – Vista lateral do cérebro, apresentado os quatro lobos cerebrais [Grieve,1993]

Estudos envolvendo as áreas pré-frontais do cérebro apontaram que crianças com TDAH apresentam as subregiões direita e esquerda do córtex pré-frontal simétricas, enquanto que, no desenvolvimento normal, a subregião direita é ligeiramente maior.

O autor relaciona, ainda, diversos estudos onde os gânglios basais também aparecem com o volume diminuído e com perda da assimetria em crianças com TDAH, assim como o cerebelo, que também apresenta menor volume nos portadores do transtorno.

2.4.3 Neuropsicologia

As diversas pesquisas já realizadas até o momento parecem convergir para conclusão de que o TDAH ocorra como uma disfunção no córtex pré-frontal e suas conexões com o circuito subcortical e com o córtex parietal. Não obstante, não existe ainda uma definição clara de quais seriam os déficits neuropsicológicos básicos constituintes do transtorno.

Atualmente existem numerosas evidências de que os sintomas básicos que configuram o TDAH sejam uma consequência de disfunções do sistema executivo[Carpintero,2001]. Mattos[2003] corrobora essa idéia ponderando que diversas queixas apresentadas pelos portadores do TDAH, tais como dificuldade para tomar iniciativas (especialmente sem estímulo externo), planejar, estabelecer prioridades; falta de monitoramento em relação ao tempo e aos prazos; lentidão e inconsistência no desempenho (ora o trabalho é satisfatório, ora deixa a desejar); declínio rápido da motivação após um momento inicial de entusiasmo; interrupção de tarefas antes de concluí-las; baixa tolerância a frustração e problemas com a memória, requerem muitas das funções basicamente entendidas como executivas. Barkley[1997b] também aborda o TDAH como um típico transtorno das funções executivas, onde a inibição comportamental exerce um papel preponderante.

Essas evidências parecem se confirmar especialmente para as crianças com TDAH dos subtipos hiperativo e combinado, tendendo a fortalecer a linha de pensamento de que esses dois subtipos do TDAH constituiriam um grupo diferente dos predominantemente desatentos, indicando a existência de dois transtornos diferentes [Carpintero,2001].

As funções executivas compreendem uma classe de atividades altamente sofisticadas, que capacitam o indivíduo no desempenho de ações voluntárias, independentes, autônomas, auto-organizadas e orientadas para metas específicas.

Em conjunto, englobam todos os processos responsáveis por focalizar, direcionar, regular, gerenciar e integrar funções cognitivas, emoções e comportamentos, visando à realização de tarefas simples de rotina e também, principalmente, à solução ativa de problemas novos [Mattos,2003].

Esta coleção de funções reguladoras ou de gerenciamento abrange subdomínios específicos do comportamento, que incluem:

- a) gerar intenções (volição);
- b) iniciar ações;
- c) selecionar alvos;
- d) inibir estímulos competitivos;
- e) planejar e prever meios de resolver problemas complexos;
- f) antecipar conseqüências;
- g) mudar as estratégias de modo flexível, quando necessário;
- h) monitorar o comportamento passo a passo, comparando os resultados parciais com o plano original;

De acordo com Carpintero[2001] as atenções seletiva, dividida e sustentada são os instrumentos que permitem ao sujeito o exercício das funções executivas. A atenção seletiva estaria relacionada com a capacidade de manter a atenção em face de estímulos distratores que competem com a atenção do sujeito. Seus possíveis substratos neurais parecem estar distribuídos em uma rede que implica estruturas de linha média e gânglios basais. A atenção sustentada, normalmente chamada de concentração, é a que permite ao sujeito manter a atenção focada em um estímulo ou tarefa durante períodos prolongados de tempo. Parece depender anatomicamente do sistema de conexões frontoparietal direito. A atenção dividida refere-se à capacidade de focar a atenção em mais de um processo ou estímulo relevante ao mesmo tempo. Seu suporte neural depende do córtex pré-frontal dorsolateral e da porção anterior da circunvolução do cíngulo.

A memória de trabalho, da mesma forma que o sistema atencional, vai funcionar como um sistema subsidiário das funções executivas, permitindo que o sujeito possa ter uma continuidade de percepção tempo-espacial que lhe permita operar sobre as informações que possui e possa manter constantemente presente e disponível os objetivos da sua ação e as estratégias traçadas para a sua execução [Carpintero,2001].

A memória de trabalho compreende componentes funcionais da cognição que permitem ao ser humano compreender e mentalmente representar seu ambiente imediato, manter informações sobre sua experiência passada recente, dar suporte a aquisição de novos conhecimentos, resolver problemas e formular, relacionar e agir sobre objetivos atuais [Baddeley,1986].

Parente[1996] propõe o seguinte modelo de memória:

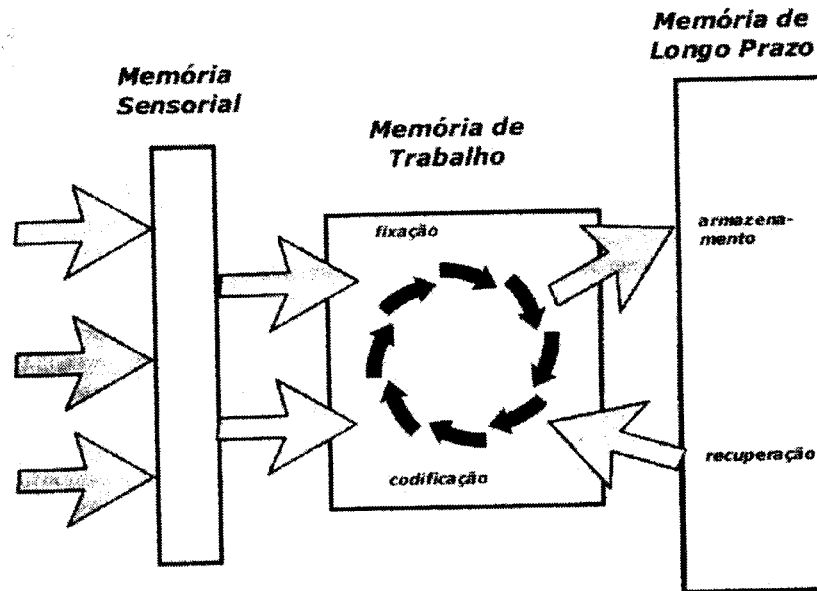


Fig. 2.3 – Modelo de memória [Parente,1996]

A memória sensorial corresponde ao breve processamento das informações recebidas pelos órgãos dos sentidos e dura apenas alguns milissegundos. Inclui estímulos visuais, auditivos, táteis e proprioceptivos. A memória de trabalho seria a responsável pelo processamento de informações, de forma que elas possam ser armazenadas e recuperadas com facilidade. Dois aspectos estariam envolvidos neste trabalho: O primeiro relaciona-se com a capacidade de fixar informações e mantê-las na memória por determinado período de tempo (vários segundos), para posterior processamento. O segundo, envolve a habilidade de transformar informações em uma forma que possam ser facilmente armazenadas e recuperadas. A memória de longo prazo armazena informações por períodos de tempo que podem variar de poucos segundos a muitos anos. Uma vez

que a informação já foi transformada na memória de trabalho, ela é armazenada na memória de longo prazo e recuperada sempre que a pessoa necessite utilizá-la novamente.

Diversos estudos têm verificado a existência de déficits relacionados à memória de trabalho nos portadores de TDAH [Mealer,1996], [Barkley,1996]. De acordo com Conners[1996], sem memória de trabalho existe apenas uma reação automática aos eventos sensoriais e aos eventos passados fixados na memória, que são inflexíveis em face à realidade transitória. Dessa forma, os pacientes com TDAH não conseguem se adaptar às eventualidades cotidianas da mesma forma que os não portadores.

2.5 Evolução

Os aspectos da hiperatividade e da impulsividade motora aparecem frequentemente dentro dos primeiros quatro anos de vida. A maioria dos pais observa pela primeira vez o excesso de atividade motora quando as crianças ainda estão engatinhando.

Na idade escolar, persiste a sintomatologia primária e começa a manifestar-se uma série de perturbações secundárias, que afetam sobretudo as relações interpessoais e a aprendizagem escolar.

A adolescência é marcada por problemas contínuos com a escola. Aproximadamente 65 a 85% desses adolescentes continuarão a mostrar desatenção, inquietação e hiperatividade até aos 18 anos [Benczik,2000].

Há algum tempo, acreditava-se que com a idade e com o amadurecimento, a criança deixaria de apresentar os sintomas do TDAH. O que se observa hoje, porém, é que o TDAH permanece na adolescência e na vida adulta, com um padrão semelhante ao descrito em crianças, apenas com alterações nas manifestações dos sintomas, em razão da faixa etária [Halowell,1999].

Ao longo do desenvolvimento, o TDAH está associado com um risco aumentado de baixo desempenho escolar, repetência, expulsões e suspensão escolares, relações difíceis com familiares e colegas, desenvolvimento de ansiedade, depressão, baixa auto-estima, problemas de conduta e delinquência,

experimentação e abuso de drogas precoces, acidentes de carro e multas por excesso de velocidade, assim como dificuldades de relacionamento na vida adulta, no casamento e no trabalho. Parte dessa evolução, entretanto, pode estar associada à presença de comorbidade com transtornos de conduta, e não só ao TDAH [Rohde,2004].

2.6 Diagnóstico

O diagnóstico do TDAH é fundamentalmente clínico, com base em critérios operacionais claros e bem definidos, provenientes de sistemas classificatórios como o DSM-IV[1994] ou a CID-10[1993], os dois principais manuais internacionais de diagnósticos, elaborados, respectivamente, pela Associação Psiquiátrica Americana e pela Organização Mundial de Saúde.

A Associação Norte-Americana de Psiquiatria da Infância e Adolescência e a Associação Médica Norte-Americana são categóricas ao afirmar que exames de neuroimagem, neurofisiológicos (EEG) e testes neuropsicológicos são promissoras ferramentas diagnósticas, mas ainda estão reservadas para ambiente de pesquisa. [Rohde,2003]

O TDAH é um diagnóstico comparativo, dependendo não apenas da presença dos sintomas, mas também da intensidade e duração desses. Ao consultar um médico, este deverá verificar: se a pessoa apresenta os sintomas de TDAH; se, no caso de adultos, apresenta os sintomas desde criança; se os sintomas aparecem em grau muito maior do que os de outras pessoas de mesma idade mental e se não há outro diagnóstico capaz de explicar os sintomas; Então, um diagnóstico presumível de TDAH pode ser feito [Hallowell,1999].

Critério diagnóstico, segundo o DSM-IV:

A. Ou 1 ou 2:

1. Se seis ou mais dos seguintes sintomas de desatenção, persistirem por pelo menos seis meses, em grau mal adaptativo e inconsistente com o nível de desenvolvimento:

Desatenção:

- a. frequentemente deixa de prestar atenção a detalhes ou comete erros por descuido em atividades escolares, de trabalho ou outras;
- b. com frequência tem dificuldade para manter a atenção em tarefas ou atividades lúdicas;
- c. com frequência parece não escutar quando lhe dirigem a palavra;
- d. com frequência não segue instruções e não termina seus deveres escolares, tarefas domésticas ou deveres profissionais (não devido a comportamento de oposição ou capacidade de compreender instruções);
- e. com frequência tem dificuldade para organizar tarefas e atividades;
- f. com frequência evita, antipatiza ou reluta a envolver-se em tarefas que exijam esforço mental constante (como tarefas escolares ou deveres de casa);
- g. com frequência perde coisas necessárias para tarefas ou atividades (por exemplo brinquedos, tarefas escolares, lápis, livros ou outros materiais);
- h. é facilmente distraído por estímulos alheios à tarefa;
- i. com frequência apresenta esquecimento em atividades diárias;

2. Se seis ou mais dos seguintes sintomas de hiperatividade persistirem por pelo menos seis meses, em grau mal adaptativo e inconsistente com o nível de desenvolvimento:

Hiperatividade:

- a. frequentemente agita as mãos ou os pés ou se remexe na cadeira;
- b. frequentemente abandona sua cadeira em sala de aula ou outras situações nas quais se espera que permaneça sentado;
- c. frequentemente corre ou escala em demasia, em situações nas quais isto é inapropriado (em adolescentes e adultos, pode estar limitado a sensações subjetivas de inquietação);
- d. com frequência tem dificuldade para brincar ou se envolver silenciosamente em atividades de lazer;
- e. está frequentemente “a mil” ou muitas vezes age como se estivesse “a todo vapor”;
- f. frequentemente fala em demasia;

Impulsividade:

g. frequentemente dá respostas precipitadas, antes de as perguntas terem sido completamente formuladas;

h. com freqüência tem dificuldade para aguardar a sua vez;

i. frequentemente interrompe ou se intromete em assuntos alheios (por ex. em conversas ou brincadeiras).

B. Alguns sintomas de hiperatividade/impulsividade ou desatenção causadores de comprometimento estavam presentes antes dos 7 anos de idade.

C. Algum comprometimento causado pelos sintomas está presente em dois ou mais contextos (por ex. na escola ou trabalho, e em casa).

D. Deve haver claras evidências de comprometimento clinicamente importante no funcionamento social, acadêmico ou profissional.

E. Os sintomas não ocorrem exclusivamente durante o curso de um Transtorno Global do desenvolvimento, Esquizofrenia ou outro Transtorno Psicótico, nem podem ser mais bem explicados por outro transtorno mental (p. ex., Transtorno do Humor, Transtorno de Ansiedade, Transtorno Dissociativo ou Transtorno da Personalidade).

Classificação diagnóstica, segundo o CID-10:

F90 - Transtornos hipercinéticos:

Grupo de transtornos caracterizados por início precoce (habitualmente durante os cinco primeiros anos de vida), falta de perseverança nas atividades que exigem um envolvimento cognitivo, e uma tendência a passar de uma atividade a outra sem acabar nenhuma, associadas a uma atividade global desorganizada, não coordenada e excessiva. Os transtornos podem se acompanhar de outras anomalias. As crianças hipercinéticas são freqüentemente imprudentes e impulsivas, sujeitas a acidentes e incorrem em problemas disciplinares mais por infrações não premeditadas de regras que por desafio deliberado. Suas relações com os adultos são freqüentemente marcadas por uma ausência de inibição social, com falta de cautela e reserva normais. São impopulares com as outras crianças e podem se tornar isoladas socialmente. Estes transtornos se acompanham freqüentemente de um déficit cognitivo e de um retardo específico do

desenvolvimento da motricidade e da linguagem. As complicações secundárias incluem um comportamento dissocial e uma perda de auto-estima.

Aliado à história clínica do paciente e à observação do seu comportamento atual, o relato dos pais e professores sobre o funcionamento da criança nos diversos ambientes que frequenta também deve ser considerado na base do diagnóstico do TDAH [Rohde,2004]. Escalas de sinais e sintomas de TDAH e de comportamento, também têm seu uso consagrado como avaliações complementares. A avaliação neurológica é relevante para a exclusão de patologias neurológicas que possam mimetizar o TDAH ou como reforço para o diagnóstico [Rohde,2004].

Entre as escalas disponíveis para preenchimento por professores mais utilizadas nas clínicas e em pesquisas, temos: a escala de Conners[1998], a escala abrangente de pontuação para professores [Achenbach,1991], a SNAP-IV [Swanson,2001], e o inventário de comportamentos da infância e da adolescência – ficha de relato de professores [AACAP,1997]. Na avaliação neuropsicológica, a bateria que fornece mais informações relevantes clinicamente é a Wechsler Intelligence Scale for Children [Wechsler,1991], atualmente na sua terceira edição (WISC-III) [Rohde,2003].

2.7 Comorbidades

Comorbidade é o termo utilizado para designar a ocorrência de dois ou mais transtornos em um mesmo indivíduo. Uma característica marcante do TDAH é sua alta taxa de comorbidade. Em crianças, calcula-se que mais da metade dos casos ocorram acompanhados de outros transtornos. Em adultos, estima-se que esse índice seja ainda maior [Cabral,2005].

Na infância, as condições comórbidas mais comuns são os transtornos específicos do aprendizado, que veremos na seção 3.3, e os transtornos disruptivos do comportamento (transtorno desafiador de oposição e transtorno de conduta), com prevalências situadas em torno de 30 a 50%. Em seguida, com taxas de comorbidades um pouco inferiores, porém ainda significativas, encontramos os

transtornos de humor bi-polar, transtornos de ansiedade, transtornos depressivos, e transtornos de tiques [Rohde,2004].

A presença de comorbidade pode agravar bastante o quadro do TDAH, sendo necessário tratamento específico também para o segundo diagnóstico [Souza,2003].

A seguir são apresentadas as características clínicas de diversos transtornos, assim como as prevalências das comorbidades desses transtornos com o TDAH, com base na revisão literária realizada pelas psiquiatras da UFRJ Isabelle Souza e Maria Antonia Pinheiro [Souza,2003]:

Transtorno Desafiador de Oposição (TDO)

O Transtorno Desafiador de Oposição caracteriza-se por um comportamento desafiador, opositivo e implicante em relação a figuras de autoridade, em especial pais e professores, bem como colegas, além de um humor facilmente irritável. O quadro clínico pode ser bastante variado. É geralmente uma exacerbação de aspectos normais do desenvolvimento e educação infantis, não chegando aos níveis graves de violação de regras que ocorrem no transtorno de conduta. No geral, as crianças com TDO implicam de forma constante com pais e professores, desobedecendo ativa ou passivamente a seus comandos, o que resulta em respostas de raiva, punitivas ou de crítica, durante as quais a criança responde discutindo, culpando os outros ou tendo acessos de raiva. A criança com TDO apresenta, em geral, baixa auto-estima devido às freqüentes críticas que recebe e pela sensação de que está sendo injustamente criticada e punida. Esse padrão de comportamento gera conseqüências negativas a longo prazo, e está associada a vários marcadores de mau prognóstico na vida adulta.

A prevalência de TDO em pacientes com TDAH depende da amostra estudada, se clínica ou populacional, e da fonte de informações. A maioria dos estudos encontra níveis de 35 a 65% de ocorrência simultânea de TDO em pacientes com TDAH.

Segundo os professores, a freqüência de TDAH em crianças com TDO chega a 90%, já os pais classificam 40 a 60% das crianças com TDO como tendo também TDAH. Essa discrepância pode estar associada a demandas de uma sala de aula, como as que determinam que o aluno deva permanecer sentado, quieto e

sem conversar, solicitações que podem ser extremamente difíceis de ser atendidas por um paciente com TDAH, levando-o a um padrão sistemático de violação de regras.

Transtorno de Conduta (TC)

O TC caracteriza-se por um padrão de comportamento em que se desrespeitam os direitos básicos dos outros, tais como a integridade física e a propriedade. Diferentemente do TDO, aqui as alterações de conduta se manifestam não só por um desvio quantitativo do padrão normal de pequenas violações presente na infância, mas pela presença freqüente de comportamentos francamente anormais, tais como assalto e destruição da propriedade alheia. Esses pacientes são muito difíceis de tratar, e têm suas relações familiares, sociais e escolares muito deterioradas. São exemplos de comportamento de TC: mentiras freqüentes, fuga de casa, roubo, crueldade com animais e pessoas, ausência não autorizada da escola, abuso sexual.

A freqüência estimada dessa ocorrência simultânea é de 20 a 50% dos casos de TDAH em amostras clínicas e epidemiológicas. A idade da amostra também é um fator importante, uma vez que a incidência de TC aumenta com a idade. Estudos também mostram que a incidência de co-morbidade é maior entre o sexo masculino do que entre o sexo feminino. Em relação aos subtipos de TDAH, os estudos indicam maior ocorrência de TC no subtipo hiperativo/impulsivo, seguido do combinado e, por último, o desatento.

Transtorno de Humor Bipolar

É um transtorno cerebral que ocasiona flutuações imprevisíveis de humor. O indivíduo portador deste transtorno evolui a partir de um estado emocional elevado, conhecido como Mania, para um estado baixo, conhecido como Depressão. A doença evolui por ciclos entre esses altos e baixos.

Em adultos, a mania é caracterizada pela presença de humor exaltado, euforia, idéias de grandiosidade e agitação psicomotora, evoluindo, em alguns casos, para delírios e alucinações. Em crianças, são observados sintomas mistos, duração mais crônica do que episódica e aumento da irritabilidade e da

agressividade, com episódios de explosão de agressividade. Ao contrário do que ocorre na idade adulta, o prognóstico de mania em crianças é difícil, uma vez que os sintomas podem ser confundidos com outros diagnósticos psiquiátricos tais como depressão, TDAH, psicose ou transtorno de conduta grave. Em grande número de casos ocorre a co-morbidade de vários diagnósticos.

Mania e TDAH podem ocorrer simultaneamente e representar uma comorbidade psiquiátrica, sendo que, em alguns estudos clínicos, até 91% das crianças com diagnóstico de transtorno bipolar preenchem critérios para TDAH, e a ocorrência de transtorno bipolar em crianças com TDAH chega a 10% em alguns estudos.

Transtorno de Ansiedade

Crianças portadoras de transtornos de ansiedade demonstram medos ou preocupações excessivas, que atrapalham a adaptação acadêmica, social e familiar. Eventos cotidianos como idas ao médico ou dentista, viagens de férias, estada na casa de um amigo ou determinados problemas familiares tornam-se situações de extrema ansiedade e sofrimento. Crianças com ansiedade mostram-se muito preocupadas quanto ao seu desempenho em situações acadêmicas, familiares e sociais. É comum o medo de que os pais se separem ou de terem feito alguma coisa errada. Eventos futuros também são fontes de preocupação. Crianças ansiosas costumam queixar-se de cefaléia e dores na barriga.

Os transtornos ansiosos se dividem em transtorno de ansiedade generalizada, transtorno de ansiedade de separação, transtorno de ansiedade social, fobias específicas e transtorno obsessivo-compulsivo.

Em estudos com amostras clínicas, a prevalência de ansiedade em crianças portadoras de TDAH atingiu 30 a 40% das amostras. Da mesma forma, 15 a 30% das crianças com transtorno de ansiedade preenchem critérios para TDAH.

Transtorno Depressivo

A depressão na infância expressa-se por humor triste ou irritável, perda de interesse por atividades que habitualmente eram prazerosas, alterações no

apetite e no sono, lentificação psicomotora, fadiga fácil, culpa excessiva e, eventualmente, idéias de suicídio. Em crianças menores, a depressão pode manifestar-se por ausência de crescimento e ganho de peso. Crianças deprimidas apresentam alterações comportamentais tais como retraimento social, recusa em ir para a escola, irritabilidade e agressividade,

Em amostras clínicas e epidemiológicas, o diagnóstico de depressão é feito em 15 a 75% das crianças portadoras de TDAH.

Transtorno de Tiques (TT)

Tiques são movimentos ou vocalizações “repentinos, rápidos, recorrente, não rítmicos, estereotipados”. Os transtornos de tiques podem ser divididos em transtorno de Tourette, tique motor crônico, tique vocal crônico e transtorno do tique transitório. O transtorno de Tourette acarreta a existência de diversos tiques motores e pelo menos um tique vocal, que ocorre por no mínimo um ano. O tique motor crônico exclui a ocorrência de tiques vocais e o tique vocal crônico exclui tiques motores. O transtorno de tiques transitório tem duração de no máximo um ano.

Estima-se que cerca de 60% das crianças com transtorno de Tourette tenham também TDAH. Apenas uma parcela de crianças com TDAH, entretanto, tem também transtorno de Tourette. As estimativas de prevalência com outros TT são mais imprecisas, uma vez que são menos estudadas.

2.8 Tratamento

O tratamento do TDAH envolve uma abordagem múltipla, englobando intervenções psicossociais e psicofarmacológicas [Rohde2004].

* Intervenções psicossociais:

No âmbito das intervenções psicossociais, o primeiro passo deve ser educacional, através de informações claras e precisas à família a respeito do transtorno. Muitas vezes é necessário um programa de treinamento para os pais, a fim de que aprendam a manejar os sintomas dos filhos [Rohde,2000].

Intervenções no âmbito escolar também são importantes e serão abordadas no capítulo 3.

Em relação às intervenções psicossociais centradas na criança, a modalidade psicoterápica mais estudada e com maior evidência científica de eficácia sobre o controle dos sintomas do TDAH, é a cognitivo-comportamental [Benczik,2000]. O foco da terapia deve ser a mudança de velhos hábitos (adiamento crônico, desorganização, pensamentos negativos...), além do resgate da auto-confiança e da auto-estima. Várias pesquisas, entretanto, também têm demonstrado que esse tipo de técnica traz pouca melhora ao paciente. Estudos mais detalhados associados a tratamentos mais longos precisam ser considerados para que o espaço dessas intervenções no âmbito do tratamento do TDAH possa ser assegurado [Knapp,2003].

* Intervenções psicofarmacológicas:

Estudos mostram que os estimulantes e os antidepressivos podem ser de grande ajuda para os pacientes com TDAH. Cerca de 75% dos casos com TDAH apresentam melhoras significativas com o uso de alguma medicação [Benczik,2000].

A literatura claramente apresenta os estimulantes como as medicações de primeira escolha para o TDAH. Nos últimos vinte anos, vários estudos bem desenhados, controlados com placebo, estabeleceram a eficácia terapêutica dos estimulantes no tratamento dos sintomas do TDAH, como alterações comportamentais, acadêmicas e de ajustamento social [Rohde,2000].

Os estimulantes são assim denominados por causa de sua capacidade de aumentar o nível de atividade do cérebro. Essas medicações funcionam através do estímulo do neurotransmissor dopamina, que por sua vez, ajuda a evitar o fechamento ou a hipoatividade do córtex pré-frontal, como parece ocorrer no TDAH [Amen,2000].

Os antidepressivos tricíclicos podem ser considerados como segunda opção quando os estimulantes não se mostram eficazes ou apresentam efeitos colaterais que inviabilizam o seu uso [Nascimento,2003]. O Norpramin (desipramina) e o Tofranil (imipramina) aumentam o neurotransmissor norepinefrina e são especialmente úteis para as pessoas com TDAH e ansiedade ou sintomas depressivos. O Wellbutrin (bupropiona) aumenta o neurotransmissor

dopamina e é frequentemente útil para pessoas com TDAH e depressão [Amen,2000].

2.9 Aplicações Computacionais na Clínica do TDAH

Os sucessivos avanços observados na área de informática, com o surgimento e aprimoramento constante de novas tecnologias, têm contribuído para a expansão das aplicações computacionais para os mais diversos campos do conhecimento. Dessa forma, também na área das ciências da saúde, temos observado um considerável aumento da utilização dos computadores em práticas tais como avaliações neuropsicológicas, reabilitação cognitiva, atividades psicopedagógicas, entre outras.

Uma aplicação computacional que vem sendo, recentemente, objeto de diversos estudos técnico-científicos, é a aplicação de jogos digitais, não mais com fins de entretenimento, somente, mas, também, visando o aprendizado, desenvolvimento e avaliação de funções cognitivas, tais como planejamento, formulação de estratégias, atenção, memória ou resolução de problemas.

No tratamento do TDAH, alguns terapeutas têm utilizado a técnica de neurofeedback ([Butnik,2005], [Pop-Jordanova,2005], [Fox,2005]), onde jogos especiais de computador ajudam as crianças a modular conscientemente suas ondas cerebrais e, conseqüentemente, seu comportamento. Essa técnica baseia-se em estudos que afirmam que as crianças com TDAH têm dificuldade para manter estados de concentração “beta” (ondas cerebrais rápidas, de 13 a 24 ciclos por segundo, e que ocorrem durante a concentração ou estados mentais de trabalho) por períodos mais prolongados de tempo. Ao mesmo tempo, elas apresentam uma atividade excessiva de ondas “teta” (ondas cerebrais lentas, de 5 a 7 ciclos por segundo, que ocorrem durante o sonhar acordado e estados de relaxamento profundo) [Amen,2000].

A terapia por neurofeedback consiste, normalmente, de três a quatro sessões de 30 a 40 minutos por semana, em um período de seis a dez semanas. A criança, com eletrodos conectados, controla o jogo apresentado no computador

através da sua atividade cerebral. Se ela consegue manter as ondas beta ou diminuir as ondas teta, o jogo continua. O jogo pára, no entanto, se ela for incapaz de manter o estado cerebral desejado.

Neste caso, a atenção, concentração, impulsividade e formas leves de hiperatividade costumam melhorar. Também há progresso na auto-estima da criança, porque ela vê que é capaz de controlar o seu comportamento. Muitas são capazes de transferir para a escola a capacidade de concentração que desenvolvem [Monastra,2005].

Como visto na seção 2.4.3, as funções executivas, que consistem em um conjunto de processos que capacitam o indivíduo a realizar de maneira independente e autônoma atividades dirigidas a metas, mostram-se deficitárias nos portadores de TDAH. O jogo computacional intitulado “Mapa do zoológico” [Andrade,2004] foi desenvolvido para atuar, especialmente no caso do TDAH, como ferramenta auxiliar no processo diagnóstico de disfunções executivas. O jogo foi inspirado no teste neuropsicológico chamado Teste do Mapa do Zoológico, contido na Bateria *Behavioural Assessment of Disexecutive Syndrome* (BADS), utilizada para avaliar o comprometimento da função de planejamento em quadros de disfunção executiva. Ainda não existem resultados práticos em relação à utilização do jogo.

O Projeto de Reabilitação Cognitiva desenvolvido por Costa[2005] avaliou a utilização de jogos simples, que podem ser facilmente obtidos em CDs infantis ou em sites de jogos infantis, para apoiar os procedimentos de estimulação de funções cognitivas básicas. Foram utilizados três jogos digitais diferentes: um “jogo da memória”, um jogo de “quebra-cabeças” e um jogo de “siga-os-sons-e-cores”. O estudo mostrou resultados positivos quando aplicado a pacientes com déficits de atenção e memória causadas por insuficiência mental de causa não identificada.

2.10 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma visão geral do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade, abordando o quadro clínico, a etiologia, neurobiologia,

neuropsicologia, neuroanatomia, comorbidades, prevalência, evolução, critérios diagnósticos e tratamento, tomando como base estudos e revisões encontradas na literatura.

O TDAH é um transtorno de elevada prevalência, estimando-se que em cada trinta crianças, uma seja portadora do transtorno. O prognóstico não é favorável, podendo evoluir para depressão ou abuso de drogas, especialmente nos casos com comorbidades.

Nas últimas décadas grandes avanços foram feitos na direção de um melhor entendimento do transtorno. O quadro clínico já está mais bem definido, tendo sido o advento do Manual de Diagnóstico e Estatística de grande importância para a normalização das características do transtorno e obtenção de diagnósticos mais confiáveis. Uma extensa literatura, com mais de 170 estudos controlados, avaliaram a eficácia dos estimulantes em mais de 5000 crianças em idade escolar. O metilfenidato é o fármaco mais estudado e, conseqüentemente, o mais utilizado no tratamento de crianças com TDAH. As técnicas de neuroimagem (PET, SPECT, RM) têm dado valioso suporte aos estudos da neurobiologia e neuroanatomia do TDAH, que têm apontado uma diminuição global do volume cerebral nos portadores do transtorno. Pesquisas genéticas, embora não tenham encontrado ainda genes definitivos na etiologia do TDAH, apresentam também investigações promissoras.

Com a continuidade das pesquisas tecnológicas, envolvendo o desenvolvimento tanto de hardwares como de softwares, as aplicações computacionais têm atingido novas áreas de atuação, de forma que a clínica médica também têm se beneficiado dessas pesquisas. Os jogos computacionais, por exemplo, deixam de ser um simples entretenimento para serem utilizados, também, como ferramenta de apoio em avaliações neuropsicológicas ou na reabilitação de déficits de cognitivos.

No próximo capítulo, estaremos focando as principais implicações educacionais do TDAH. Abordaremos, ainda, alguns estudos envolvendo aplicações computacionais voltadas para os portadores do transtorno dentro do contexto escolar.

Capítulo 3

Implicações Educacionais do TDAH

No capítulo anterior abordamos a fisiopatologia do TDAH, passando pelas características clínicas, etiologia, critérios diagnósticos e possibilidades de tratamento.

Neste capítulo, o TDAH será abordado do ponto de vista psicopedagógico, uma vez que o TDAH exerce um grande impacto na vida educacional da criança [Benczik,2003]. Os sintomas do transtorno intensificam-se em situações de grupo, como na escola, podendo dar origem a sintomas secundários como baixa auto-estima, depressão, frustração na escola e medo de aprender coisas novas em função das frustrações passadas [Hallowell,1999]. Apesar de não ser um transtorno do aprendizado, 20 a 30% das crianças com TDAH apresentam dificuldades específicas que interferem na sua capacidade de aprender. É importante lembrar, entretanto, que nem todas as crianças com TDAH apresentam, necessariamente, dificuldades na aprendizagem. As dificuldades atencionais podem ser compensadas pelo uso de um bom potencial intelectual, interesse pelo conhecimento e condições didáticas adequadas [Moojen,2003].

Neste capítulo, serão analisadas as implicações que o TDAH pode trazer para a vida acadêmica da criança além das questões envolvidas na realização dos deveres escolares. A seguir, serão consideradas as dificuldades específicas de aprendizagem e a relação mais estreita entre TDAH e matemática. Depois apresentamos uma breve revisão das teorias educacionais, ponderando sobre qual seria a mais adequada para as crianças com TDAH. Em seguida, apresentamos uma compilação das sugestões de diversos autores para o melhor manejo do TDAH em sala de aula. Por fim, são vistos os resultados de alguns estudos que analisaram a utilização de aplicações computacionais por crianças com TDAH no contexto escolar.

3.1 TDAH e a Escola

Observa-se que o TDAH exerce um poderoso impacto no ajustamento educacional das crianças portadora do transtorno. Estudos indicam que crianças com TDAH, em um ensino regular, mostram um risco de fracasso escolar duas a três vezes maior do que outras crianças sem dificuldades escolares e com inteligência equivalente [Gordon,1991].

A desatenção e a falta de autocontrole, características do TDAH, intensificam-se em situações de grupo, dificultando ainda mais a percepção seletiva dos estímulos relevantes, a estruturação e a execução adequada das tarefas, colocando a criança em grande risco para as dificuldades escolares, em termos de desempenho acadêmico e interações com adultos e outras pessoas [Bencizk,2000].

O desempenho acadêmico insatisfatório com freqüência acompanha o TDAH, e pode ser uma característica estável do transtorno [Greenhill,1992]. Em geral, o professor observa uma discrepância entre o potencial intelectual da criança e o desempenho acadêmico da mesma, o que pode ocorrer mesmo entre as crianças com inteligência superior à média [Hallowell,1999].

Do total de crianças indicadas para os serviços de educação especial e de centros de saúde mental, 40% são portadoras de TDAH [Barkley,1998].

Essa situação de fracasso contínuo reverte em uma desvinculação cada vez maior no processo de aprendizagem do aluno, a não ser que ele encontre, no sistema educacional, resposta adequada às suas necessidades acadêmicas [Brioso,1993].

3.1.1 TDAH e os Deveres Escolares

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelo aluno com TDAH e sua família, é a realização do dever de casa.

Mesmo crianças brilhantes, quando portadoras de TDAH, relatam o rápido aparecimento de tédio durante os deveres escolares ou deveres de casa. Em

situações de grupo, como na sala de aula, as dificuldades encontradas para a realização de atividades independentes, exercem enorme estresse sobre a criança [Benczik,2003].

Padrões de comportamento secundários normalmente desenvolvem-se em torno da luta do dever escolar. Observam-se estratégias de evitação, tais como “esquecer” atribuições, deixar livros importantes para a tarefa ou mesmo fazer rapidamente os deveres sem se preocupar com erros [Benczik,2000].

De acordo com Nye[1994], a realização dos deveres escolares é um ponto realmente crítico para os alunos com necessidades especiais, havendo necessidade de estratégias específicas que abordem essa questão. Segundo o autor, essa atividade demanda aproximadamente 20% do tempo empregado pelos alunos nas atividades acadêmicas.

Ao passar uma lição de casa, os professores devem lembrar que o tempo que um estudante com TDAH (e/ou com transtornos de aprendizagem) leva para fazer essa tarefa, pode ser de três a quatro vezes maior que seus colegas. É necessário fazer adequações para que a quantidade de trabalho não exceda o limite da possibilidade da criança. Ter sempre presente que a lição escolar tem o objetivo de *revisar e praticar* o que foi aprendido em sala de aula [Rief,1997].

3.2 Dificuldades de Aprendizado

Ao contrário de outras incapacidades, como a paralisia ou a cegueira, a dificuldade de aprendizado (DA) é uma forma velada de deficiência. Ela não desfigura ou deixa sinais visíveis de forma que outras pessoas possam facilmente perceber e oferecer ajuda.

Do ponto de vista orgânico, as DAs são desordens neurológicas que interferem na percepção, integração ou expressão de informações, podendo afetar diversas áreas da vida da pessoa, como a escola, o trabalho, as rotinas diárias, a vida familiar, os relacionamentos e o lazer. Em alguns casos, as DAs podem se sobrepor, enquanto, em outros, pode ser um problema específico, isolado, não impactando outras áreas da vida da pessoa [Neuwirth,1993].

No âmbito escolar, em um sentido amplo, as DAs são consideradas como todo o conjunto de problemas de aprendizagem que grassam nas escolas, ou seja, todo um conjunto de situações, de índole temporária ou permanente, que implicam em risco educacional ou necessidades educativas especiais. Em um sentido restrito, as DAs significam uma incapacidade ou impedimento específico para a aprendizagem em uma ou mais áreas acadêmicas, podendo ainda envolver a área sócio-emocional [Correia,2005].

Classificação dos Transtornos de Aprendizagem:

O CID-10[1993] denomina, de modo preciso, os transtornos específicos do desenvolvimento das habilidades escolares (TEDHE), situando-os na categoria dos transtornos do desenvolvimento psicológico:

F81-Transtornos específicos do desenvolvimento das habilidades escolares: Transtornos aos quais as modalidades habituais de aprendizado estão alteradas desde as primeiras etapas do desenvolvimento. O comprometimento não é somente a consequência da falta de oportunidade de aprendizagem ou de um retardo mental, e ele não é devido a um traumatismo ou doenças cerebrais.

O DSM-IV[1994] situa os transtornos de aprendizagem na categoria dos transtornos geralmente diagnosticados pela primeira vez na infância ou na adolescência, e conceitua:

Os Transtornos de Aprendizagem são diagnosticados quando os resultados do indivíduo em teste padronizados e individualmente administrados de leitura, matemática ou expressão escrita estão substancialmente abaixo do esperado para idade, escolarização ou nível de inteligência. Os problemas de aprendizagem interferem significativamente no rendimento escolar ou nas atividades da vida diária que exigem habilidade de leitura, matemática ou escrita. Em presença de um déficit sensorial, as dificuldades de aprendizagem podem exceder aquela habitualmente associadas com o déficit. Os transtornos de aprendizagem podem persistir até a idade adulta.

Tanto o CID-10, como o DSM-IV, apresentam basicamente três tipos de transtornos específicos das habilidades acadêmicas: o Transtorno da Leitura, o Transtorno da Matemática, e o Transtorno da Expressão Escrita.

Transtorno de Leitura

O Transtorno da Leitura, também conhecido como dislexia, é um transtorno caracterizado por uma dificuldade específica em compreender palavras escritas, podendo variar desde uma incapacidade total em aprender a ler, até uma leitura quase normal, mas silabada, sem automatização. Dessa forma, pode-se afirmar que se trata de um transtorno específico das habilidades de leitura, que sob nenhuma hipótese está relacionado à idade mental, problemas de acuidade visual ou baixo nível de escolaridade.

Transtorno de Matemática

O Transtorno da Matemática, também conhecido como discalculia, não é relacionado à ausência de habilidades matemáticas básicas, como contagem, e sim, na forma com que a criança associa essas habilidades com o mundo que a cerca. Envolve uma incapacidade de compreender o mecanismo do cálculo e a solução de problemas.

A aquisição de conceitos matemáticos e outras atividades que exigem raciocínio são afetadas neste transtorno, cuja baixa capacidade para manejar números e conceitos matemáticos não é originada por uma lesão ou outra causa orgânica.

Transtornos da Expressão Escrita

Um transtorno apenas de ortografia ou caligrafia, na ausência de outras dificuldades da expressão escrita, em geral, não se presta a um diagnóstico de Transtorno da Expressão Escrita. Neste transtorno geralmente existe uma combinação de dificuldades na capacidade de compor textos escritos, evidenciada por erros de gramática e pontuação dentro das frases, má organização dos parágrafos, múltiplos erros ortográficos ou fraca caligrafia, na ausência de outros prejuízos na expressão escrita.

Muitos aspectos da fala, da leitura, da escrita e da matemática, se sobrepõem, envolvendo as mesmas capacidades cerebrais. Assim, não é raro que uma pessoa seja diagnosticada como tendo mais de uma DA.

O DSM-IV prevê ainda uma categoria denominada “outras DAs”, onde são previstas desordens de habilidades motoras ou desordens do desenvolvimento não incluídas em outras especificações. Esses diagnósticos incluem retardos na aquisição da linguagem e na aquisição de habilidades motoras e acadêmicas que podem afetar a capacidade de aprendizado, mas não se enquadram nos critérios de nenhuma outra DA específica.

A maior parte dos autores não considera o TDAH como um DA em si mesma, apesar de suas sérias interferências no desempenho escolar. Outros, como Pennington[1991], enquadram o TDAH nesta classificação de “outras” DAs, podendo vir acompanhada ou exacerbando as desordens de habilidades acadêmicas.

De acordo com Barbirato[2005], o TDAH é um transtorno de comportamento e não de aprendizagem. É o problema comportamental que compromete o aprendizado e pode ou não ser acompanhado dos chamamos transtornos do aprendizado, como dislexia (transtorno de leitura), disgrafia (transtorno de escrita) ou discalculia (transtorno da matemática). De acordo com o autor, os problemas de comportamento apresentados pela criança com TDAH - o aluno se movimenta o tempo todo, não ouve o que os professores falam, não tem paciência para as atividades em grupo - que as impedem de acompanhar as aulas normalmente. Ela é tão inteligente quanto qualquer outra criança e tem a mesma capacidade de aprendizado, mas não consegue desenvolvê-la.

Estima-se que em torno de 25 a 50% das crianças em idade escolar diagnosticadas com TDAH também apresentam dificuldades específicas de aprendizagem [Trapani,2000]. Estudos demonstram que o desenvolvimento neurocognitivo de crianças e adolescentes com a co-morbidade é significativamente pior do que o do grupo com TDAH somente [Moojen,2003].

3.2.1 TDAH e a Matemática

As crianças com TDAH tendem a apresentar um rendimento mais baixo em atividades de matemática do que outras crianças sem o transtorno.

Embora as dificuldades atencionais interfiram tanto nas habilidades de leitura e escrita como nas de matemática, é nesta última que as repercussões são mais evidentes. Crianças e adolescentes com TDAH muitas vezes apresentam falhas na realização de operações simples, utilizam os procedimentos de subtração para adição ou vice-versa, trocam os sinais, omitem passos nas operações de multiplicação e divisão, sem que essas características configurem, necessariamente, um transtorno na área da aprendizagem da matemática [Moojen,2003].

Diversas explicações têm sido propostas para essas dificuldades:

As crianças que apresentam problemas de atenção, costumam encontrar dificuldades para organizar estruturas hierárquicas de atividades em processos mentais, o que também trás conseqüências especialmente negativas às atividades de matemática [Benzik,2000].

Os problemas com a memória de trabalho, que também costumam acompanhar o TDAH, dificultam a automatização de processos que seria necessária, por exemplo, para a realização de cálculos “de cabeça” [Julie,1999].

Um estudante com déficit de atenção, ainda que tenha os conceitos matemáticos bem assimilados, pode não se sair bem em um teste ou exercício de matemática. Os padrões de erro mais comuns, indicadores de problemas de atenção, são os erros aleatórios, quando, por exemplo, o aluno se equivoca em tarefas relativamente fáceis e acerta outras consideradas mais difíceis, e a grande freqüência de erros próximo ao final do teste [Lindsay,2000].

Algumas pesquisas foram realizadas no sentido de observar a relação entre o TDAH e as habilidades matemáticas:

Um estudo foi realizado com 15 crianças, entre 7 e 11 anos, portadoras de TDAH, e um grupo de controle, também com 15 crianças com a mesma faixa etária e grau de instrução e QI equivalentes, mas sem TDAH. Elas foram submetidas a uma bateria de exames envolvendo operações de adição e subtração.

As crianças com TDAH completaram aproximadamente a metade da quantidade de exercícios completados pelo grupo de controle. As crianças com TDAH cometeram substancialmente mais erros do que o grupo de controle, especialmente nas operações de subtração. Foi verificado também, que as crianças com TDAH levavam mais tempo na realização dos cálculos por precisar utilizar os dedos para contar, em contraste com o grupo de controle, que efetuava mais cálculos “de cabeça”. Constatou-se também, em função dos erros cometidos, que as crianças com TDAH apresentavam déficits de conteúdo teórico, como, por exemplo, o conceito de “pedir emprestado”, nas operações de subtração. Nesse caso, o tipo de erro mais comum era tentar diminuir o menor algarismo do maior, independente da posição deles na conta [Bendetto-Nasho,1999].

Um outro estudo foi realizado utilizando imagens obtidas por PET (tomografia por emissão de pósitrons) de seis adultos com TDAH e outros seis, de um grupo de controle, sem o transtorno, enquanto realizavam operações de matemática. Foi observado, para o grupo com TDAH, uma redução da atividade frontal do cérebro, em contraposição ao grupo de controle, além da ativação de regiões cerebrais correspondentes à visualização, uma vez que elas tentavam, conforme afirmaram, formar imagens mentais que pudessem ajudar na realização dos cálculos, enquanto o grupo de controle ativou áreas associadas às estratégias verbais [Schweitzer,2000].

Johns[2005], apresenta uma estratégia estruturada para auxiliar estudantes com TDAH a resolver problemas de matemática, onde o aluno desenvolve múltiplas representações do problema: visual, lógica, tátil, etc. Segundo o autor, a matemática exige que se lide com informações que, a princípio, não fazem sentido para o aluno, e que só mais tarde terão significado, e que, para uma pessoa com TDAH, é muito difícil manter na memória de trabalho informações destituídas de significado.

Feldman[1985] apresenta uma classificação geral das possíveis falhas cometidas pelas crianças na realização de operações aritméticas e, ao final, pondera sobre quais seriam as mais comumente apresentadas pelas crianças com TDAH. De acordo com o autor, as falhas de aritmética podem ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) falhas no pensamento operatório – referem-se à impossibilidade da criança para operar por carecer de “estruturas mentais” para isso. Exemplos:

- falta de noção maior/menor nos números;
- falta de noção antes/depois;
- impossibilidade de realizar cálculos mentais;
- necessidade absoluta de concretizar as operações (uso de dedos, traços, etc.);
- dificuldade para compreender o que se pede em um problema;
- incapacidade de compreender a multiplicação de números inteiros como abreviação da soma;
- dificuldade no manejo reversível de operações.

b) dificuldades espaciais. Exemplos:

- inversão na escrita dos números;
- inversão na ordem dos algarismos de um número: 57 em vez de 75;
- falhas na disposição dos algarismos em colunas:

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 4 \\ \hline 125 \end{array}$$

- operar em ordem inversa:

$$\begin{array}{r} 35 \\ + 82 \\ \hline 18 \end{array}$$

Neste caso, a operação foi efetuada, primeiramente, na coluna da esquerda

- falhas no reconhecimento de figuras geométricas.

c) dificuldades de figura-fundo – referem-se à falta de atenção, havendo estruturas maduras para operar. Exemplos:

- trocar a operação solicitada, apesar delas terem sido bem compreendidas: somar em vez de subtrair ou dividir em vez de multiplicar;

- pular operações em um problema, ou saltar as próprias etapas da operação;

- repetir operações em um problema;

- associar elementos de uma etapa do problema com elementos de outra;

- confundir o número com o qual se deve realizar a operação;

d) falhas lingüísticas - referem-se às dificuldades de captação da estrutura de um problema, através da leitura do seu enunciado.

e) Quebra de normas - são aquelas que chamam a atenção pelas alterações nas normas de realização dos cálculos. Exemplos:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} \curvearrowright \\ 6 \quad 15 \\ \cancel{7}0\cancel{5} \\ - 206 \\ \hline 409 \end{array}
 \end{array}$$

Pediu emprestado ao 7 diretamente para o 5. Não usou o 0.

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} \curvearrowright \\ 2 \quad 7 \\ \cancel{3}\cancel{6} \\ - 17 \\ \hline 10 \end{array}
 \end{array}$$

Pediu emprestado ao 3, mas somou 1 ao 6, em vez de acrescentar uma dezena e ficar com 16

$$\begin{array}{r}
 26 \\
 - 9 \\
 \hline
 23
 \end{array}$$

Subtraí 6 de 9 e não o inverso, quando precisaria pedir emprestado ao 2

$$\begin{array}{r}
 ? \\
 \cancel{1}35 \\
 - 74 \\
 \hline
 ?1
 \end{array}$$

Não sabe como pedir emprestado ao 1 porque não vai sobrar nada

f) falhas de sobrecarga – ocorre quando as operações são excessivamente extensas ou em problemas de muitas etapas, onde começam a ocorrer falhas na evocação correta das tabuadas, falhas de figura/fundo, ou quebras de normas.

g) falhas mnêmicas:

- dificuldades na memorização das tabuadas;
- esquecimento de efetuar a compensação nas operações;
- esquecimento de efetuar parte das operações ou problemas.

Dentro dessas categorias, o autor coloca que a criança com TDAH pode apresentar falhas operatórias porém, mais frequentemente, apresentará falhas de figura/fundo, quebra de normas e falhas mnêmicas.

3.3 Sugestões para o Gerenciamento do TDAH em Sala de Aula

Diversos autores têm sugerido possíveis intervenções no contexto escolar que possam melhor atender às necessidades especiais dos alunos com TDAH. De acordo com Rief[2001], vários aspectos no processo de ensino-aprendizagem do aluno com TDAH, precisam ser modificados, tais como o meio ambiente, a estrutura da aula, os métodos de ensino, os materiais utilizados, as tarefas solicitadas, as provas/avaliações, o feedback, o reforço, o nível de apoio, o tempo despendido, o tamanho e a quantidade das tarefas.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação dedica um capítulo específico à educação especial. O TDAH poderia ser incluído nesse capítulo, embora não seja especificamente citado [Benczik,2003]. A possibilidade de implementação de currículos adaptados, com processos de avaliação diferenciados e estratégias individualizadas é amplamente prevista e incentivada pelo órgão regulamentador. Na prática, entretanto, observa-se pouca flexibilidade por parte das instituições de ensino para viabilização dessas possíveis adaptações [Benczik,2003]. Nos Estados

Unidos, o portador de TDAH é explicitamente apontado por lei como sendo elegível aos serviços de educação especial [Yasutake,2000].

A seguir, apresentamos uma compilação das sugestões feitas por alguns autores para o gerenciamento do TDAH em sala de aula [Benczik,2000], [Hallowell,1999]:

- 1) Estabelecer de antemão, com o aluno, qual a tarefa a ser realizada, quando será considerada concluída e quais os pontos necessários para isso (check-list de verificação);
- 2) Elaborar tabelas ou listas que possam servir de referência quando as crianças se sentirem perdidas no que fazem. Crianças com TDAH precisam que o ambiente estruture o que não conseguem estruturar internamente, por conta própria;
- 3) Fornecer instruções diretas, curtas e claras, em um nível que a criança possa compreender e responder;
- 4) Subdividir tarefas grandes em tarefas menores. Essa é uma das mais fundamentais regras de ensino para crianças com TDAH;
- 5) Repetir, repetir e repetir;
- 6) Apresentar o conteúdo passo-a-passo, verificando se houve aprendizado a cada etapa;
- 7) Fornecer retorno constante e imediato. Isso ajuda a criança a ter uma noção de como está se saindo e a desenvolver a auto-observação. Deve ser informada de forma positiva e construtiva;
- 8) Trabalhar com recompensas e incentivos, que funcionam como estímulo para o aluno;
- 9) Eliminar ou reduzir a frequência de testes com tempo limitado;
- 10) Utilizar dicas, quadrinhas e rimas pode funcionar como um apoio para a memória de trabalho;
- 11) Utilizar uma metodologia preferencialmente visual. As crianças com TDAH respondem melhor a estímulos visuais do que auditivos;

- 12) Encorajar os estudantes com TDAH a desenvolver imagens mentais dos conceitos apresentados;
- 13) Utilizar atividades de dramatização, onde possam representar conceitos chave ou eventos históricos;
- 14) Procurar envolver a criança com TDAH ativamente durante a aula, pedindo, por ex. que escreva no quadro ou leia em voz alta;
- 15) Propor tarefas que estimulem a criatividade do aluno (explorar, construir, criar) em contraposição a atividades passivas;
- 16) Buscar tarefas que pareçam interessantes e estimulantes para o aluno. Tarefas enfadonhas, que requeiram atenção sustentada, serão mais difíceis para os alunos com TDAH;
- 17) Inventar jogos com as atividades cotidianas. A motivação ajuda quem tem TDAH;
- 18) As crianças com TDAH precisam sentir-se envolvidas nas atividades que realizam. Dessa forma se sentem motivadas, diminuindo a probabilidade de se desligarem;
- 19) Usar recursos e formas de apresentação não habituais. Crianças com TDAH adoram novidades;
- 20) Procurar brincar, divertir-se, ser não convencional. As crianças com TDAH respondem com entusiasmo a brincadeiras e precisam encontrar prazer na sala de aula;
- 21) Utilizar computadores sempre que possível. Computadores são ótimos para fornecer feedback imediato ao aluno, além de proporcionar um trabalho individualizado, que facilita a concentração;
- 22) Procurar utilizar apresentações multisensoriais, mas tomando cuidado com excesso de estímulo. Por ex., utilizar imagens e sons diretamente ligados ao assunto a ser aprendido;
- 23) Olhar a criança nos olhos. Isso ajuda a trazê-la de volta, evitando que se perca em devaneios;
- 24) Estabelecer uma rotina escolar previsível (horário para as atividades de matemática, de ginástica, do lanche, etc.);

- 25) Incentivar as crianças a fazer exercícios físicos. Exercitar-se atenua o excesso de energia, ajudando a concentração;
- 26) Dar espaço para válvulas de escape, como sair da sala por alguns instantes;
- 27) Fazer com que o aluno sente-se próximo à mesa do professor, de forma a evitar que se distraia com estímulos externos, provenientes dos colegas da classe ou da janela, ou com seus próprios devaneios, caso sente-se no fundo da sala;
- 28) Elogiar o aluno com constância, não apenas ao término da tarefa, mas também durante o transcorrer da mesma, incentivando o seu término;

Para a aplicação destas estratégias, diferentes abordagens pedagógicas podem ser utilizadas, como veremos na seção a seguir.

3.4 Teorias Educacionais

As teorias de pedagógicas possuem uma fundamentação psicológica e apresentam visões sobre como os teóricos acreditam que as pessoas aprendem novas idéias e conceitos, explicando a relação entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento.

Os fatores que contribuem para o sucesso da aprendizagem, o modo como esses fatores podem ser avaliados, aperfeiçoados e aplicados, têm sido investigados por pesquisadores de diversas áreas, como psicólogos, pedagogos e biólogos.

De uma forma bastante ampla, as teorias de aprendizagem podem ser divididas em dois grandes eixos: comportamental e construtivista.

Visão comportamental:

Os comportamentalistas consideram o homem um organismo passivo, governado por estímulos fornecidos pelo ambiente externo. Comportamento é tudo que pode ser observado e tudo o que responde à mudança em contingência de reforço. Por volta de 1912, Watson instaurou as bases dessa teoria. De acordo com

Watson, todos os comportamentos seriam estabelecidos por condicionamentos, através da construção de conexões estímulo-resposta, denominadas reflexos. Skinner (1904-1990) é considerado como o mais representativo membro da escola comportamentalista. Através de experiências com animais de laboratórios, com reforço positivo e negativo, Skinner aprendeu a prever e controlar o comportamento dos animais. Um reforço é qualquer estímulo que aumenta a probabilidade de uma resposta. Todo estímulo que aumenta a ocorrência de um comportamento ou resposta desejada, é um reforço positivo. O termo reforço negativo é interpretado como um estímulo desagradável quando o organismo não está emitindo a resposta desejada. Esta teoria prevê que as ações seguidas de recompensas são fortalecidas, enquanto que aquelas seguidas por punições são enfraquecidas ou extintas [Wikipédia,2006a].

Outros teóricos consideram a aprendizagem ainda como mudanças comportamentais observáveis, porém também se preocupando com os aspectos cognitivos, ou seja, com os processamentos internos. Gagné é o mais importante representante deste neo-comportamentalismo. Segundo Gagné[1974], a aprendizagem caracteriza-se por uma mudança comportamental seguida da permanência desta mudança, ou seja, uma mudança comportamental persistente. A aprendizagem é ativada por uma variedade de tipos de estimulação provenientes da interação do indivíduo com o ambiente externo. Essa estimulação é considerada o insumo (input) para os processos de aprendizagem, e gera uma modificação de comportamento que é observada como desempenho humano, o exsumo (output).

Visão construtivista:

Os construtivistas se voltam para o processo de criação e construção do conhecimento. O principal representante desta linha é o psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980). De acordo com Piaget[1978], o crescimento cognitivo da criança se dá através da “assimilação” e “acomodação”. A assimilação se refere à introjeção de conhecimento sobre o meio. Quando a criança “assimila”, ela incorpora a realidade a seus esquemas de ação. A acomodação refere-se à modificação da estrutura de conhecimento existente para “acomodar-se” aos novos elementos incorporados. Não há acomodação sem assimilação, pois acomodação é a reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a “adaptação” à situação. Experiências acomodadas dão origem, posteriormente, a

novos esquemas de assimilação e um novo estado de equilíbrio é atingido. Os “esquemas de assimilação” representam a forma de agir do organismo frente à realidade.

O processo de desenvolvimento da inteligência, tal como é visto por Piaget, é dividido em quatro estágios de desenvolvimento mental:

1) Estágio sensório-motor - vai do nascimento até dois anos. É considerado o estágio pré-lingüístico. A criança, carecendo de representação mental, desenvolve a lógica da ação física, através de seus movimentos e percepções;

2) Estágio do pensamento pré-operacional – de 2 a 6 anos. Inicia-se uma nova etapa do desenvolvimento mental da criança com o uso da linguagem, símbolos e imagens mentais;

3) Estágio do pensamento operacional concreto – de 6 a 12 anos. A criança organiza o mundo através de ações físicas, elaborando, ao mesmo tempo, suas estruturas mentais;

4) Estágio das operações formais – Inicia-se por volta dos 12 anos. Capacidade de raciocinar com hipóteses mentais e não apenas com objetos concretos. Desenvolvimento máximo das estruturas cognitivas.

A passagem de um período para o outro não se dá de forma abrupta. Uma etapa sempre guarda características dos períodos anteriores.

Bruner é outro importante teórico da visão construtivista. Sua teoria de desenvolvimento cognitivo assemelha-se, em linhas gerais, à teoria de Piaget. Já a teoria de aprendizagem de Bruner[1966], contempla a aprendizagem por descoberta. Seu enfoque é a exploração de alternativas e o currículo em espiral. O conceito de exploração de alternativas pressupõe que o ambiente ou conteúdo de ensino deve proporcionar alternativas para que o aluno possa inferir relações e estabelecer similaridades entre as idéias apresentadas, favorecendo a descoberta de princípios ou relações. Por sua vez, o currículo em espiral permite que o aluno veja o mesmo tópico em diferentes níveis de profundidade e modelos de representação.

Além do eixo comportamentalismo / construtivismo, encontra-se a teoria sócio-interacionista (pós-construtivismo) de Vygotsky, segundo a qual, a interação social tem um papel fundamental no desenvolvimento cognitivo do sujeito.

Vygotsky descreve dois níveis de desenvolvimento, denominados desenvolvimento real e desenvolvimento potencial. O desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma. O desenvolvimento potencial é aquele que o sujeito poderá construir, através da resolução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outros companheiros. Zona de Desenvolvimento Proximal é um conceito também elaborado por Vygotsky, que define a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. Corresponde aos conhecimentos fora do alcance atual do sujeito, porém potencialmente atingíveis [Wikipédia,2006b].

O quadro a seguir apresenta, de forma resumida, as implicações das abordagens pedagógicas vistas anteriormente sobre as práticas educacionais [Costa,1997]:

Quadro 3.1 – Abordagens pedagógicas e as práticas educacionais

Abordagem	Processo Educacional	Diretrizes para a preparação de eventos educacionais
Comportamentalista	Aprendizagem – observável através da mudanças de comportamento do aluno em decorrência de estímulos e reforços positivos	O conhecimento deve ser particionado em módulos de ensino; Apresentação de cada módulo a partir de definições mais simples e básicas; Evolução de cada tópico de forma lenta e gradual, evitando os erros do aluno; No caso de ocorrência de erros do aluno, retorna ao ponto anterior, explicando-o de forma mais detalhada; Reforço nas respostas corretas;
Neo-comportamentalista	Aprendizagem – mudança de comportamento observável, mas considera os processos mentais envolvidos;	Hierarquização do conhecimento em uma rede de tópicos com diferentes caminhos possíveis para atingir o objetivo desejado; Trabalho com os conceitos primitivos; Estímulo à formação de regras a partir de conceitos; Repetição de estímulos; Reforço do aprendizado através de feedback;

Abordagem	Processo Educacional	Diretrizes para a preparação de eventos educacionais
Construtivista	Aprendizagem – construção contínua, considerando modificações dos atributos da estrutura cognitiva face a novas informações	<p>Na visão de Piaget:</p> <p>Proposta de situações suscitadoras da atividade estruturante do indivíduo;</p> <p>Proposta de problemas que envolvam a formulação de hipóteses, comparação, exclusão e categorização de dados e reformulação da hipótese, procurando regularidades e reorganização de dados por ações efetivas e interiorizadas.</p> <p>Na visão de Bruner:</p> <p>Arranjos de seqüências de ensino para que o aluno perceba a estrutura dos materiais por indução e instanciação, possibilitando a transferência;</p> <p>Situação educacional que permita ao aluno perceber o conteúdo de maneira global, aprofundando o tópico de seu interesse.</p> <p>Proposta de novas situações através do currículo em espiral.</p>
Pós-construtivista	Aprendizagem – resultado das interações sociais e processo social contínuo	Estímulo à construção do conhecimento através do trabalho cooperativo e da zona de desenvolvimento proximal.

De maneira geral e independente da teoria educacional utilizada, o processo de ensino/ aprendizagem pode ser dividido em três etapas [Guimarães,2006]:

a) Lições - Nesta etapa, o conteúdo a ser aprendido deve ser introduzido ao aluno. Em uma visão mais comportamentalista, as lições podem ser apresentadas através do livro-texto ou de aulas expositivas. Uma abordagem mais construtivista pode propor atividades aos alunos que suscitem a emersão do conhecimento.

b) Exercícios – Nesta etapa, o aluno exercita ou valida o que aprendeu. Os exercícios podem ser tanto de forma dirigida, seguindo a linha comportamental, com a prática de exercícios de múltipla escolha, por exemplo, ou

de forma não dirigida, através de exercícios de criação (jogos de simulação, construção de casos, resolução de teoremas).

c) Avaliação – Nesta etapa o professor avalia o aprendizado do aluno. Pela linha comportamentalista, a avaliação pode ser apenas quantitativa, com a marcação dos exercícios corretos, ou quantitativa/qualitativa, com correção/explicação, além da marcação dos exercícios corretos. Na linha cognitivista, a avaliação levaria em conta a evolução do aluno, o processo que o aluno adotou para chegar à solução e sua fluência no assunto. Às vezes é adotada a auto-avaliação, onde o próprio aluno se avalia.

Nos últimos anos, o computador vem sendo explorado para apoiar os processos educacionais de acordo com diferentes propostas pedagógicas. No âmbito da educação especial, vários resultados vêm fornecendo subsídios para que novas iniciativas sejam empreendidas.

Rus[2006] avaliou quais seriam as características necessárias a um software educacional para melhor atender às necessidades específicas dos estudantes com TDAH. Foram enumerados os seguintes pontos:

- 1) Propor atividades lúdicas e motivadoras;
- 2) Evitar o excesso de animações e de atividades que excitem o aluno;
- 3) Valorizar mais os acertos do que os erros;
- 4) Considerar um grau de dificuldade compatível com a capacidade das crianças;
- 5) Dispor de uma agenda de atividades;
- 6) Possuir instruções verbais;
- 7) Fornecer *feedback*.

Segundo o autor, os programas educativos mais adequados às crianças com TDAH seriam os que contemplam uma abordagem mista cognitivo-comportamental. Esta integração objetivaria não só modular o comportamento atencional das crianças como também auferir melhorias na aprendizagem curricular.

As primeiras experiências de educação apoiadas em computador, exploraram mais o enfoque comportamentalista. Os softwares educacionais do

tipo tutorial ou do tipo exercício e prática, muito utilizados ainda hoje, são baseados, ainda que implicitamente, em Skinner. Já hipermídias adaptativas, que implementam a junção das tecnologias de hipertexto/hipermídia com técnicas de inteligência artificial, baseiam-se no conceito de hierarquia de aprendizagem de Gagné. Piaget influenciou e ainda influencia uma corrente de cientistas da computação, sendo a linguagem LOGO a influência mais visível. As teorias de Bruner influenciam muitos pesquisadores que vêem o computador como uma ferramenta de reabilitação cognitiva. Já os ambientes computacionais de aprendizagem cooperativa podem ser vistos como uma forma de aplicação dos princípios de Vygotsky [Santos,1999].

Embora o advento da informática educacional tenha aberto novas perspectivas, possibilitando a contemplação de diversas fundamentações teóricas no desenvolvimento dos softwares, permanece viva e atual a questão dicotômica dos métodos dirigidos versus métodos não dirigidos [Guimarães,2006].

Alguns autores pregam a criação de ambientes onde o aluno tenha a liberdade de explorar, enquanto outros apóiam as linhas mais objetivas. Muitos relatos de trabalhos e experiências com as duas abordagens podem ser encontrados em anais de congressos como o SBIE[2005] ou TISE[2005]. Segundo Melo[1989], entretanto, não existe uma abordagem que possa ser considerada melhor do que outra, e sim, situações onde uma se aplica de forma mais apropriada do que outra. Neste caso, um programa computacional para a educação, seja construtivista ou comportamentalista, ou ainda uma combinação de ambos, deve possibilitar, isto sim, a existência de encontros significativos entre o sujeito e o objeto de aprendizagem.

3.5 Aplicações Computacionais

De acordo com Weiss[2001], o uso do computador nos processos educacionais apresenta várias vantagens em relação aos procedimentos tradicionais envolvidos na educação, dentre os quais, destacam-se:

- 1- Possibilidade de explorar atividades lúdicas, instigantes e atrativas;
- 2- Permite um retorno imediato;

- 3- O erro pode não ser “fracasso” e sim exigir reflexão/busca de outro caminho (erro “construtivo”);
- 4- O erro pode conduzir à produção de uma nova situação, muitas vezes mais interessante do que a inicialmente proposta (“erro criativo”);
- 5- O erro é menos frustrante ao ser apontado pela máquina e não pelo professor;
- 6- O computador precisa de comandos para funcionar, o que desenvolve o poder de decisão, iniciativa e autodomínio do aluno;
- 7- Trabalha a ansiedade e resistência à frustração – se a criança dá muitos comandos ao mesmo tempo, não obtém o resultado desejado;
- 8- Diante de um impasse, surge a necessidade da busca de possíveis soluções, desenvolvendo a criatividade;
- 9- Estimula o desenvolvimento do raciocínio lógico;
- 10- Possibilita o desenvolvimento do foco de atenção – concentração;
- 11- Favorece a expressão emocional;

Muitos desses pontos parecem ser especialmente positivos para o aluno com TDAH, como o fato do computador poder oferecer atividades instigantes e atrativas, diversificar as formas de lidar com o erro, estimular o desenvolvimento da atenção, desenvolver a criatividade e ampliar a resistência à frustração.

Apesar dessas possíveis vantagens, poucos estudos foram publicados focando a utilização de computadores por estudantes com déficits de atenção no contexto escolar. Desch[2000] tece diversas considerações sobre a utilização de programas computacionais por crianças com TDAH em contextos terapêuticos e educacionais, e observa que, em função da reduzida quantidade de pesquisas realizadas na área, questões relacionadas à eficácia e ao correto uso dessas ferramentas continuam não resolvidas. Ainda assim, o autor admite que o aspecto visual dos softwares educacionais auxiliam na motivação das crianças, incluindo as com TDAH, contribuindo para o aumento da concentração e da persistência nas tarefas.

Em 1981, o trabalho pioneiro de Kleiman[1981] analisou o impacto de um programa computacional para a prática de exercícios de matemática sobre o comportamento de 18 crianças com TDAH, em comparação com a prática de

exercícios utilizando papel e lápis. Os resultados indicaram que, trabalhando com o programa, os alunos completaram aproximadamente o dobro da quantidade de exercícios feitos na carteira, com papel, além de permanecerem mais tempo concentrados nos exercícios.

Considerando os resultados positivos obtidos por Kleiman[1981] em relação à utilização de softwares educacionais por crianças com TDAH, Ford[1993] investigou se os programas em formato de jogo teriam melhor efeito sobre o comportamento atencional dessas crianças do que programas em formato de não-jogo. Tomaram parte no experimento 21 estudantes com TDAH, e foram consideradas duas aplicações de matemática e duas de leitura. O autor constatou que os padrões de desconcentração foram significativamente mais observados com a utilização dos programas em formato de não-jogo.

DuPaul[2002], em uma proposta de extensão do trabalho de Ford[1993], também avaliou o impacto de um software de matemática em formato de jogo sobre os comportamentos relacionados à atenção de crianças com TDAH, além de considerar também o desempenho (erros/acertos), em comparação com um método de papel e lápis.

Tomaram parte neste estudo três alunos de uma escola para crianças com dificuldades de aprendizado, diagnosticados com TDAH, sendo um do subtipo desatento, e dois do subtipo combinado.

Em um primeiro momento, as crianças assistiam a um determinado período de aula, em suas turmas regulares e, em seguida, realizavam exercícios, em suas carteiras, sobre o assunto abordado em aula. Em um segundo momento, elas assistiam novamente a um período de aula e, em seguida, realizavam os exercícios no computador.

Os conteúdos abordados incluíram adição, subtração e multiplicação. O programa adotado foi um software multimídia comercial, compatível com a idade das crianças.

Os resultados do experimento mostraram que todas as crianças apresentaram maior engajamento nas tarefas utilizando o software de matemática, além de apresentar, também, um índice consideravelmente menor de comportamentos relacionados à desconcentração. Foram considerados três possíveis traços de desconcentração: motor, verbal ou passivo.

Motor: quando o aluno exercia qualquer atividade motora não relacionada com a tarefa proposta. Ex. levantar da cadeira.

Verbal: quando o aluno fazia qualquer tipo de verbalização não afim com a atividade. Ex. conversar com um colega.

Passivo: quando o aluno, de forma passiva, não atendia à tarefa proposta por um período de pelos menos três segundos consecutivos. Ex. olhar para longe do papel ou olhar para longe da tela do computador.

Em relação ao desempenho, os alunos também demonstraram maior índice de acertos utilizando o software, mas, segundo o autor, esse resultado variou um pouco entre os participantes.

Apesar do reduzido número de trabalhos, os estudos sugerem, como considerou Guimarães[2006], resultados promissores em relação à utilização de programas computacionais na prática escolar de crianças com TDAH, incentivando, dessa forma, a continuidade das pesquisas nessa área. Os programas em formato de jogo parecem contribuir, quando comparado com as práticas de papel e lápis, para maior motivação das crianças, para um maior nível de concentração e para um maior engajamento das crianças com TDAH nas tarefas propostas.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo, consideramos o TDAH do ponto de vista educacional, abordando as implicações que o transtorno pode ter sobre a vida acadêmica das crianças. Observamos que o mau desempenho escolar costuma ser uma característica estável do transtorno, e que se não forem providenciadas adequações no ambiente escolar e na metodologia de ensino, essas crianças não poderão desenvolver todo o seu potencial na escola. A realização de atividades independentes, por exemplo, como a prática de exercícios, pode ser especialmente complexa para o aluno com TDAH, podendo resultar, com o tempo, em déficits de conhecimento teórico, em decorrência da não sedimentação dos conteúdos estudados. Alguns estudos propuseram intervenções baseadas no uso do computador como meio de minimizar as barreiras que diferenciam, nesse aspecto,

as crianças com TDAH das demais crianças sem o transtorno. Os resultados desses estudos demonstraram que os programas computacionais atuaram positivamente sobre as crianças com TDAH, e que os problemas de atenção e persistência nas tarefas, observados durante a realização de exercícios escolares com papel e lápis, estiveram bem menos presentes quando os exercícios foram realizados mediante a utilização de softwares lúdicos educacionais.

Essas pesquisas apresentam uma perspectiva positiva em relação à utilização de computadores na prática escolar de crianças com TDAH. Ainda dentro dessa mesma perspectiva, uma nova tecnologia vem despontando gradativamente, também de forma promissora, tanto no âmbito escolar como na clínica médica, trata-se da tecnologia de realidade virtual. Ainda que não encontremos na literatura aplicações específicas para crianças com TDAH e seus deveres escolares, as pesquisas nessa área aos poucos estão amadurecendo e alcançando diversos campos de atuação. No próximo capítulo, apresentamos as características da realidade virtual, descrevemos algumas aplicações encontradas no meio científico e avaliamos o potencial de utilização dessa tecnologia por crianças com TDAH no contexto escolar.

Capítulo 4

Realidade Virtual

Nos últimos anos a realidade virtual tem sido amplamente utilizada nas mais diferentes áreas do conhecimento como na educação, treinamento, entretenimento ou nas ciências médicas, entre outras. Esse substancial progresso pode ser observado através das publicações técnico-científicas que têm considerado a realidade virtual, atualmente, como uma área de pesquisa de muitas perspectivas futuras.

Entretanto, apesar desse sensível desenvolvimento, o uso da realidade virtual aplicada à educação encontra-se ainda em uma fase embrionária. Ainda assim, muito tem sido dito sobre o potencial dessa tecnologia no âmbito educacional, especialmente no que concerne ao seu alto poder motivador, aliado à possibilidade de interação e exploração direta do ambiente virtual por parte dos alunos.

Da mesma forma, na área médica, as pesquisas têm demonstrado que a realidade virtual é capaz de ampliar as possibilidades das abordagens terapêuticas tradicionais, pois facilita o acesso a exercícios que estimulam variadas habilidades, cognitivas ou motoras, através dos ambientes virtuais, que podem representar tanto ambientes imaginários como ambientes relacionados à vida real dos pacientes.

Essas perspectivas promissoras nos motivaram a avaliar o potencial dessa tecnologia também como ferramenta de apoio para crianças com TDAH no contexto escolar. Como visto no capítulo anterior, essa é uma área carente de mecanismos de intervenção capazes de atuar de forma efetiva para que o aluno com TDAH possa desenvolver todo o seu potencial na escola. A simples utilização do computador já parece atuar como fator motivador e gerador de concentração, como observado em alguns estudos citados no capítulo três. O

envolvimento, entretanto, e o sentido de imersão, inerentes à realidade virtual, parecem influir mais diretamente sobre o âmbito de atenção do usuário, contribuindo para o aumento da atenção sustentada e da persistência nas tarefas.

Neste capítulo apresentamos as principais características da realidade virtual e discutimos as possibilidades de aplicação dessa tecnologia emergente em mais esse campo de atuação.

4.1 Definição

A Realidade Virtual vem trazer ao uso do computador um novo paradigma de interface com o usuário. Neste paradigma, o usuário não estará mais em frente ao monitor, mas sim, sentir-se-á dentro da interface. Nesse sentido, podemos definir Realidade Virtual, de uma maneira simplificada, como sendo a forma mais avançada de interface do usuário de computador até agora disponível.

Podemos ainda considerar a Realidade Virtual como a tecnologia que envolve equipamentos especiais e apóia o desenvolvimento e exploração de aplicações em Ambientes Virtuais [Lewis,1997].

Um Ambiente Virtual (AV) é um ambiente tridimensional, multi-sensorial, gerado por computador, que reage em tempo real às atividades do usuário. Pode ser projetado para simular tanto um ambiente real como um ambiente imaginário [Lewis,1997].

4.2 Características

De acordo com Pinho[1997], a Realidade Virtual pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento.

A idéia de imersão está relacionada com o sentimento de estar dentro do ambiente. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização. Além do fator visual, os dispositivos ligados com os outros sentidos também são importantes para o sentimento de imersão. A visualização tridimensional através de monitor é considerada não imersiva.

A idéia de interação está ligada com a capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa).

A idéia de envolvimento, por sua vez, relaciona-se com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir televisão, ou ativo, como participar de um jogo com algum parceiro. A Realidade Virtual tem potencial para os dois tipos de envolvimento ao permitir a exploração de um ambiente virtual e ao propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico.

4.3 Visão Estereoscópica

A visão estereoscópica é uma característica do sistema visual humano que possibilita a visualização tridimensional do ambiente a partir de imagens bidimensionais captadas pela retina. A estereoscopia, portanto, está relacionada à capacidade de enxergar em três dimensões, isto é, de perceber a profundidade. A visão 3D que temos do mundo, é o resultado da interpretação, pelo cérebro, das duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir do seu ponto de vista, e das informações sobre o grau de convergência e divergência [Siscoutto,2004].

Para obter uma imagem estéreo computadorizada, é preciso gerar duas imagens do mesmo objeto a partir de pontos de vista um pouco diferentes, e apresentá-las separadamente para cada olho. Há várias formas de fazer isso, como veremos a seguir, considerando as diferentes interfaces.

4.4 Interfaces [Lathrop,1999] [Alcaniz,2004]

A interação do usuário com o Ambiente Virtual é feita através dos dispositivos multisensoriais de entrada e saída. Os dispositivos de entrada são responsáveis por captar as ações realizadas pelo usuário e alimentar o sistema com essas informações. Os dispositivos de saída vão devolver ao usuário as sensações sobre o ambiente, em função de suas ações, atualizadas em tempo real.

Óculos obturador – utiliza obturadores eletrônicos feitos de cristal líquido. O computador gera, rápida e alternadamente, duas imagens no monitor, uma para cada olho. Os óculos, em sincronia com o monitor, obturam alternadamente a luz que chega a cada olho, de forma que cada olho veja apenas a sua imagem. Assim, a visão estereoscópica é gerada (Fig. 4.1).

Uma variação desta técnica utiliza o obturador na tela do computador que, em vez de bloquear e desbloquear a luz, altera a polarização da luz enviada para cada olho. Utilizando uns óculos adequados de polarização passiva, só chegará a cada olho a imagem que foi polarizada para ele.



Figura 4.1 – Óculos de visão estereoscópica

Capacete – Utiliza outra forma de gerar duas imagens separadas para cada vista. Dois pequenos monitores são acoplados ao capacete, um para cada olho. O usuário não precisa mais olhar para a tela do computador pois o monitor está no capacete (Fig. 4.2).



Figura 4.2 – Utilização de um capacete [Lathrop,1999]

Rastreador de movimento – Rastreadores ou sensores de movimento captam a posição e orientação das partes do corpo do usuário onde estão localizados e as informam ao computador. O rastreador de movimento da cabeça é fixado no capacete. As imagens enviadas para cada olho são atualizadas em tempo real, em função do movimento da cabeça ou das partes do corpo do usuário (Fig. 4.3).



Figura 4.3 – Rastreadores de posição e orientação magnéticos [Lathrop,1999]

Luva eletrônica – Possui sensores de movimento e orientação acoplados a ela. Pode ser utilizada nas ações de controle do programa em substituição ao mouse ou o joystick. Com ela o usuário pode pressionar botões virtuais, segurar ou arrastar objetos. Em geral, os sensores captam os ângulos das juntas dos dedos (Fig. 4.4).



Figura 4.4 – Luva eletrônica [Lathrop,1999]

Retorno de força – Permite que o usuário sinta os objetos em contato com seu corpo no local onde os atuadores de força estão colocados. Uma luva eletrônica, por ex., pode ter não somente sensores de movimento mas também atuadores que pressionam a mão do usuário, dando a ilusão da rigidez dos objetos (Fig. 4.5). Existem também os equipamentos que geram sensações de força e são utilizados para o treinamento de procedimentos mais finos, com, por exemplo, o treinamento de uma cirurgia através de laparoscopia (Fig. 4.6).



Figura 4.5 – Luva eletrônica com retorno de força [Lathrop,1999]



Figura 4.6 – Aplicação do retorno de força

Booms – Equipamentos que geram imagens de mais alta qualidade e que seriam muito pesados para serem fixados na cabeça do usuário. O visor fica acoplado a braços mecânicos articulados, que atuam como rastreadores de posição (Fig. 4.7).

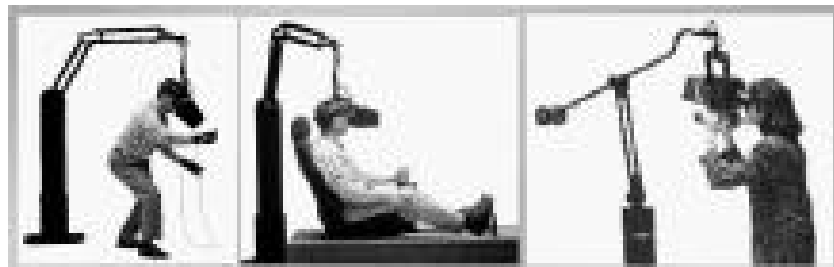


Figura 4.7 – Utilização do Boom

Cave ou Caverna – é uma pequena sala onde imagens do computador são projetadas sobre as paredes. As imagens podem ser geradas em estéreo com a utilização de óculos. Utilizando-se ainda rastreadores de movimento e sons também estereoscópicos, as sensações podem ser bastante reais. A figura 4.8 apresenta um desenho de uma caverna e a figura 4.9 mostra um exemplo de utilização.

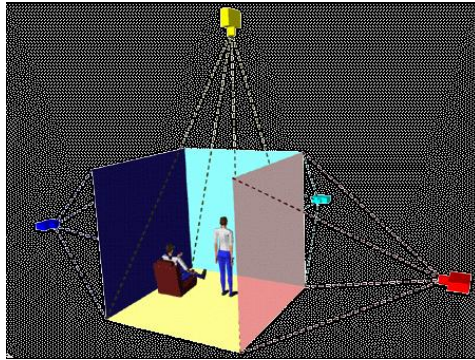


Figura 4.8 – Projeções em uma Cave



Figura 4.9 – Utilização de uma Cave

4.5 Tipos de Aplicações [Lathrop,1999] [Burdea2003]

[Beier,2005]

Telepresença – O usuário torna-se objetivamente presente em um ambiente real que está separado fisicamente da pessoa. Ela pode realizar tarefas nesse ambiente remoto manipulando um telerobô.

Prototipação – protótipos virtuais permitem aos projetistas testar e implementar seus projetos como se estivessem usando modelos físicos reais, mas

com algumas vantagens tais como o fato do modelo não ser destruído em teste, preservar a integridade física do usuário, permitir troca de experiências compartilhadas.

Simulação e treinamento – O usuário pode experimentar e desenvolver habilidades motoras e cognitivas nos ambientes virtuais e transferir a experiência adquirida para o mundo real. Entre muitos exemplos, temos os simuladores de vôo e os treinamentos cirúrgicos.

Visualização – Permite a visualização de coisas que o olho humano não consegue ver normalmente, como, por exemplo, fluxo de ar, temperatura, pressão, entre outras coisas.

Sistema de Realidade Aumentada - Geralmente, utiliza-se um capacete com visor semitransparente, de forma que a visão do ambiente real possa ser sobreposta com a informação do ambiente virtual. Também é possível coletar a imagem real e com uma câmera de vídeo e misturá-la com a imagem virtual antes de ser apresentada. Com isso é possível enxergar-se, por exemplo, um objeto real com o seu detalhamento interno gerado virtualmente. O ponto crítico desse sistema é a superposição exata do mundo virtual com o mundo real.

Sistema de Realidade Melhorada - É uma variação do sistema de realidade aumentada, onde um sistema de processamento de imagem gera informações adicionais para serem sobrepostas à imagem real. O resultado final pode ser tanto uma melhoria espectral (ampliação do espectro visível do olho humano) quanto espacial, gerando transformações e anotações sobre a imagem (por exemplo, anotações de características específicas dos objetos como distância, tipo, etc.).

Sistemas Compartilhados – No exemplo abaixo (Fig. 4.10), três usuários situados em diferentes locais de qualquer parte do mundo, interligados por uma rede de computadores, encontram-se em um mesmo ambiente virtual utilizando um boom, uma cave e um capacete, respectivamente. Os três usuários enxergam o

mesmo ambiente virtual dos seus respectivos pontos de vista. Cada usuário está representado no ambiente virtual como um avatar (um ser humano virtual). Eles podem ver uns aos outros, se comunicar e interagir no ambiente virtual como uma equipe.

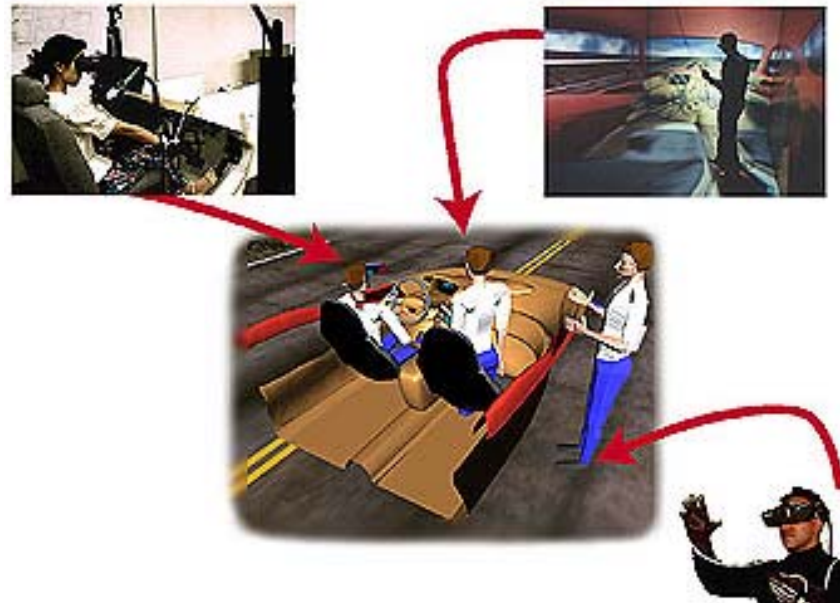


Figura 4.10 – Sistema de Realidade Virtual compartilhado [Beier,2005]

4.6 Comparação entre Realidade Virtual e Multimídia

Do ponto de vista técnico, multimídia é a integração, no computador, de dois ou mais meios de comunicação (mídias). Em um sentido mais amplo, multimídia seria todo o conjunto de tecnologias que, sob controle do computador, permitem a captura, armazenamento e o processamento de informações de uma forma multi-sensorial e integrada, podendo envolver sons, fotos, vídeos, animações, gráficos ou textos [Chaves,2006].

O objetivo do quadro abaixo é apresentar algumas semelhanças ou diferenças entre Realidade Virtual e Multimídia. São apresentados alguns elementos comuns às duas tecnologias e a forma de abordagem em cada caso.

Tabela 4.1 – Comparação entre Realidade Virtual e Multimídia [Pinho,1997]

Elemento	Multimídia	Realidade Virtual
Imagens	São geradas previamente.	São geradas durante a execução da navegação. Devem ser estereoscópicas.
Sons	São gerados previamente.	Podem ser gravados previamente. A reprodução deve ser tridimensional.
Formas de interação com o usuário	Feitas com o mouse, teclado ou na tela.	Usa dispositivos especiais. Lê os movimentos de todo o corpo.
Campo de visão do usuário	Restrito à tela.	Permite que o usuário vire em qualquer direção.
Custo dos periféricos	Já tem um preço acessível.	Ainda estão altos
Área em disco necessária às aplicações	Grandes arquivos de imagens e de sons.	Os arquivos não são grandes.
Capacidade de processamento necessária	Não é muito grande	É preciso ter um processador de alto desempenho para ter qualidade e velocidade.
Possibilidade de uso via rede	Gera muito tráfego devido ao tamanho dos arquivos	O tráfego é pequeno.

Mesmo as tecnologias de multimídia mais sofisticadas não conseguem chegar perto da qualidade das experiências oferecidas pelos sistemas de realidade virtual. E é exatamente nessa diferença no tipo de experiência oferecida pela

realidade virtual que reside a grande vantagem dessa tecnologia para fins educacionais [VREDU,2000].

4.7 Realidade Virtual e Educação

Alguns grupos de pesquisa vêm trabalhando no desenvolvimento de ambientes virtuais de educação, dentre os quais podemos citar o Grupo de Realidade Virtual da PUC-RS [GRV-PUC-RS], que desenvolve pesquisas nas áreas de educação, arquitetura, robótica e interação homem-máquina, o Grupo de Realidade Virtual da Universidade de São Carlos [GRV-UFSCar], que desenvolve, entre outros, o projeto Professor Virtual [Kirner,2000], que permite ao professor ser transportado para uma sala de aula remota e receber as informações da classe, podendo interagir com os alunos como se estivesse presente, o Grupo de Realidade Virtual Aplicada da Universidade Federal do Rio de Janeiro [GRVa], que entre outros, está desenvolvendo um trabalho para formação profissional à distância na área de saúde [Barilli,2004] e o Virtual Reality and Education Laboratory ([VREL]) da East Carolina University, que desenvolve pesquisas de realidade virtual especificamente na área de educação.

A Realidade Virtual também vem sendo utilizada na educação especial, visando à recuperação ou integração sócio-educativa de indivíduos com necessidades educativas específicas, devido a alguma deficiência física ou mental [Costa,2000]. Alguns autores registraram as características dos ambientes virtuais que fazem com que eles tenham um grande potencial para aplicações na educação especial. A seguir enumeramos algumas dessas características [Neale,2002], [Brown,1999b], [Brown,1998a], [Pantelides,1995]:

- 1) Geram um alto nível de motivação, sendo capazes de aumentar o span de atenção dos estudantes;
- 2) Possibilitam o envolvimento do usuário nas atividades propostas, fazendo com que este possa experimentar controle sobre o seu processo de aprendizado;

3) Viabilizam o aprendizado pela interação direta com os objetos, estimulando a participação ativa do estudante;

4) Estimulam a curiosidade e iniciativa dos alunos, permitindo que tomem decisões próprias sobre onde ir ou o que fazer dentro dos ambientes, e de forma segura;

5) Criam a possibilidade do aprendizado através do erro, sem que o aluno sofra as conseqüências desses erros e sem que se envergonhe perante a turma ou o professor;

6) Permitem um processo individual de aprendizado, no ritmo de cada aluno;

7) São capazes de oferecer *feedback* imediato e constante ao aluno;

8) Apresentam recursos superiores às outras mídias para a ilustração de conceitos abstratos especialmente difíceis para crianças com dificuldades de aprendizado;

9) Conceitos e regras podem ser apresentados de uma forma visual, sem o uso da linguagem ou outros sistemas de símbolos.

10) Podem proporcionar uma educação multi-sensorial, com grande riqueza de detalhes e redundância das informações cruciais;

11) Oferecem oportunidade de entretenimento e diversão. As atividades podem ser vivenciadas na forma de brincadeiras;

12) Permitem que os estudantes assumam o papel de outros personagens e brinquem de “faz-de-conta”;

13) Atuam como equalizadores de atividades físicas. Os alunos podem se mover e interagir dentro dos ambientes de forma que eventualmente não seria possível na vida real em função de alguma incapacidade física;

14) Oferecem um espaço seguro para a realização de tarefas que seriam perigosas ou de risco na vida real;

4.8 Trabalhos na Área

Encontramos na literatura alguns estudos bem sucedidos que verificaram a utilização de ambientes virtuais para a avaliação ou reabilitação de habilidades

cognitivas tais como atenção, memória ou funções executivas, assim como para educação escolar ou de atividades da vida diária de estudantes com necessidades especiais de aprendizado.

Em [Costa,2004], uma cidade virtual foi utilizada visando apoiar o desenvolvimento de habilidades cognitivas tais como atenção, percepção e memória de pessoas com deficiência cerebrais variadas. O usuário pode caminhar livremente pelas ruas da cidade, onde existem, entre outras coisas, carros transitando, sinais de trânsito e orelhões. O usuário pode optar também por entrar e interagir nos diversos ambientes existentes na cidade, tais como a ludoteca, o supermercado ou a sala de música. O sistema foi testado com pessoas com esquizofrenia, que se sentiram motivadas a utilizar o computador e não apresentaram nenhum tipo de problema com o equipamento imersivo utilizado.

Rose[2000] apresenta uma pesquisa sobre a utilização de AVs no treinamento profissional de pessoas com dificuldades de aprendizado. Um dos ambientes desenvolvidos consiste de uma cozinha virtual, onde há quatro tarefas a serem desempenhadas: preparar um prato de carne, preparar um peixe, uma salada e um prato de frutas. Há subtarefas envolvidas, tais como, lavar as mãos na pia correta, ou escolher os utensílios da cozinha adequadamente. Inicialmente, os alunos foram pré-avaliados em uma cozinha real. A seguir eles receberam o treinamento, sendo que, alguns em uma cozinha real, outros na cozinha virtual e outros, através de livros. Posteriormente eles foram reavaliados na cozinha real. Os alunos treinados na cozinha virtual foram os que mostraram maior aperfeiçoamento de um teste para o outro.

O projeto desenvolvido por Priore[2002], consiste na construção e validação de ambientes virtuais artificiais baseados na tecnologia de realidade virtual, objetivando a reabilitação de funções executivas. O ambiente apresenta uma loja de frutas, onde o usuário, representado por um avatar, deve encher sua cesta de compras com as frutas dispostas pelas prateleiras da loja. O usuário recebe instruções verbais sobre como realizar as tarefas e sobre quais frutas escolher. As atividades são ordenadas em grau crescente de complexidade, em um total de seis níveis com dez tarefas em cada um. No último nível, os comandos são longos e complexos, requerendo estratégias especiais de movimentação das frutas de uma cesta para outra. O sistema registra informações relacionadas à precisão e

ao tempo gasto na realização das tarefas, assim como em relação às estratégias desenvolvidas pelo usuário em face das dificuldades e distrações impostas pelo ambiente. O sistema ainda encontra-se em fase de testes.

Cho[2002] desenvolveu uma pesquisa, cujo objetivo principal foi avaliar o potencial de AVs na reabilitação de processos atencionais em programas de treinamento cognitivo. Tomaram parte na pesquisa 30 jovens com problemas sociais e comportamentais. Os participantes realizaram tarefas de desempenho contínuo antes e após as sessões de treinamento. De acordo com o autor, o AV contribuiu para o aumento do span de atenção das crianças e adolescentes além de ajudá-los a manter o foco da atenção em algumas tarefas.

A única aplicação de RV voltada para crianças com TDAH que encontramos na literatura, foi desenvolvida por Rizzo[2002], que propõe um AV visando à avaliação de crianças com TDAH. O cenário consiste de uma sala de aula contendo as carteiras dos alunos, a mesa da professora, uma professora virtual, o quadro negro, uma janela com vista para um parque, além de portas, através das quais ocorrem atividades. O processo de atenção é avaliado solicitando-se à criança que realize determinada tarefa como, por exemplo, pressionar um botão ao escutar uma instrução da professora, ou ao ver algo escrito no quadro-negro, enquanto é avaliado o seu tempo de resposta em função dos distratores gerados pelo ambiente (aviãozinho de papel voando pela sala, conversas paralelas, etc.). Os sintomas de hiperatividade também podem ser avaliados mediante o sistema de rastreamento utilizado, que registra os movimentos da cabeça, das mãos e das pernas da criança.

4.9 Considerações Finais

Muitos avanços têm sido feitos em relação às pesquisas na área de realidade virtual. Essa tecnologia recente vem sendo gradativamente empregada com sucesso em diferentes campos de aplicação, o que pode ser constatado através dos anais dos diversos congressos realizados na área ([SVR,2005], [ICDVRAT,2004], [IWVR,2005]).

Como toda abordagem inovadora, porém, esta também carece ainda de estudos mais detalhados que possam melhor especificar o uso mais adequado da tecnologia, e que analisem com maior acuidade a real eficácia dos AVs em relação aos variados objetivos de cada tipo de aplicação.

Em consulta à literatura, observa-se, também, que ainda são escassos os trabalhos propondo metodologias específicas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual. Grande parte dos AVs encontrados hoje em dia, ainda são implementados diretamente pelo desenvolvedor, sem o cumprimento de etapas básicas de especificações do sistema. Muito tem sido dito, entretanto, sobre a importância do envolvimento dos futuros usuários do AV nas fases iniciais de geração dos cenários [Pressman,2006]. Essa atualmente denominada metodologia centrada no usuário é especialmente importante no sentido de tentar garantir que os anseios e necessidades dos usuários do sistema sejam o mais fidedignamente possível contemplados no AV final construído.

Outro fator relevante nesse contexto, refere-se ao elevado custo dos equipamentos envolvidos nos sistemas de realidade virtual, que ainda atua como fator impeditivo de uma disseminação mais efetiva desses sistemas. Entretanto, à medida que as pesquisas avançam nessa área, observamos uma tendência na diminuição desses custos, contribuindo para a difusão de aplicações mais populares. Hoje, encontramos diversos AVs desenvolvidos para computadores pessoais, em contraposição aos AVs iniciais, que só rodavam em dispendiosas estações gráficas. A ampliação do mercado de entretenimento também tem contribuído para uma maior popularidade das interfaces especiais dos sistemas de realidade virtual.

Apesar das dificuldades citadas, as pesquisas envolvendo a realidade virtual continuam em amplo progresso e apontam para perspectivas promissoras em relação à utilização dessa tecnologia tanto para a avaliação/ reabilitação de funções cognitivas, como para o apoio aos processos de ensino-aprendizagem.

Parece haver consenso entre os pesquisadores em relação ao alto poder motivador dos AVs, o que influencia direta e positivamente os processos de aprendizado. Da mesma forma, a possibilidade de interação direta com os objetos do AV, assim como a sensação de envolvimento gerada por esses ambientes, são configurados pela literatura como características especialmente desejáveis nos

processos educacionais. Também em relação às crianças com TDAH, a motivação e o envolvimento são apontados como essencialmente desejáveis no que concerne à manutenção da atenção dessas crianças e atenuação da dispersão.

Dentro desse contexto, frente aos resultados positivos observados nas publicações e na ausência de estudos relacionados ao uso de AVs por estudantes com TDAH, propomos, neste trabalho, um AV com esse objetivo. Estaremos avaliando o potencial dessa tecnologia no sentido de minimizar os sintomas do TDAH que impedem que as crianças com esse transtorno realizem suas atividades de maneira mais independente.

No próximo capítulo, apresentamos o AV construído neste projeto, cobrindo cada etapa da metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema.

Capítulo 5

O Desenvolvimento do MemoZoo

No capítulo anterior, observamos como as pesquisas na área de informática, envolvendo a tecnologia de realidade virtual, vêm alcançando, gradativamente, maior aceitação no meio científico, e apontando para perspectivas realmente promissoras.

Alguns estudos têm sugerido, entre outras qualidades, a capacidade de envolvimento e motivação dos sistemas de realidade virtual, como características essencialmente desejáveis às aplicações voltadas para o âmbito educacional. Os AVs já desenvolvidos e testados, visando à reabilitação cognitiva e a educação de alunos com necessidades especiais de aprendizado, têm corroborado esse ponto de vista e apresentado resultados positivos, que estimulam a continuidade das pesquisas nessa área.

Neste trabalho, construímos um AV onde são propostos exercícios de matemática, dentro de um contexto lúdico, objetivando um maior engajamento das crianças com TDAH em suas tarefas escolares.

Este capítulo apresenta uma justificativa das opções feitas neste trabalho, começando pela tecnologia adotada, passando pelas teorias educacionais e terminando com o tipo de aplicação implementada. Em seguida, apresentamos o AV construído, denominado MemoZoo, contemplando cada etapa da metodologia de desenvolvimento do sistema utilizada.

5.1 Justificativas do Sistema

Como já foi visto no capítulo 3, as crianças com TDAH estão sujeitas a sérias dificuldades relacionadas ao contexto escolar, sendo exatamente no período em que começam a freqüentar a escola que os sintomas do transtorno se agravam e se manifestam de forma mais evidente. O índice de repetência é alto já a partir da primeira e segunda séries fundamentais, ainda que muitas vezes as crianças tenham um alto índice de coeficiente de inteligência [Benczik,2000].

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi buscar uma forma alternativa de atuação no âmbito educacional, que pudesse minimizar os sintomas do TDAH e, ao mesmo tempo, valer-se das características positivas que as crianças com esse transtorno costumam apresentar, tais como, criatividade, imaginação, espírito lúdico, entre outras.

Ainda que de forma preambular, alguns trabalhos já consideraram a utilização de sistemas computacionais multimídia como forma de apoio às atividades escolares de crianças com TDAH (vide seção 3.6). Os resultados iniciais foram positivos, considerando-se, especialmente, as aplicações desenvolvidas na forma de jogo, de maior apelo motivacional. Os alunos ficaram mais tempo envolvidos nas tarefas propostas, demonstrando maior capacidade de concentração.

Quando se trata de educação especial, entretanto, como pode ser considerado o caso do TDAH, é preciso que se avalie de forma bastante criteriosa as características dos recursos tecnológicos existentes, de forma a encontrar aquele que melhor atenda às necessidades especiais desses alunos.

A característica de imersão da realidade virtual requer do usuário controle e foco de atenção sobre o que está acontecendo no ambiente virtual e, ao mesmo tempo, exclui as interferências do mundo exterior [VREDU,2000]. A característica de imersão e a possibilidade do envolvimento ativo do usuário no ambiente virtual [Pinho,1997], foram fatores decisivos na escolha da realidade virtual para implementação deste projeto. Assim sendo, neste trabalho, estaremos avaliando as possíveis vantagens desse recurso computacional em relação às

aplicações multimídia tradicionais, no âmbito escolar, com crianças portadoras de TDAH.

Para avaliar a adequação da Realidade Virtual ao objetivo proposto, passamos por cada um dos itens apresentados na seção 4.7, onde são apontadas as vantagens dessa tecnologia na educação especial, e confrontamos sua validade em relação às sugestões apresentadas na seção 3.4, para a gerência do TDAH na sala de aula:

4.7.1) AVs geram um alto nível de motivação, sendo capazes de aumentar o span de atenção dos estudantes.

A motivação é um fator fundamental para quem tem TDAH (3.4.17), diminuindo a probabilidade de se desligarem (3.4.18).

4.7.2) AVs possibilitam o envolvimento do usuário nas atividades propostas, fazendo com que este possa experimentar controle sobre o seu processo de aprendizado.

É sugerido ao professor procurar envolver a criança com TDAH ativamente durante a aula (3.4.14). Envolvendo-se na atividade que realizam as crianças se sentem mais motivadas e concentradas (3.4.18).

4.7.3, 4.7.4) AVs viabilizam o aprendizado pela interação direta com os objetos, estimulando a curiosidade, iniciativa e participação ativa do estudante.

Deve-se evitar a proposição de atividades passivas para os alunos com TDAH. Tarefas enfadonhas, que requeiram atenção sustentada, são mais difíceis para essas crianças. Deve-se buscar tarefas que pareçam interessantes e estimulem a criatividade do aluno. (3.4.15), (3.4.16).

4.7.5, 4.7.7) AVs são capazes de fornecer *feedback* imediato aos alunos, possibilitando o aprendizado através do erro, sem que o aluno sofra as conseqüências desses erros, e sem que se envergonhe perante a turma ou o professor.

O aluno com TDAH precisa de retorno constante e imediato para que tenha noção de como está se saindo. Deve ser informado de forma positiva e

construtiva. O trabalho com recompensas também funciona como estímulo para o aluno. (3.4.7), (3.4.8).

4.7.6) AVs permitem um processo individual de aprendizado, no ritmo de cada aluno.

Um trabalho individualizado, mediado pelo computador, facilita a concentração (3.4.21) e permite que o trabalho seja realizado em função das necessidades da criança como, por exemplo, eliminando-se os exercícios com tempo limitado (3.4.9), subdividindo-se tarefas grandes em tarefas menores (3.4.4), fornecendo instruções diretas, curtas e claras (3.4.3), ou apresentando o conteúdo passo a passo, de forma a verificar se houve aprendizado a cada etapa (3.4.6).

4.7.8) AVs apresentam recursos superiores às outras mídias para a ilustração de conceitos abstratos, especialmente difíceis para as crianças com dificuldades de aprendizado.

As crianças com TDAH devem ser encorajadas a desenvolver imagens mentais dos conceitos apresentados (3.4.12).

4.7.9) Nos AVs, conceitos e regras podem ser apresentados de uma forma visual, sem o uso da linguagem ou outros sistemas de símbolos.

As crianças com TDAH respondem melhor a estímulos visuais do que auditivos. Aconselha-se a utilização de uma metodologia preferencialmente visual. (3.4.11).

4.7.10) AVs podem proporcionar uma educação multi-sensorial, com grande riqueza de detalhes e redundância das informações cruciais.

Sugere-se a utilização de apresentações multi-sensoriais para as crianças com TDAH (3.4.22), assim como o uso de recursos e formas de apresentação não habituais(3.4.19), como pode ser o caso dos AVs. Além disso, recomenda-se repetir, repetir e repetir. (3.4.5).

4.7.11) Os AVs oferecem oportunidade de entretenimento e diversão. As atividades podem ser vivenciadas na forma de brincadeiras.

As crianças com TDAH respondem com entusiasmo a brincadeiras e precisam encontrar prazer na sala de aula. (3.4.20).

4.7.12) AVs permitem que os estudantes assumam o papel de outros personagens e brinquem de “faz-de-conta”.

Sugere-se a utilização de atividades de dramatização, onde os alunos com TDAH possam representar conceitos chave ou eventos históricos. (3.4.13).

4.7.13) AVs podem atuar como equalizadores de atividades físicas.

Neste projeto, esperamos que os AVs possam atuar como equalizadores de atividades intelectuais, possibilitando aos alunos com TDAH a realização das mesmas tarefas que seus colegas de classe.

4.7.14) AVs oferecem um espaço seguro para a realização de tarefas que seriam perigosas ou de risco na vida real.

As crianças com TDAH, em função do excesso de atividade física e da reduzida coordenação motora, estão mais sujeitas a se machucarem do que as demais crianças. Os AVs podem ser úteis ao oferecer um espaço de atuação seguro.

Esses fatores denotam a adequação dos benefícios da realidade virtual às necessidades especiais dos alunos com TDAH no âmbito escolar. Ainda assim, não encontramos, na literatura, aplicações desenvolvidas, dentro desse contexto, apoiadas por RV. Este trabalho procurou cobrir essa lacuna observada.

A fim de viabilizar a execução deste projeto, desenvolvemos um protótipo de um ambiente virtual 3D, concebido no formato de um jogo, onde são propostos exercícios de matemática, envolvendo operações de adição de números de 0 a 9.

Embora os problemas de atenção interfiram também no aprendizado da linguagem, optamos por nos focar nas aplicações matemáticas porque é nessa área que as repercussões do transtorno são mais evidentes [Moojen,2003]. De acordo

com Schweitzer[2000], as crianças com TDAH apresentam um rendimento substancialmente pior em matemática do que outras crianças sem o transtorno.

De acordo com a classificação proposta por Guimarães[2006], vista na seção 3.5, que subdivide o processo de ensino-aprendizagem nas etapas de lições, exercícios e avaliação, o presente trabalho atuará ao nível de exercícios, onde o aluno estará praticando conteúdos já estudados anteriormente. O valor de softwares desse tipo, segundo Weiss[2001], reside no apoio à fixação de conhecimentos por parte do aluno, uma vez que os conceitos envolvidos já foram explicados e, a princípio, compreendidos.

Como visto na seção 3.5, a prática de atividades independentes, como, por exemplo, a realização dos deveres escolares, pode ser muito sacrificante para o aluno com TDAH, pois vai requerer, entre outras coisas, que ele module seu comportamento e permaneça sentado, com a atenção sustentada, por um determinado período de tempo. Para crianças portadoras de TDAH, a realização de atividades desse tipo são, em geral, vivenciadas como acentuadamente aversivas e, muitas vezes, insustentáveis. Em decorrência desse fato, observa-se que a criança com esse transtorno começa a se diferenciar dos seus colegas de classe, uma vez que não é capaz de realizar a contento as mesmas atividades que os demais. Com o tempo, a não realização dos exercícios pode inviabilizar a consolidação dos conceitos apresentados em aula.

Por essas razões, optamos por trabalhar a nível de exercícios, fazendo uma opção, também, por atuar junto a uma faixa etária correspondente aos primeiros anos do primeiro segmento do ensino fundamental, pelo fato dessa ser uma idade em que o aluno está se adaptando a um maior formalismo dos conteúdos, estando, portanto, mais sujeita aos problemas vistos anteriormente, relacionados à sistematização das informações.

Serão propostos ao aluno exercícios de múltipla escolha, inseridos em um contexto lúdico, que deverão ser respondidos para que o jogo tenha prosseguimento. Apesar da importância das atividades de exercício e prática para a fixação do conhecimento, Santos[1999] argumenta que programas desse tipo, baseados em Skinner (vide seção 3.5), mobilizam estruturas cognitivas simples, pouco motivadoras para as crianças. De acordo com a autora, o que torna esses programas atraentes para o público infantil são os recursos de som, imagens,

animações e interfaces utilizadas. De fato, são esses os recursos que estaremos nos valendo, em especial das interfaces pouco convencionais dos sistemas de realidade virtual (vide seção 4.4), para conseguir motivar, envolver e concentrar as crianças nas atividades propostas no jogo. Além disso, a tecnologia de realidade virtual aporta características que transformam o software e o seu uso em uma atividade motivadora, possibilitando a exploração de perspectivas construtivistas de aprendizado. Como visto no capítulo 4, os AVs imersivos possibilitam a realização de experiências em primeira pessoa, favorecendo o envolvimento e a participação ativa do usuário nas atividades propostas. Dessa forma, podemos entender que os sistemas de RV podem dar suporte a uma visão educacional construtivista [Winn,1993], que preconiza que a construção do conhecimento se dá de forma ativa, através da experiência e interação pessoais do indivíduo com o mundo e os objetos que o rodeiam.

5.2 Metodologia de Desenvolvimento do Sistema

Em seu estudo, Costa[2000] ressalta a escassez de trabalhos apresentando processos de desenvolvimento específicos para AVs. A autora cita alguns poucos trabalhos nesse sentido encontrados na literatura, e opta por trabalhar com o modelo de desenvolvimento proposto por Kirner[1998]. Esse modelo é composto de quatro etapas: requisitos, projeto, implementação e avaliação.

Neste trabalho, também estaremos trabalhando com o modelo proposto por Kirner[1998], porém com pequenas adaptações: As etapas de implementação e avaliação serão renomeadas para construção e testes, respectivamente, para guardar a nomenclatura atualmente proposta por Pressman[2006]. Em função da diversidade e da complexidade das tarefas envolvidas na etapa de projeto, que na metodologia proposta por Kirner[1998] envolve a definição das tecnologias de entrada e saída, a definição das tecnologias de software e hardware e a modelagem de objetos, comportamentos e interações, estaremos considerando a modelagem

como uma etapa independente de projeto, sendo subdividida, ainda, em modelagens estática e dinâmica. A fase de testes continuará guardando os mesmos objetivos da avaliação proposta por Kirner[1998], porém será centrada no usuário. Metodologias centradas no usuário, que envolvem o público alvo do sistema nos processos de elaboração dos cenários, têm se mostrado, recentemente, uma prática padrão no desenvolvimento de AVs [Hix,2002]. Observamos, de fato, pela literatura, que essa tendência vem sendo adotada, atualmente, por grande parte dos desenvolvedores na construção de seus AVs. Brown[1998b] foi um dos precursores na utilização desse tipo de abordagem, tendo sido seguido por diversos outros autores ([Lannen,2002], [Rizzo,2000], [Roussou,2004]).

Assim sendo, a metodologia utilizada para o desenvolvimento do AV deste trabalho consiste das seis etapas descritas a seguir:

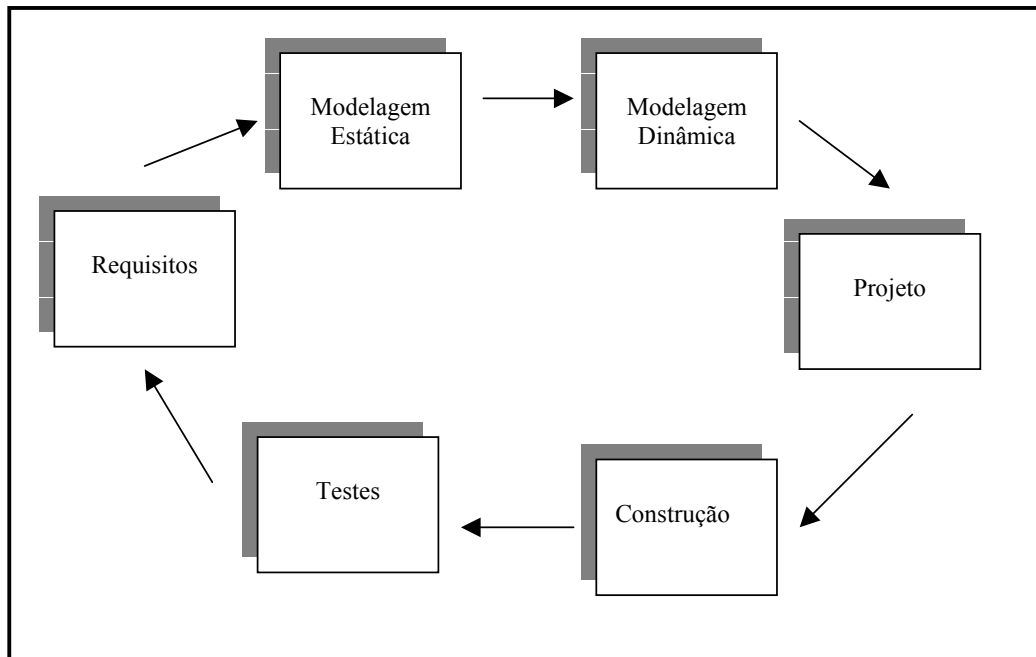


Figura 5.1 – Modelo de desenvolvimento do AV.

1) Requisitos do sistema

Nesta fase são definidos os requisitos gerais do AV, em função das necessidades do usuário e dos objetivos a serem alcançados;

2) Modelagem estática

Esta fase compreende a definição dos cenários que compõe o AV, incluindo personagens e objetos;

3) Modelagem dinâmica

Esta fase define a dinâmica do ambiente, que pode incluir ações, interações, eventos que disparam ações, colisões, etc.;

4) Projeto

Aqui são definidas as tecnologias de software e hardware a serem utilizadas;

5) Construção

Consiste na criação do AV em si (cenários, objetos, interações, etc.);

6) Testes

O usuário alvo do sistema toma parte nesta fase, onde são avaliadas questões de usabilidade e de projeto.

Em função dos resultados obtidos na fase de testes, o sistema pode ser refinado, retomando-se as etapas iniciais da metodologia, de forma cíclica, até que o AV possa ser considerado como concluído e apto para a realização dos experimentos a que se destina.

A seguir, apresentamos os resultados gerados em cada uma dessas etapas de desenvolvimento do sistema, até à geração do AV final.

5.3 Requisitos

A formulação dos requisitos do sistema foi estabelecida com base nas sugestões apresentadas por Benczik[2000] e Hallowell[1999] para o manejo dos sintomas de TDAH na sala de aula, apresentadas na seção 3.4. Neste ponto, estaremos retomando algumas dessas sugestões que nortearam a definição dos requisitos do sistema:

a) Nos itens 3.4.17 e 3.4.20, é sugerida a utilização de jogos e brincadeiras na prática escolar do aluno com TDAH. Dessa forma essas crianças respondem com mais entusiasmo e motivação, diminuindo a probabilidade de se

desligarem (3.4.18). Assim sendo, o ambiente deve ser implementado na forma de jogo, visando um maior envolvimento e engajamento dos alunos nas atividades propostas.

b) De acordo com item 3.4.3, as crianças com TDAH devem receber instruções diretas, curtas e claras, em um nível que possam compreender e responder, além de ter tarefas grandes subdivididas em tarefas menores, que são mais simples e mais facilmente tangíveis (3.4.4). As regras do nosso jogo, portanto, devem ser simples e claras para o aluno, de forma que ele não se sinta confuso e saiba, a cada instante, o que se espera dele. Objetivos simples são mais fáceis de serem alcançados, desenvolvendo a confiança e auto-estima da criança.

c) Os itens 3.4.14 e 3.4.15 falam da importância de envolver a criança com TDAH ativamente durante a aula, propondo-se tarefas que estimulem a criatividade do aluno, em contraposição às atividades passivas. A fim de atender a esse objetivo, o AV deve ser concebido de tal forma que possibilite ao aluno esse tipo de participação ativa, manipulando objetos e facultando-lhe, a cada instante, tomar decisões sobre por onde navegar ou de que forma interagir com o ambiente, dando vazão à sua curiosidade e iniciativa.

d) De acordo com o item 3.4.8, o trabalho com recompensas e incentivos funciona como estímulo para o aluno com TDAH. Assim sendo, os cálculos serão propostos ao aluno como requisito básico para continuar jogando. Espera-se que dessa forma, almejando concluir o jogo, o aluno se sinta motivado a realizar os exercícios.

e) Como o item 3.4.7 recomenda que se forneça retorno constante e imediato ao aluno com TDAH, o sistema deverá prover esse tipo de *feedback*, de forma que a criança saiba, a cada instante, se acertou ou errou o cálculo realizado.

f) Como o objetivo da aplicação não exige que o AV seja uma fiel representação da realidade, o cenário e objetos escolhidos podem ser criações fictícias, não convencionais, dando vazão à imaginação e curiosidade das crianças (item 3.4.20).

g) O item 3.4.16 enfatiza que tarefas enfadonhas, que requeiram atenção sustentada, são mais difíceis para os alunos com TDAH, e sugere a busca por atividades interessantes e estimulantes. Dessa forma, o cenário deste projeto deve

ser interessante, alegre, colorido e compatível com a faixa etária das crianças, objetivando atrair o interesse e curiosidade dos alunos.

h) O item 3.4.22 preconiza a utilização de apresentações multi-sensoriais, envolvendo, por exemplo, imagens e sons. Deve ser prevista, portanto, uma música de fundo, de forma a tornar o ambiente mais agradável, assim como possíveis sons que pontuem ações tomadas no ambiente, tais com o acerto/erro de cálculos ou a seleção de objetos. Deve sempre haver cuidado, porém, com o possível excesso de estímulos.

i) De acordo com o item 3.4.28, o aluno deve ser elogiado com constância, não apenas ao término da tarefa, mas, também, durante o transcorrer da mesma. Assim sendo, o sistema deve prover uma sinalização positiva, como o som de aplausos, por exemplo, sempre que o aluno acerte um cálculo ou vença alguma etapa dentro do jogo, incentivando a sua conclusão.

j) O item 3.4.10 sugere a utilização de estratégias que possam apoiar a memória de trabalho das crianças. Tentaremos propor uma atividade que contemple esse aspecto.

Em atendimento aos requisitos definidos nesta etapa, foi idealizado um “jogo da memória” de animais, tridimensional, situado em um bonito jardim, onde o aluno realizará operações de adição enquanto participa do jogo.

5.4 Modelagem Estática

De forma a atender à concepção idealizada do “jogo da memória” e aos requisitos especificados no item anterior, foi definido, nesta fase, que o AV consistiria de apenas um cenário e seus objetos, como vemos a seguir:

O cenário consiste de um ambiente aberto, ao ar livre. Nesse ambiente existe um jardim retangular, com uma área claramente definida, de forma a delimitar também o espaço de atuação do usuário.

O jardim é todo gramado e florido. Ao centro há um pequeno lago. Em um canto há uma casinha com um pequeno cercado. Na outra extremidade, uma pequena torre. Por todo o jardim, caminhos de terra para percorrê-lo.

Esse é o cenário de fundo. Para viabilização do jogo da memória, são dispostas pelo jardim caixas em formato de cubos de aproximadamente 0,80 cm. de altura. São seis caixas de cor verde, abrigando, cada uma, um animal, e seis caixas de cor laranja, abrigando os respectivos pares dos animais das caixas verdes. Os animais são grandes, coloridos e interessantes.

Para realização das operações, são dispostas pelo jardim diversas pedrinhas vermelhas, cada uma correspondendo a uma conta. As contas aparecem montadas, com uma cor bem visível. Abaixo das contas, há três opções de resposta (letras *a*, *b* e *c*). Ao lado da conta, há 18 florzinhas sobrepostas que podem ser arrastadas e contadas pelo aluno, caso este necessite de um recurso concreto para efetuação do cálculo.

5.5 Modelagem Dinâmica

Nesta fase foram especificadas todas as dinâmicas envolvidas no AV, como veremos a seguir, sempre contemplando as definições já estabelecidas nas fases anteriores:

O sistema é visto pelo ponto de vista do usuário, que pode andar livremente pelo ambiente, assim com entrar na casa e na torre. Não foi implementada colisão, pois conforme explicitado nos requisitos do sistema, não há necessidade desse tipo de realismo. Todas as pedras e todas as caixas são selecionáveis. As caixas começam indisponíveis para serem selecionadas, pois o aluno deve, antes de jogar, realizar uma conta. Para tal, basta selecionar uma pedra e a respectiva conta será exibida. As opções *a*, *b* e *c*, também são selecionáveis. Se clicar na letra errada, um som sinalizador de erro é disparado, a conta é apagada, a pedra é apagada, e as caixas continuam indisponíveis. Se clicar na resposta certa, um som de aplauso é disparado, a conta é apagada, a pedra é apagada, e as caixas verdes tornam-se disponíveis, para que o aluno possa jogar (pela regra do jogo, o aluno seleciona primeiro uma caixa verde e então procura o respectivo par do animal dessa caixa, em uma caixa laranja).

Ao selecionar uma caixa verde, esta é apagada, o animal que ela abriga é aceso, as caixas verdes tornam-se indisponíveis e as caixas laranja tornam-se disponíveis.

Ao selecionar uma caixa laranja, esta é apagada, o animal que ela abriga é aceso. Se o animal for o par correto, um som de aplauso é disparado, os animais continuam acesos, as suas caixas continuam apagadas. Se o animal for o par errado, um som de erro é disparado, um relógio interno é disparado para que, após alguns segundos, os animais acesos sejam apagados e as caixas verde e laranja apagadas, sejam acesas.

O som ambiente utilizado foi o Concerto para Piano no. 21 em dó Maior, de Mozart. Estudos com crianças submetidas a sessões de biofeedback incluindo esse e outros concertos e sonatas de Mozart, mostraram adaptação da atividade das ondas cerebrais das crianças ao compasso das músicas, resultando em melhora da concentração e diminuição da impulsividade [Amen,2000] .

5.6 Projeto

Nesta fase foram definidas as especificações tecnológicas, envolvendo o software e hardware a serem utilizados.

a) Especificações de software

O código foi implementado em VRML (Virtual Reality Modeling Language) por ser uma linguagem amplamente difundida para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual. É uma linguagem de código aberto, o que significa que o código escrito pode ser acessado por outros usuários, tendo a vantagem de podermos, também, incorporar no nosso programa trechos de código implementados por outros desenvolvedores. Além disso, aplicações VRML podem ser facilmente disponibilizadas na internet.

Como a modelagem dinâmica prevista neste sistema era bastante complexa, com muitas interações e necessidade de respostas do sistema em função de ações do usuário, optamos pela ferramenta ISA (Internet Scene Assembler) da

Parallell Graphics, que dispõe de muitos recursos para implementação de dinâmicas e interações.

Em função dessa opção, utilizamos também as demais ferramentas da Parallell Graphics: O ISB (Internet Scene Builder) para a modelagem estática e o plug in Cortona para visualização do ambiente.

b) Especificações de hardware

O sistema foi desenvolvido em PC padrão.

Para visualização das imagens 3D utilizamos o capacete ilustrado na figura 5.2, da marca I-Glassess. Ele trabalha com duas telas de cristal líquido, uma para cada olho, para obtenção da imagem estereoscópica; dois fones de ouvido, com capacidade para geração de som 3D; obturador de visão imersivo, que impede que o usuário tenha contato visual com o mundo exterior, o que só pode ser feito, parcialmente, fixando-se a visão ao redor do visor. Para geração do par de imagens estereoscópicas, há necessidade de uma placa de vídeo 3D. A placa utilizada será a GeForce FX5200 da NVIDIA com 256MB de memória.

A navegação e a interação foram feitas com um mouse ótico VCOM. Standen[2004] realizou uma série de estudos com pessoas com déficits intelectuais, avaliando a usabilidade do mouse, do joystick e o do teclado para navegação e interação em AVs. Para um ambiente onde era fixado um plano de atuação sendo permitido ao usuário andar para cima e para baixo, para direita e para esquerda, entre o joystick para navegação e interação e o mouse, também para navegar e interagir, o mouse mostrou melhores resultados. Neste trabalho, também limitamos os graus de liberdade permitidos em função das necessidades da aplicação. A altura foi fixada, sendo facultado ao usuário andar para frente, para trás, virar para a direita e para a esquerda.



Figura 5.2 – Ilustração do capacete imersivo utilizado.

5.7 Construção

Os animais utilizados foram importados dentre os modelos disponíveis na internet em bibliotecas 3D. Os demais modelos 3D foram implementados no ISB. Todos os modelos foram importados no ISA, onde foi composto o cenário e implementadas as suas dinâmicas. O código VRML foi gerado pelo ISA.

As figuras 5.3 e 5.4 apresentam ilustrações do AV inicial gerado nesta fase.



Fig. 5.3 – AV inicial MemoZoo: visão geral.



Fig. 5.4 – AV inicial MemoZoo: cálculo.

5.8 Testes

O objetivo desta etapa é avaliar questões de usabilidade em relação às interfaces utilizadas, assim como questões relativas ao projeto, verificando se o AV desenvolvido atende aos requisitos especificados para o sistema. Em face dos possíveis problemas identificados nesta fase, o AV pode ser refinado, retomando-se as etapas iniciais do modelo de desenvolvimento, até que o AV final seja obtido. Para que o resultado gerado nesta fase possa ser o mais fidedigno possível, as abordagens metodológicas centradas no usuário propõe que o usuário final do sistema deva estar representado de alguma forma na realização dos testes.

Neste trabalho, como será visto no próximo capítulo, foram realizadas duas experimentações distintas, em duas escolas diferentes da cidade de Niterói. Apesar de, nos dois casos, os usuários finais do sistema serem crianças dentro da mesma faixa etária e portadoras de TDAH, elas guardavam características e necessidade bastante diferenciadas de uma escola para outra. Por essa razão, foi necessária a realização de dois testes, com dois grupos diferentes, representativos, cada um, dos usuários finais dessas duas experimentações que foram feitas.

A seguir, são apresentados os resultados dos dois testes separadamente:

5.8.1 Primeiro Teste

Para realização do primeiro teste, foram escolhidas aleatoriamente algumas crianças da escola onde seria realizado o primeiro experimento, desde que na faixa etária de 7 a 13 anos, além da professora de uma das turmas da escola. Esta escola é voltada para o atendimento assistencial de crianças portadoras de necessidades especiais de aprendizado.

A professora da alfabetização se prontificou a participar dos testes, assim como oito alunos da alfabetização e da primeira série do ensino fundamental, sendo quatro do sexo feminino e quatro do sexo masculino.

A tabela 5.1 mostra a relação desses alunos:

Tabela 5.1 – Alunos que tomaram parte na avaliação do primeiro experimento

	Sexo	Idade	Série	Dificuldade Apresentada
aluno1	F	7	alfa	má formação da retina
aluno2	F	12	primeira	distúrbio de comportamento dificuldade de aprendizagem alterações psicomotoras agressividade
aluno3	F	7	primeira	nenhum registro
aluno4	F	8	primeira	dificuldade de leitura dispersão
aluno5	M	12	primeira	deficiência mental leve transtorno de aprendizagem atraso no desenvolvimento da linguagem
aluno6	M	13	alfa	dificuldade de aprendizagem distúrbio de comportamento (recusa a ir para a escola) agressividade
aluno7	M	7	primeira	dificuldade de aprendizagem hiperatividade falta de controle motor
aluno8	M	9	primeira	dificuldade de aprendizagem dificuldade de leitura e escrita baixa concentração

Todas as crianças ficaram muito interessadas em testar o programa e experimentar o capacete. Com exceção do aluno1, que apresentava severa deficiência visual, os demais gostaram de utilizar o capacete, usaram até o final da experiência e não registraram nenhum incômodo em relação ao seu uso. A criança com deficiência visual, só enxergava com 50% de uma das vistas, ou seja, ela não tinha visão estereoscópica. Ela preferiu trabalhar sem o capacete.

Segue a relação dos problemas identificados nesta fase:

* Ambiente

O cenário pareceu um pouco grande para os alunos. Eles não dominaram todo o campo de ação disponível. Algumas vezes se afastavam do jardim, perdendo o foco principal do jogo.

* Mouse

As crianças apresentaram muita dificuldade na utilização do mouse, tanto para navegação pelo ambiente quanto para interação com os objetos. Elas não estavam acostumadas a utilizar o mouse, pois não têm computador em casa e na escola só utilizam o teclado.

* Navegação

A forma de navegação não foi intuitiva para elas. Mesmo com explicação, houve muita dificuldade para manter apenas o botão esquerdo pressionado e simultaneamente arrastar o mouse para navegar. Girar para a direita ou para a esquerda foi praticamente impossível, sendo quase sempre necessária ajuda externa. Dessa forma, percorrer o ambiente a procura das caixas de memória, passando por árvores, atravessando o lago, ou entrando na casinha, por exemplo, foi uma tarefa cansativa e extremamente complicada.

* Interação

Para selecionar as pedras ou as caixas, a dificuldade também foi grande, principalmente quando os objetos encontravam-se um pouco mais afastados em função do ponto de vista do usuário. Nesses casos, a precisão quanto ao lugar certo a ser clicado para seleção do objeto, diminuiu. Muitas vezes o botão direito do mouse era pressionado indevidamente, abrindo uma janela de contexto e tirando a iluminação do ambiente.

* Figura/fundo

Como as contas apareciam no próprio jardim, as crianças se confundiam com o fundo heterogêneo e não conseguiam visualizar bem os números, nem a florzinha vermelha.

* Arraste

Também foi difícil para as crianças clicar e arrastar as florzinhas. Não só pela falta de prática em relação ao mouse, mas também porque elas apareciam, muitas vezes, pequenas e pouco distinguíveis em relação ao fundo. Essa tarefa tomava tanto tempo, que o aluno se perdia de seu objetivo principal no jogo.

A professora, que acompanhou a prática dos alunos e também experimentou o AV, fez as seguintes observações em relação ao projeto:

1) O ambiente estava muito bonito e alegre, mas havia muitos estímulos, mais do que os alunos, em função de suas necessidades especiais de aprendizado, eram capazes de apreender. O ambiente deveria ser drasticamente simplificado.

2) As contas deveriam aparecer em primeiro plano, contra um fundo liso. O sinal de soma, e cada um dos operandos, deveriam ser de uma cor diferente. As cores mais indicadas, por atrair a atenção do aluno, eram, primeiramente o amarelo, e, depois, o verde e o azul.

3) As florzinhas vermelhas poderiam ser substituídas por formas geométricas mais simples e maiores, da mesma cor dos operandos.

4) Os cálculos resolvidos incorretamente, deveriam continuar disponíveis para novas tentativas.

5.8.2 Segundo Teste

Deveriam ter tomado parte no segundo teste do MemoZoo, alguns alunos da escola onde seria realizado o segundo experimento (a ser visto no capítulo seis). A direção da escola, entretanto, em função de questões particulares, relativas ao cumprimento da pauta de atividade das crianças, não liberou os alunos para a realização dos testes. Assim sendo, o segundo teste foi feito apenas pela professora de informática da escola, que conhecia bem as crianças que usariam o

sistema, estando ciente de suas necessidades e experiências em relação ao uso do computador.

Essa era uma escola particular de classe média, onde as crianças apresentavam um nível social mais alto do que as crianças do primeiro experimento, vinham de famílias mais estáveis e não apresentavam problemas maiores de comportamento ou de aprendizagem. As crianças estavam acostumadas a utilizar o computador, tanto na escola quanto em casa, e supostamente não teriam maiores dificuldades intelectuais ou motoras.

Segue o resultado do teste:

1) A professora encontrou um pouco de dificuldade na navegação e interação, mas não julgou que houvesse necessidade de alterações no sistema nesse sentido. Considerou a dificuldade como um desafio compatível com a capacidade das crianças, até porque, parte dessa dificuldade seria inerente à própria visualização tridimensional do sistema, que é diferente, e interessante que seja percebida pelo aluno.

2) As contas erradas deveriam continuar disponíveis para novas tentativas.

3) As contas aparecendo contra o cenário eram difíceis de ser visualizadas.

5.9 Refinamento do Sistema

Em função dos testes realizados, retomamos às primeiras etapas do desenvolvimento do sistema para refinar alguns aspectos do MemoZoo. Como os testes apresentaram resultados diferentes, o refinamento também resultou em dois AVs finais diferentes, agora denominados MemoZoo1 e MemoZoo2, que foram utilizados no primeiro e segundo experimentos, respectivamente.

5.9.1 MemoZoo1

* Requisitos do sistema

Não houve alteração nos requisitos do sistema.

* Modelagem estática

O AV foi bastante simplificado. A casinha, a torre, as cercas, as plantas e os caminhos foram retirados. Os pares de caixas, com seus respectivos animais, foram reduzidos de seis para quatro. O tamanho do jardim foi reduzido e tornou-se apenas um espaço gramado ao ar livre, contornado por uma pequena cerca, cujo objetivo foi delimitar para o usuário o seu espaço de atuação no ambiente.

As pedras foram substituídas por um boneco grande, bem mais fácil de ser clicável do que as pedras, com um letreiro escrito “CONTAS”.

As contas ficaram maiores, bem mais visíveis, aparecendo contra um fundo liso. As cores foram as indicadas pela professora. As florzinhas foram substituídas por formas geométricas maiores, triângulos e círculos, cada um da cor de um dos operandos da adição.

* Modelagem dinâmica

O ponto de vista inicial do sistema foi escolhido de tal forma que o boneco das contas estava bem de frente para o usuário, e quase todo o jardim com suas caixas estavam contidos nesse campo de visão. Dessa forma, o usuário não precisava se locomover para clicar no boneco, e precisava de pouca locomoção para visualizar todas as caixas do jardim. As caixas, por estarem mais próximas ao usuário, pareciam maiores, sendo mais facilmente clicáveis. O efeito tridimensional dos animais ficou mais visível, por estarem mais próximos.

Ao clicar no boneco, o ponto de vista é trocado automaticamente, focalizando a conta de perto, tomando grande parte de campo de visão. Ao clicar em uma resposta certa, o som certo é disparado, a conta desaparece, e o ponto de vista inicial é restaurado. Ao clicar em uma resposta errada, o som errado é disparado, e a conta permanece, para que o aluno possa repensar a questão.

* Projeto

Mesmo com todos os problemas observados quanto à utilização do mouse, optamos por mantê-lo como dispositivo de entrada para navegação e interação no AV, acreditando que as alterações efetuadas nas modelagens estática e dinâmica já facilitaríamos esses processos. Além disso, os estudos mostram que os usuários com necessidades especiais de aprendizado apresentam, de fato, bastante dificuldade quanto ao manuseio dos dispositivos de controle. Em seu estudo sobre navegação e interação em AVs com pessoas com danos cerebrais,

Davies[2000] registra a dificuldade dos usuários para acertar a área sensível de objetos a serem clicados com o mouse, especialmente quando o ponto de vista tornava os objetos menores. Lannen[2002] reforça as dificuldades apresentadas por usuários com dificuldade de aprendizado quanto ao uso do mouse e do joystick, e apresenta o projeto de um novo sistema de entrada que parece ter uma usabilidade maior. Standen[2004], em uma avaliação de dispositivos de controle por pessoas com déficits intelectuais em AVs, comparando o teclado e o joystick para navegação, encontrou melhores resultados com o joystick, mas o mouse foi mais adequado para seleção de objetos do que o botão de ação do joystick. Em outro experimento, entretanto, nesse mesmo trabalho, como já citado anteriormente, onde o usuário só se locomovia em um plano, para cima, para baixo, para direita e para esquerda, como no nosso caso, o mouse foi o mais adequado para navegação e interação. Além do mais, quanto mais funções um dispositivo possui, mais difícil ele se torna de operar. Utilizando um spaceball, por exemplo, com seis graus de liberdade, o usuário com déficits intelectuais frequentemente torna-se perdido [Standen,2004].

* Construção

O ISB e o ISA foram utilizados novamente para implementação das alterações nas modelagens estática e dinâmicas e geração do novo código. O arquivo VRML final, gerado pelo ISA, ficou com 5,72MB de memória, em um total de 2623 páginas de código, com tamanho de fonte 10 e espaçamento simples entre linhas.

* Testes

O sistema não foi testado novamente.

5.9.2 MemoZoo2

* Requisitos do sistema

Não houve alteração nos requisitos do sistema.

* Modelagem estática

As contas passaram a ser exibidas com um fundo azul, para melhorar a visualização.

A porta da casinha foi aumentada além de um tamanho real para facilitar a navegação do usuário. Neale[2000] também utilizou essa estratégia justificando que uma tarefa a ser realizada, como atravessar uma porta, não pode ser mais difícil de ser desempenhada no AV do que na vida real, defendendo, nesse caso, a perda da realidade pelo ganho da naturalidade.

* Modelagem dinâmica

O modelo dinâmico só foi alterado para que as contas respondidas incorretamente continuassem disponíveis.

* Projeto

Não houve alteração nas tecnologias de hardware e software utilizadas.

* Construção

As alterações da modelagem estática foram realizadas no ISB.

A alteração da modelagem dinâmica foi implementada no ISA, que gerou, automaticamente, 3438 páginas de código VRML em 7,40MB de memória.

* Testes

O AV não foi testado novamente.

As figuras abaixo ilustram como ficaram os AVs finais MemoZoo1 e MemoZoo2, desenvolvidos e utilizados neste trabalho.

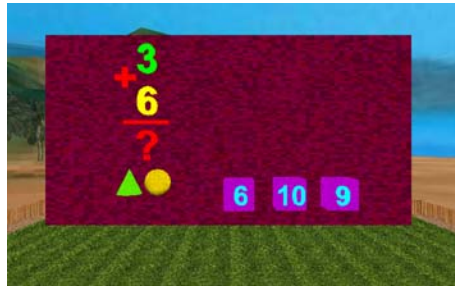


(a)

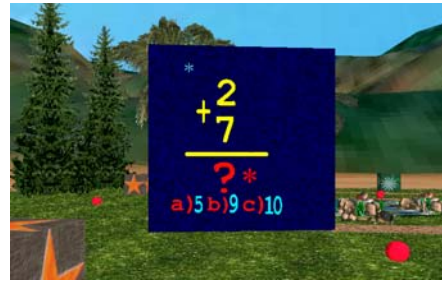


(b)

Fig. 5.5 – Visão geral do cenário. (a) MemoZoo1, (b) MemoZoo2



(a)



(b)

Fig. 5.6 – Cálculo. (a) MemoZoo1, (b) MemoZoo2



(a)



(b)

Fig. 5.7 – Jogo da Memória. (a) MemoZoo1, (b) MemoZoo2

5.10 Considerações Finais

Neste capítulo, descrevemos o AV MemoZoo construído neste trabalho e observamos como desse único ambiente foram derivados os AVs MemoZoo1 e MemoZoo2. Esses dois AVs foram necessários em razão das diferentes características apresentadas pelos usuários dos dois experimentos práticos que foram realizados.

No próximo capítulo, esses dois experimentos são descritos detalhadamente e os resultados obtidos são apresentados e comentados.

Capítulo 6

O Trabalho Experimental

No capítulo anterior, apresentamos os AVs MemoZoo1 e MemoZoo2, que foram utilizados no trabalho experimental, que foi dividido em dois experimentos distintos. Esses experimentos foram realizados em escolas diferentes, sempre envolvendo crianças da alfabetização à terceira série do ensino fundamental, portadoras de TDAH.

Os experimentos foram compostos de dois módulos. O módulo Realidade Virtual (RV), onde os alunos experimentavam essa tecnologia enquanto navegavam pelo AV que construímos, e o módulo multimídia (MM), onde os alunos utilizavam um software multimídia comercial.

No primeiro experimento, realizado em uma escola para crianças com necessidades especiais de aprendizado, utilizamos o AV mais simplificado, o MemoZoo1, durante o módulo RV.

No segundo experimento, realizado em outra escola da cidade de Niterói, o módulo RV foi trabalhado com o AV MemoZoo2.

Neste capítulo, descrevemos esses dois experimentos, passando pelos critérios de avaliação envolvidos, e, por fim, apresentamos e discutimos os resultados obtidos.

6.1 Primeiro Experimento

6.1.1 A Escola

O primeiro experimento foi realizado no Centro Experimental Helena Antipoff (CEHA) da Associação Pestalozzi de Niterói. O CEHA, funciona como Escola Inclusiva, atendendo a 145 alunos com idade de 3 a 16 anos, distribuídos

em dois turnos, em turmas de 10 alunos no máximo, nos níveis de Educação Infantil e Ensino Fundamental Seriado e Não-Seriado, além das turmas do Programa de Atividades Psicomotoras. Os alunos contam com atendimento médico e terapêutico gratuito adequado às suas necessidades. Um serviço de Psicologia específico para a Escola opera com a participação de estagiários supervisionados e um voluntário. Já o atendimento na Brinquedoteca favorece não só às crianças da Escola e dos outros setores da Pestalozzi, como, também, às crianças das escolas da Rede Pública Municipal, em uma proposta não só lúdica, mas também de atividades corporais, de atenção, de concentração, além dos atendimentos individualizados nas áreas de Psicopedagogia e Psicomotricidade.

6.1.2 Participantes

Tomaram parte no primeiro experimento 12 crianças da alfabetização à terceira série do ensino fundamental, que tinham diagnóstico médico de TDAH e capacidade cognitiva suficiente para realização do experimento.

Ao todo foram seis crianças do CEHA e seis crianças de escolas externas, que estavam sob atendimento psicopedagógico na brinquedoteca.

Por se tratar de uma escola para crianças com dificuldades especiais de aprendizado, optamos por não trabalhar com grupo de controle, pois as crianças, ainda que não portadoras de TDAH, apresentavam outros tipos de dificuldades que poderiam alterar os resultados desta avaliação.

As tabelas 6.1 e 6.2 mostram a relação dos alunos participantes e suas informações pessoais.

Tabela 6.1 – Usuários do primeiro experimento

	Subtipo do TDAH	Outros Diagnósticos
aluno1	desatento	deficiência mental leve
aluno2	combinado	suspeita de deficiência mental leve por síndrome alcoólica fetal
aluno3	combinado	distúrbio de comportamento grave epilepsia atraso no desenvolvimento neuropsicomotor
aluno4	combinado	transtorno específico do desenvolvimento da fala e da linguagem transtorno específico do desenvolvimento das habilidades escolares
aluno5	combinado	déficit cognitivo global
aluno6	combinado	distúrbio de comportamento
aluno7	combinado	distúrbio de comportamento
aluno8	combinado	-
aluno9	combinado	distúrbio de conduta
aluno10	combinado	transtorno misto das habilidades escolares distúrbio de comportamento
aluno11	combinado	problemas emocionais
aluno12	combinado	problemas emocionais

Tabela 6.2 – Dados pessoais dos usuários do primeiro experimento

	Idade	Escola	Série	Repetente?	Usa computador na escola?	Usa computador em casa?
aluno1	12	CEHA	3 ^a .	sim	sim	não
aluno2	14	CEHA	2 ^a .	sim	sim	não
aluno3	10	CEHA	alfa	sim	sim	sim
aluno4	12	CEHA	alfa	sim	sim	sim
aluno5	11	CEHA	alfa	sim	não	sim
aluno6	12	CEHA	alfa	sim	sim	não
aluno7	9	Municipal	2 ^a .	sim	não	não
aluno8	9	Municipal	2 ^a .	sim	sim	não
aluno9	8	Municipal	1 ^a .	sim	não	não
aluno10	11	Municipal	2 ^a .	sim	sim	não
aluno11	7	Particular	1 ^a .	não	sim	sim
aluno12	11	Municipal	3 ^a .	sim	não	não

6.1.3 Roteiro da Experiência

No módulo RV, cada um dos 12 alunos foi convidado a participar do “jogo da memória” no AV MemoZoo1, utilizando o capacete imersivo. Era dito aos alunos que esse era um jogo de matemática, onde eles teriam que fazer contas. Os alunos saíam de suas salas, individualmente, e se dirigiam ao laboratório de informática, que estava sempre em aula.

No módulo MM, os alunos retornaram ao laboratório para experimentar um jogo educacional de matemática multimídia.

A decisão sobre o software a ser utilizado, foi tomada sob orientação do professor de informática da escola, que conhecia bem os alunos que tomariam parte na experiência.

A opção foi feita pelo “Parque dos Números” da Edmark, por ser um programa interessante e ao mesmo tempo simples de ser jogado. Além disso, o

grau de dificuldade das operações matemáticas era equivalente ao do AV, apresentando as contas montadas e com recurso concreto para efetuação.

O software apresenta um parque de diversões bem colorido, com recursos de animação, som e interação. Só um módulo do programa foi utilizado, onde uma banda de música toca notas e bolhas. Um bonequinho que anda e fala, apresenta as operações de adição. O usuário precisa clicar no tocador de bolhas para colocar a quantidade de bolhas correta em função do cálculo. Em seguida, ele deve indicar a resposta certa da operação, utilizando o mouse ou o teclado. Não há objetivos a serem alcançados, além da resolução dos cálculos em si.

6.2 Segundo Experimento

6.2.1 A Escola

O segundo experimento foi realizado no Jardim Escola Aldeia Curumim.

A Aldeia Curumim compreende um total de 144.000 m² de área verde, no bairro de Pendotiba, em Niterói, RJ. Foi criada em 1973 pelo professor de física Dalton Gonçalves e sua esposa, a professora Lúcia Cantarino Gonçalves, sob os seguintes princípios:

Levar o aluno a estudar pelo prazer de aprender, descobrir e inventar, e não pela obtenção de prêmios ou castigos;

Levar o aluno a atuar com competência e espírito crítico, sendo capaz de defender sem sectarismo os seus pontos de vista;

Evitar a todo custo a massificação;

Localizar a escola em uma área verde, onde a educação ambiental fizesse parte do trabalho cotidiano da escola.

A escola atua do maternal à oitava série. Esta não é uma escola especialmente voltada para o trabalho de educação especial, mas, eventualmente, recebe crianças portadoras de necessidades especiais de aprendizado.

6.2.2 Participantes

Tomaram parte no segundo experimento 26 alunos da primeira, segunda e terceira séries do ensino fundamental, com idades entre 7 e 10 anos.

De forma a manter sigilo sobre as informações pessoais dos alunos, a escola não identificou para a pesquisadora quais eram os portadores de TDAH. As crianças participaram dos dois módulos identificadas apenas por um número. Ao fim de todo o trabalho experimental, em função do número de identificação utilizado, foram disponibilizadas as informações pessoais de cada criança.

Dos 26 participantes, 7 tinham diagnóstico de TDAH, dos subtipos combinado e desatento, e 19 fizeram parte de um grupo de controle, sem TDAH (Tabela 6.3).

As crianças do grupo de controle não tinham TDAH nem qualquer outro diagnóstico médico.

Todas as 26 crianças tinham computador em casa.

Só duas crianças eram repetentes: uma com TDAH e uma do grupo de controle.

A seguir, apresentamos a relação dos alunos com TDAH, e suas informações pessoais:

Tabela 6.3 – Relação de alunos com TDAH no segundo experimento

	Subtipo do TDAH	Idade	Série	Repetente?	Outros diagnósticos
Aluno1	combinado	10	3a.	não	-
Aluno2	desatento	10	3a.	não	-
Aluno3	combinado	7	1a.	sim	-
Aluno4	desatento	8	1a.	não	dificuldade de aprendizado
Aluno5	combinado	9	2a.	não	-
Aluno6	combinado	10	2a.	não	-
Aluno7	combinado	8	2a.	não	-

6.2.3 Roteiro da Experiência

Os experimentos foram realizados no laboratório de informática, sempre no decorrer das aulas.

No módulo RV, os alunos experimentaram a tecnologia de realidade virtual enquanto participavam do “jogo da memória”, realizando os cálculos propostos no MemoZoo2.

No módulo MM, o jogo utilizado foi “A montanha do tesouro” da “The Learning Company”. Ele foi escolhido, sob orientação da professora de informática das crianças, por ser um jogo estimulante, com vários objetivos a serem alcançados, etapas a serem cumpridas, e recompensas em termos de pontos. Os cálculos apresentados tinham um grau de dificuldade um pouco inferior ao dos cálculos do AV, pois, apesar de também serem operações de adição com apenas 1 dígito, os algarismos envolvidos eram sempre iguais ou inferiores a cinco. As interações podiam ser feitas com o mouse ou o teclado.

Como já foi dito, os alunos participaram da experiência indiscriminadamente, ou seja, sem indicação prévia de quem tinha ou não TDAH. Os alunos eram encaminhados pela professora de informática, que fornecia um número de identificação para cada criança. Somente após o encerramento dos dois módulos, na fase de consolidação dos resultados, foi que a escola informou, pelo número de identificação, quais crianças tinham TDAH e suas demais informações pessoais.

6.3 Critérios de Avaliação

Toda atividade, expressão ou comentário dos alunos, em cada um dos módulos dos dois experimentos, foi monitorado e registrado. Esses registros permitiram o preenchimento dos formulários de avaliação (em anexo), que contemplaram os seguintes aspectos:

- 1) tempos e cálculos;
- 2) aceitação e adaptação do usuário à tecnologia;

3) motivação e envolvimento;

4) manifestação de sintomas.

Com exceção do Formulário I, os demais formulários foram respondidos com respostas Sim ou Não.

Os mesmos formulários foram utilizados nos dois experimentos, tanto no módulo RV quanto no módulo MM.

Formulário I – Tempos e Cálculos

O Formulário I (Anexo I) registrou os tempos de jogo e de familiarização inicial do usuário com o jogo e com a tecnologia, além de informações sobre a quantidade de cálculos efetuados, erros e acertos.

Formulário II – Aceitação e Adaptação do Usuário à Tecnologia

As questões levantadas pelo Formulário II (Anexo II) objetivaram avaliar se o usuário se interessou pelo uso do computador e do capacete, que é um periférico pouco convencional para a maior parte dos usuários. Foi observada também a adaptação do usuário à tecnologia. Essas questões estão associadas à usabilidade dos software. Segundo Pressman[2006], a usabilidade é definida como o grau de facilidade demonstrado pelo usuário no uso do sistema. Vários itens foram considerados para avaliar a usabilidade dos ambiente MemoZoo.

No módulo MM dos dois experimentos, só foi aplicada a primeira pergunta do formulário II, relativa ao interesse do usuário pelo uso do computador. As demais questões não foram consideradas por só dizerem respeito à tecnologia de realidade virtual.

Formulário III - Motivação e Envolvimento

O objetivo do Formulário III (Anexo III) foi verificar a motivação e o entusiasmo do usuário em cada um dos módulos, assim como avaliar o envolvimento nas atividades propostas.

A questão relativa ao envolvimento, foi respondida tomando-se em conta a definição sugerida por Pinho[1997], que tem se tornado uma referência padrão em termos de RV nas publicações nacionais.

Segundo Pinho, o *envolvimento estaria relacionado com o grau de motivação demonstrado pelo usuário para o engajamento em determinada tarefa*. Pinho também relaciona envolvimento com imersão quando afirma que *a principal característica de um AV é o envolvimento humano, através da imersão sensorial*.

As publicações internacionais têm falado muito em “presença”, que usualmente é definida por “sensação de estar no ambiente” [Insko,2003]. O significado de presença estaria mais relacionado com o conceito de imersão [Gaggioli,2003].

Neste trabalho, em relação à pergunta “o usuário envolveu-se com entusiasmo na atividade proposta?” foi respondido *não* para as crianças que não conseguiram se engajar na atividade ou que se engajaram de forma apática, parecendo estar pouco motivadas para isso. Só foi respondido *sim* a esta pergunta quando o usuário se engajava nas atividades demonstrando interesse e entusiasmo. Ainda que seja um critério um tanto subjetivo, houve uma uniformização dos dados já que este item foi observado por uma única pessoa, para todas as crianças e todos os módulos.

Formulário IV - Manifestação de Sintomas

O Formulário IV (Anexo IV) visou cobrir os principais sintomas do TDAH apontados pela literatura (ver capítulo dois), possíveis de prejudicar o desempenho escolar dessas crianças, e monitorar a ocorrência ou não dos mesmos durante a realização dos exercícios nos AVs MemoZoo e nos programas multimídia.

6.4 Resultados

Os resultados são apresentados, a seguir, em função dos relatórios gerados.

6.4.1 Tempos e Cálculos

A seguir apresentamos os resultados médios por aluno relativos ao Formulário I. Acrescentamos aos resultados a informação sobre os erros proporcionais à quantidade de cálculos realizados, que podem ser obtidos pela média de erros cometidos vezes 100, dividido pela quantidade média de cálculos realizados.

Tabela 6.4 – Resultado de Tempos e Cálculos

	Primeiro Experimento		Segundo Experimento			
	TDAH		TDAH		Controle	
	RV	MM	RV	MM	RV	MM
Tempo de Explicação	2,3 min.	2,1 min.	1,7 min.	2,4 min.	1,8 min.	2,7 min.
Tempo de jogo	18,4 min.	14,9 min.	15,3 min.	23,7 min.	13,2 min.	25 min.
Quantidade de cálculos	7,8 /aluno	9,4 /aluno	10,3 /aluno	9,6 /aluno	11,9 /aluno	11,3 /aluno
Quantidade de erros	0,5 /aluno	2,8 /aluno	0,4 /aluno	0,3 /aluno	0,8 /aluno	0,4 /aluno
Erros proporcionais	6,4%	29,8%	3,9%	3,1%	6,7%	3,5%

6.4.1.1 Comentários

Apesar do projeto do MemoZoo1, utilizado no primeiro experimento, ser mais simples e ter menos pares a serem encontrados, o tempo médio de jogo no módulo RV do primeiro experimento foi maior do que no segundo, possivelmente em função da maior dificuldade cognitiva daquelas crianças.

Observa-se que no módulo RV, as crianças com TDAH cometeram menos erros do que os alunos do grupo de controle. Talvez isso seja uma consequência do interesse um pouco maior demonstrado pelas crianças com TDAH em relação ao uso do capacete, além do envolvimento e entusiasmo também um pouco maiores dessas crianças em relação ao uso do AV (a ser visto nas seções 6.4.2 e 6.4.3).

Percebe-se uma grande quantidade de erros proporcionais no módulo MM do primeiro experimento. Como o grau de dificuldade dos cálculos nos módulos RV e MM era equivalente, concluímos que esse fato possa ser uma consequência da pequena motivação que o software utilizado no módulo MM desse experimento despertou nos alunos, contribuindo para um baixo engajamento nas tarefas, além do aumento do cansaço e da dispersão, como veremos nas seções 6.4.3 e 6.4.4. Esses fatores, possivelmente, resultaram no aumento dos erros por distração ou descuido.

6.4.2 Aceitação e Adaptação do Usuário à Tecnologia

A seguir, apresentamos os resultados percentuais relativos ao Formulário II.

Tabela 6.5 – Resultados de Aceitação e Adaptação do Usuário à Tecnologia

	Primeiro Experimento		Segundo Experimento			
	TDAH		TDAH		Controle	
	RV	MM	RV	MM	RV	MM
Interesse pelo computador	100,0%	100,0%	85,7%	85,7%	94,7%	89,5%
Interesse pelo capacete	91,7%	-	85,7%	-	63,2%	-
Incômodo em rel. ao capacete	33,3%	-	28,6%	-	36,8%	-
Capacete utilizado até o final	75,0%	-	100,0%	-	94,7%	-
Comentários de entusiasmo em rel. ao capacete	50,0%	-	28,6%	-	31,6%	-
Dificuldade para navegação	25,0%	-	71,4%	-	63,2%	-
Dificuldade para interação	33,3%	-	85,7%	-	57,9%	-
Intervenções externas p/ uso do mouse?	8,3%	-	71,4%	-	42,1%	-

6.4.2.1 Comentários

O interesse pelo uso do computador foi bem grande para todas as crianças, independente da tecnologia utilizada. As crianças também se interessaram pelo uso do capacete. Os alunos do primeiro experimento fizeram mais comentários de entusiasmo em relação ao uso do capacete do que os demais, possivelmente pelo fato de estarem menos habituados ao contato com as novas tecnologias. Alguns alunos do segundo experimento disseram já ter experimentado outros tipos de capacete em casas de jogos.

Foram relatados, porém, alguns tipos de incômodo em relação ao uso do capacete. Algumas queixas diziam respeito a mal estar físico, com, por exemplo, “é pesado”, “me deixa tonto”, ou “é estranho”. Outras queixas foram relativas à visualização do ambiente, pois a imagem no capacete aparece mais distante do que na tela do computador. Muitas crianças tiveram dificuldade para distinguir o cursor. Três alunos, no primeiro experimento, não se adaptaram ao uso do capacete, optando pela sua não utilização.

De modo geral, as crianças apresentaram dificuldade também na utilização do mouse, tanto para navegar quanto para interagir com os objetos. Essas dificuldades foram maiores no segundo experimento, especialmente para as crianças com TDAH, sendo que 71,4% dessas crianças precisaram de intervenção externa para auxiliá-las no uso do mouse. Já no primeiro experimento, os problemas em relação ao uso do mouse foram menos observados, sendo que só um aluno necessitou auxílio externo. Esses resultados parecem demonstrar que as questões de usabilidade, no primeiro experimento, foram minimizadas com as adaptações feitas no AV inicial, após a realização do teste, durante o desenvolvimento do sistema (seções 5.8.1 e 5.9.1). O cenário ficou bem mais simplificado e os objetos ficaram bem mais próximos e maiores. Dessa forma, pouca navegação foi requerida e a interação foi bem facilitada. Ainda assim, pudemos observar que a navegação e arraste de objetos, por ex., que requerem que o botão esquerdo do mouse seja mantido pressionado, não foram experienciados com naturalidade pelos usuários, que no caso do primeiro experimento, tinham pouca habilidade motora e pouca experiência com o uso do mouse.

No segundo experimento, apesar das crianças terem mais habilidades física e intelectual, as dificuldades relacionadas à usabilidade do sistema foram ainda maiores, em função do projeto do AV. Possivelmente, se os alunos tivessem tomado parte na fase de teste (seção 5.8.2), esses problemas tivessem sido previamente detectados, resultando em um AV final mais eficaz. O cenário, no segundo experimento, era bem mais complexo do que no primeiro, dificultando bastante a navegação. Em relação à interação, foram observados problemas quanto à visualização do cursor e quanto à localização da área sensível dos objetos a serem clicados, especialmente quando eles estavam mais distantes. Muitas vezes, as críticas feitas em relação ao capacete eram, na verdade, consequência dessa dificuldade, que só se manifestava na visão estereoscópica. Alguns usuários tiravam o capacete para conseguir clicar, olhando para a tela do computador, depois colocavam novamente.

Davies[2000], em seu estudo sobre navegação e interação em AVs com pessoas com danos cerebrais, também observou a grande dificuldade dos usuários para localizar a área sensível dos objetos, especialmente se o ponto de vista tornava o objeto menor, além de dificuldades para mover os objetos. Brown[1999a], da mesma forma, avaliando o uso de periféricos por pessoas com necessidades especiais de aprendizado em AVs, utilizando o mouse e o joystick, constatou, como no nosso trabalho, a existência de problemas relacionados à habilidade física dos usuários, problemas relacionados ao projeto do AV, e problemas relacionados aos periféricos, em si.

Essas questões de usabilidade precisam ser mais bem pensadas pois, como observou Lannen[2002], problemas desse tipo tornam o usuário frustrado e desmotivado.

6.4.3 Motivação e Envolvimento

A seguir, apresentamos de forma gráfica o resultado percentual obtido com o Formulário III.

Tabela 6.6 – Resultados de Motivação e Envolvimento

	1º. experimento		2º. experimento			
	TDAH		TDAH		Controle	
	RV	MM	RV	MM	RV	MM
Envolvimento	91,7%	33,3%	85,7%	42,9%	78,9%	73,7%
Comentários de entusiasmo	91,7%	25,0%	71,4%	57,1%	73,7%	63,2%
Comentários críticos	0,0	41,7%	42,9%	28,6%	15,8%	31,6%

6.4.3.1 Comentários

Nos dois experimentos, observamos que o percentual de crianças que demonstrou envolvimento e entusiasmo no módulo RV foi bastante alto e superior ao percentual de alunos que demonstrou envolvimento com o programa multimídia.

As crianças do grupo de controle foram capazes, de certa forma, de se envolver e se entusiasmar tanto no módulo RV quanto no módulo MM. Já as crianças com TDAH, demonstraram significativamente mais envolvimento e entusiasmo no módulo RV.

Apesar da grande dificuldade apresentada pelas crianças do segundo experimento para navegar e interagir no AV, como visto na seção 6.4.2, observa-se que, ainda assim, elas apresentaram elevado percentual de envolvimento e entusiasmo no módulo RV. Talvez esses percentuais tivessem sido equiparados aos dos alunos do primeiro experimento se não fossem as questões de usabilidade.

O percentual de crianças com TDAH que demonstrou envolvimento e entusiasmo no módulo MM foi um pouco maior no segundo experimento do que no primeiro, possivelmente em função do caráter mais estimulante do jogo utilizado naquele experimento, que propunha desafios a serem resolvidos e um objetivo mais lúdico. Essa pode ser a razão, também, para o alto percentual de

comentários críticos no módulo MM do primeiro experimento, que apresentava um jogo do tipo exercício e prática.

Não houve comentários críticos em relação ao AV no primeiro experimento. Grande parte da elevada quantidade de comentários críticos observada no módulo RV do segundo experimento para as crianças com TDAH, deve-se às dificuldades encontradas por essas crianças em relação às questões das interfaces.

6.4.4 Manifestação de Sintomas

A seguir, apresentamos o resultado percentual obtido com o Formulário IV.

Tabela 6.7 – Resultados de Manifestação de Sintomas

	Primeiro experimento		Segundo experimento			
	TDAH		TDAH		Controle	
	RV	MM	RV	MM	RV	MM
Comentários não pertinentes	16,7%	33,3%	0,0	29,0%	0,0	0,0
Desvio da atenção	25%	91,7%	14,0%	71,0%	5,0%	21,0%
Levantar da cadeira	0,0	8,3%	0,0	0,0	0,0	0,0
Cansaço	25,0%	58,3%	57,0%	86,0%	26,0%	16,0%
Hiperatividade	25,0%	50,0%	0,0	43,0%	16,0%	16,0%
Impulsividade	66,7%	75,0%	29,0%	57,0%	26,0%	16,0%
Intervenção externa	50,0%	91,7%	86,0%	57,0%	58,0%	47,0%

6.4.4.1 Comentários

A imersão proporcionada pelo capacete parece ter sido um fator fundamental para ajudar as crianças com TDAH a manter a atenção sustentada nas atividades do AV. Observa-se que foi pequeno o percentual de crianças com

TDAH que desviou o foco da atenção do computador para o ambiente externo no módulo RV (25% e 14% no primeiro e segundo experimentos, respectivamente). No primeiro experimento, os três alunos que se desconcentraram nesse módulo, foram os três alunos que não utilizaram o capacete. Os dois alunos que fizeram comentários não pertinentes à experiência, também estão entre os três alunos que não usaram o capacete. Já no módulo MM, apesar do interesse inicial das crianças também pelo uso do computador, quase todos os alunos se desconcentraram, de alguma forma, da atividade proposta nos jogos desse módulo (91,7% e 71% para as crianças com TDAH em cada experimento).

Podemos observar ainda, no segundo experimento, que 43% das crianças com TDAH apresentaram sintomas de hiperatividade enquanto utilizavam o programa multimídia. Já utilizando o ambiente virtual, esse percentual foi nulo. Também no primeiro experimento, o percentual de crianças que apresentou sinais de hiperatividade no módulo MM foi o dobro do percentual de alunos que apresentou hiperatividade no módulo RV. O equipamento imersivo parece atuar positivamente também sobre a manifestação desse sintoma.

As crianças com TDAH, que em geral sentem-se enfadadas e demonstram pequena persistência em situações que exijam um esforço mental constante, apresentaram, de fato, mais sinais de cansaço durante as atividades do que as crianças do grupo de controle. Entretanto, no módulo RV do primeiro experimento, esse percentual foi baixo (25%), ao contrário do segundo experimento (57%). Talvez isso tenha ocorrido em função da alta motivação e do menor grau de dificuldade de navegação das crianças do primeiro experimento. Já no módulo MM do primeiro experimento, observamos sinais mais elevados de cansaço (58,3%), provavelmente em razão da pequena motivação gerada pelo jogo utilizado nesse módulo. Considerando o segundo experimento, o percentual relativamente grande (57%) de crianças que demonstrou cansaço no módulo RV, pode dever-se, em grande parte, aos problemas encontrados por essas crianças para navegar e interagir no AV. Já o alto índice de sinais de cansaço no módulo MM desse experimento (86%), não se justifica por um caráter pouco estimulante do jogo, nem tampouco por problemas com as interfaces, pois esses fatores não ocorreram nesse módulo desse experimento. Apenas a diferença da tecnologia adotada parece ser a responsável pela diferença entre esses percentuais.

O percentual de crianças que necessitou de intervenções externas para pontuá-las sobre o que fazer no jogo foi, de modo geral, bastante elevado. No módulo RV, as crianças constantemente se esqueciam das regras “efetuar um cálculo antes de jogar” e “selecionar primeiro uma caixa verde e, depois, uma caixa laranja”.

De modo geral, se considerarmos os dados apresentados na tabela 6.7, dois aspectos podem ser facilmente observados: o primeiro é que as crianças do grupo de controle apresentaram bem menos sintomas do que as crianças com TDAH, e, o segundo, é que as crianças com TDAH apresentaram mais sintomas do transtorno no módulo MM do que no módulo RV, tanto no primeiro quanto no segundo experimentos. Entretanto, iremos validar as hipóteses propostas no capítulo um, a fim de ratificar estatisticamente a diferença entre as tecnologias em relação à manifestação dos sintomas.

6.4.5 Teste de Hipóteses

Para proceder ao teste das hipóteses apresentadas na seção 1.3, consideramos apenas as crianças com TDAH, e comparamos as duas tecnologias utilizadas, a fim de verificar se essas crianças apresentavam diferença significativa, em relação à manifestação dos sintomas, trabalhando com cada uma dessas tecnologias.

Dessa forma, foi atribuída uma pontuação a cada aluno, em um intervalo de 0 a 7 (um ponto a cada um dos sintomas apresentados) e aplicado o teste paramétrico t-Student com significância estatística de 5%. As variáveis atenderam ao critério de normalidade pelo método Shapiro-Wilk, também ao nível de significância de 0,05 [Spiegel,2000].

As hipóteses foram testadas para os dois experimentos. A tabela 6.8, a seguir, apresenta a média das pontuações alcançadas não só pelas crianças com TDAH, no primeiro e segundo experimentos, como também pelas crianças do grupo de controle, que foram analisadas posteriormente.

Tabela 6.8 – Pontuação média dos alunos para manifestação de sintomas

	1º. Experimento		2º. Experimento			
	TDAH		TDAH		Controle	
	RV	MM	RV	MM	RV	MM
Média	2,08	4,08	1,86	3,43	1,32	1,16

A análise estatística mostrou que as crianças com TDAH apresentaram significativamente menos sintomas no módulo RV do que no módulo MM, tanto no primeiro experimento ($t=3,79$; $p=0,030$; $g.l.=11$) (médias 2,08 e 4,08), quanto no segundo ($t=2,69$; $p=0,036$; $g.l.=6$) (médias 1,86 e 3,43). Dessa forma, nos dois experimentos realizados, a hipótese nula H_0 formulada no capítulo 1, seção 1.3, foi rejeitada, e, conseqüentemente, aceitamos a hipótese H_1 , que afirma que a pontuação média em relação aos sintomas do TDAH alcançada por alunos com esse transtorno enquanto utilizam um ambiente virtual 3D de matemática, é inferior a pontuação alcançada, por esses mesmos alunos, enquanto utilizam um software multimídia de matemática.

Complementando o teste de hipóteses, realizamos outras verificações estatísticas para reforçar formalmente algumas observações dos resultados encontrados.

Nesse sentido, da mesma forma como fizemos para as crianças com TDAH, analisamos o impacto da tecnologia também sobre o grupo de controle (nesse caso, as médias comparadas foram 1,32 e 1,16) e constatamos que, ao contrário das crianças com TDAH, elas não apresentaram diferença estatisticamente significativa, em relação à manifestação dos sintomas, de uma tecnologia para a outra ($t=1,11$; $p=0,281$; $g.l.=18$).

Em outra verificação realizada, consideramos cada tecnologia separadamente e verificamos se havia diferença estatisticamente significativa entre as crianças com TDAH e as do grupo de controle, em relação à manifestação de sintomas, enquanto utilizavam cada uma dessas tecnologias. Em outras palavras, avaliamos se era possível distinguir quem tinha TDAH de quem não tinha, em

função dos sintomas apresentados, em cada tecnologia separadamente. Nesse caso, consideramos apenas o segundo experimento, pois foi o único que atuou com grupo de controle. Por estarmos trabalhando com dois grupos diferentes, utilizamos o teste não paramétrico para grupos independentes Mann-Whitney, ao nível de significância de 0,05 [Spiegel,2000]. Considerando a tecnologia de realidade virtual (médias 1,86 e 1,32) não houve diferença significativa entre os grupos TDAH e controle, em relação à manifestação de sintomas, quando eles utilizaram essa tecnologia ($U=49,5$; $p=0,334$). Já na tecnologia MM (médias 3,43 e 1,16), o grupo com TDAH apresentou significativamente mais sintomas do que o grupo de controle ($U=15,5$; $p=0,001$).

6.4.5.1 Comentários

Considerando os sintomas como um todo, não pareceu haver diferença entre as duas tecnologias para o grupo de controle. A pontuação obtida por esse grupo em relação à manifestação de sintomas foi estatisticamente equivalente nos dois módulos. Para as crianças com TDAH, entretanto, a diferença entre as tecnologias foi sensível. Os alunos com TDAH apresentaram significativamente menos sintomas do transtorno enquanto utilizaram os AVs MiniZoo do que quando trabalharam com os programas multimídia.

Analisando por módulo, ao considerar apenas a tecnologia de realidade virtual, não constatamos diferença estatisticamente significativa, em relação à manifestação de sintomas, entre os grupos TDAH e Controle. A tecnologia de realidade virtual parece ter contribuído para a atenuação dos sintomas do TDAH, funcionando como um fator homogenizador, nesse aspecto, entre os grupos com e sem o transtorno. A tecnologia multimídia, porém, parece não ter gerado esse efeito homogenizador, uma vez que as crianças com TDAH apresentaram significativamente mais sintomas do que as crianças de controle, nesse módulo.

6.5 Considerações Finais

Este capítulo descreveu o trabalho experimental realizado, envolvendo alunos de duas escolas, de diferentes níveis sócio-econômicos.

Na primeira escola, foi observado o impacto da tecnologia sobre crianças de classes sociais baixas, com pouco acesso ao uso de computadores. Em geral, elas apresentavam sérios problemas sócio-familiares, além de outros diagnósticos associados ao TDAH.

Na segunda escola, as crianças apresentavam um padrão sócio-econômico mais alto, estando familiarizadas ao uso de tecnologias computacionais. O índice de repetência era pequeno entre esses alunos, assim como a ocorrência de quadros comórbidos.

Os resultados revelaram o interesse das crianças, independente de classe social ou diagnóstico médico, pelo uso do computador e pela experiência com a realidade virtual.

O simples fato de poder jogar no computador, independente da utilização de RV ou não, já foi suficiente para entusiasmar as crianças, funcionando como forte fator motivador, mesmo sendo dito que o jogo que utilizariam seria de cálculos matemáticos.

A possibilidade de utilização de um recurso não convencional, como o capacete, também despertou o interesse e curiosidade dos alunos. Eles ficaram admirados ao perceber que não precisavam olhar para a tela do computador para ver o cenário, e que podiam virar a cabeça para qualquer lado que a imagem os acompanhava. Esticavam o braço no ar tentando alcançar ou tocar os objetos.

Além da motivação, outro ponto forte observado com a utilização do capacete, foi o sentido de imersão que foi gerado e o consequente envolvimento no AV. Esses fatores pareceram atuar direta e positivamente sobre os comportamentos relacionados à atenção das crianças.

Todos os alunos disseram que gostariam de jogar novamente o “jogo da memória” nos AVs MemoZoo. Alguns, de fato, no primeiro experimento, jogaram

duas vezes seguidas e outros continuaram simplesmente realizando todos os cálculos restantes após o término do jogo.

O próximo capítulo apresenta as conclusões geradas por este trabalho, assim como as propostas sugeridas para trabalhos futuros.

Capítulo 7

Conclusões

Neste trabalho, analisamos e comparamos padrões de comportamento relacionados aos sintomas do TDAH apresentados por crianças com esse transtorno durante a utilização de um mundo virtual 3D de matemática e durante a utilização de um software multimídia de matemática, no ambiente escolar.

Verificações acerca do impacto da tecnologia de realidade virtual sobre pessoas com diferentes tipos de transtorno e deficiências neuropsiquiátricas têm sido realizadas em vários centros de pesquisa. Entretanto, poucos estudos abordaram especificamente os portadores de TDAH. Aqueles que o fizeram, tiveram seu objetivo mais focado nas questões de avaliação e reabilitação dos processos atencionais dessas pessoas.

Este trabalho procurou cobrir essa lacuna, respondendo a questões sobre o potencial da tecnologia de realidade virtual como fator amenizador de sintomas marcantes do TDAH em atividades escolares.

O protótipo utilizado nesse sentido, foi construído através de um processo de desenvolvimento específico para ambiente virtuais 3D, contemplando uma importante fase de testes centrados no usuário, e atendeu plenamente aos objetivos da pesquisa.

A avaliação experimental envolveu grupos pertencentes a realidades sociais bastante diferenciadas, em uma abordagem inédita de estudo com crianças portadoras de TDAH no âmbito escolar.

Apesar da diferença de nível social entre os dois grupos, os resultados encontrados foram equivalentes, com variações pouco significativas. Contudo, talvez por terem tido pouco contato anterior com o computador, o grupo do primeiro experimento teve um índice de interesse e entusiasmo pela máquina superior ao outro grupo, composto por crianças que possuem computador em casa.

Diversos aspectos foram considerados na avaliação das tecnologias, sendo que os resultados relativos aos sintomas do transtorno apresentados pelas crianças, foram validados estatisticamente.

Nos dois experimentos realizados, a hipótese nula H_0 apresentada na seção 1.3 foi rejeitada, levando a conclusão de que a pontuação média em relação aos sintomas do TDAH alcançada por alunos com esse transtorno, enquanto utilizam um ambiente virtual 3D de matemática, é inferior à alcançada com a utilização de um software multimídia de matemática sem realidade virtual, confirmando, dessa forma, a hipótese H_1 .

A análise da tabela 6.6 ressalta que o índice de envolvimento dos alunos com o ambiente virtual foi superior àquele verificado com o software multimídia, reforçando as afirmações de Pinho[1997] em relação ao alto poder de envolvimento gerado pela navegação em ambientes virtuais 3D.

Da mesma forma, a comparação dos resultados apresentados nas tabelas 6.6 e 6.7, mostram que os alunos com TDAH apresentaram menos sintomas do transtorno enquanto utilizavam o ambiente 3D, possivelmente em função do maior envolvimento verificado com essa tecnologia, corroborando as proposições de Hallowell[1999] (seção 1.2).

A partir de todos os resultados obtidos nesta pesquisa, podemos sugerir, de acordo com o objetivo do trabalho apresentado na seção 1.2, que a tecnologia de realidade virtual tem potencial para ser utilizada como ferramenta de apoio, por crianças com TDAH, na realização de exercícios escolares de matemática.

Contudo, como a amostra utilizada neste trabalho foi pequena, seria interessante a realização de trabalhos adicionais, com amostras numericamente mais significativas.

Ainda assim, podemos afirmar que a investigação deste trabalho abre uma promissora vertente a ser explorada quanto à utilização de ambientes virtuais 3D por crianças com TDAH no contexto escolar, apontando uma nova tendência em relação à utilização de recursos tecnológicos alternativos no trabalho educacional com crianças portadoras desse transtorno.

7.1 Trabalhos Futuros

Os aspectos apresentados abaixo, apesar de pertinentes ao estudo, não foram objeto de análise deste trabalho, podendo, entretanto, serem contemplados nos trabalhos futuros que darão seguimento a este.

a) Não foi realizada uma análise do custo x benefício dos equipamentos de RV, nem tampouco algum estudo sobre a viabilidade de utilização desses equipamentos pelos estudantes brasileiros em função da realidade sócio-econômica e cultural do Brasil;

b) Neste trabalho, não avaliamos o potencial da RV para o *aprendizado de conteúdos* de matemática. A princípio, só analisamos o potencial dessa tecnologia para amenizar os sintomas do TDAH durante a *prática de exercícios* de matemática.

c) Apesar de todas as crianças com TDAH que tomaram parte nos experimentos deste trabalho estarem sob acompanhamento médico e com medicação prescrita, não sabemos se elas estavam efetivamente fazendo uso desses medicamentos, nem se eles foram administrados no dia da experiência;

d) Não foi feita análise diferenciada em função dos subtipos de TDAH;

e) Foram detectados alguns problemas em relação aos periféricos utilizados no AV. Não experimentamos, entretanto, outros modelos de capacete ou óculos 3D, nem tampouco outros periféricos que pudessem substituir o mouse;

f) O fato de o jogo implementado ter sido o “jogo da memória”, possivelmente deve ter efeitos positivos sobre as crianças com TDAH que costumam apresentar problemas em relação à memória de trabalho. Esse aspecto não foi investigado.

g) Para consolidar a conclusão sugerida no presente trabalho, recomenda-se a realização, em um trabalho futuro, de uma avaliação mais extensiva, possivelmente ao longo de um semestre letivo inteiro, utilizando AVs que contemplem conteúdos programáticos variados.

Referências Bibliográficas

- [AACAP,1997] AMERICAN ACADEMY OF CHILD AND ADOLESCENT PSYCHIATRY; 1997, “Practice parameters for the assessment and treatment of children, adolescents and adults with attention-deficit / hyperactivity disorder”, *J. Am. Acad. Psychiatry*, v.36, (10 supl), p.85S-121S. In [Rohde,2003].
- [Acaniz,2004] ALCANIZ, M.; LOZANO, J. A.; REY, B.; 2004, “Tachnological Background About VR”, *Cyberterapy- Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience*, Riva Ed.: Amsterdam.
- [Achenbach,1991] ACHENBACH, T. M.; 1991, *Manual for the children behavior checklist*, Burlington: University of Vermont/ Dept. of Psychiatry. In [Rohde,2003].
- [Amen,2000] AMEN, Daniel G.; 2000, *Transforme seu Cérebro, Transforme sua Vida*, Ed. Mercuryo: São Paulo.
- [Andrade,2003] ANDRADE, E. R.; 2003, “Quadro clínico do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 75-83.
- [Andrade,2004] ANDRADE, L. et.al.; 2004, “Mapa do Zoológico – Captura Cognitiva para Disfunção Executiva”, *SBIE2004 – XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Manaus, AM. Disponível em <http://www.ufam.edu.br/sbie2004>.

- [Baddeley,1986] BADDELEY, A.; 1986, *Working Memory*, Oxford: Clarendon Press.
- [Barbirato,2005] BARBIRATO, F.; 2005, “III Jornada de TDAH: mais um passo no esclarecimento de transtorno”,
<http://www.tda.org.br/reportagem02.php>. Consultado em outubro de 2005.
- [Barbosa,2003] BARBOSA, G. A.; GOLFETO, J. H.; 2003, “Epidemiologia” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 16-33.
- [Barilli,2004] BARILLI, E.C.V.C.; CUNHA, G.G.; 2004, “Desenvolvimento, aplicação e avaliação de ambientes de aprendizado baseado em realidade virtual para formação permanente de recursos humanos à distância, cuja competência exija o desenvolvimento de habilidades motoras: uma proposta de aplicação na área da saúde”, *XI Congresso Internacional de Educação à Distância*.
- [Baumgaertel,1995] BAUMGAERTEL, A.; WOLRAICH, M. L.; DEITRICH, M.; 1995, “Comparison of diagnostic criteria for attention deficit disorders in a Germany elementary school sample”, *J. Am. Child Adolesc. Psychiatry*, v.34, p.629-638. In [Barbosa,2003].
- [Barkley,1996] BARKLEY, R. A.; MURPHY, K.; KWASNIK, D.; 1996, “Psychological adjustment and adaptive impairments in young adults with ADHD”, *Journal of Attention Disorder*, (1)1, p.41-54.
- [Barkley,1997a] BARKLEY, R. A.; 1997, *ADHD and the nature of self-control*, New York: Guilford Press.
- [Barkley,1997b] BARKLEY, R. A.; 1997, “Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unified theory of ADHD”, *Psychol. Bull*, v.121, p.65-94. In [Stone,2004].

[Barkley,1998] BARKLEY, R. A.; 1998, *Attention Deficit/hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment*, New York: Guilford Press. In [Benczik,2003].

[Beier,2005] BEIER, K. P.; “Virtual Reality: a Short Introduction”, *University of Michigan*. Disponível em <http://www-vrl.umich.edu/intro/intro/>. Consultado em dezembro de 2005.

[Benczik,2000] BENCZIK, E. B. P.; 2000, *Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade: Atualização Diagnóstica e Terapêutica*, Ed. Casa do Psicólogo: São Paulo.

[Benczik,2003] BENCZIK, E. B. P.; BROMBERG, M. C.; 2003, “Intervenções na Escola” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 199-218.

[Benedetto-Nasho,1999] NASHO, E.; TANNOCK, R.; 1999, “Math computation, error patterns and stimulant medication effects in children with ADHD”, *Journal of Attention Disorders*, 3, 121-134.

[Biederman,1995] BIEDERMAN, J.; et al.; 1995, “Impact of adversity on functioning and comorbidity in children with attention-deficit hyperactivity disorder”, *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, n.34, p.1495-1504. In [Schmitz,2003].

[Biederman,1999a] BIEDERMAN, J.; FARAONE, S. V.; MIKE, E.; 1999, “Clinical correlates of ADHD in females: findings from a large group of girls ascertained from pediatric and psychiatric referral sources”, *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, n.38, p.966-967. In [Barbosa,2003].

- [Biederman,1999b] BIEDERMAN, J.; SPENCER, T.;1999, “Attentio-deficit hyperactivity disorder (ADHD) as a noradrenergic disorder”, *Biol. Psychiatry* , n.46, p.1234-1242. In [Stone,2003].
- [Brioso,1993] BRIOSO, A.; SARRIÀ, E.; 1993, “Distúbios de Comportamentos” in [Benczik,2003].
- [Brown,1998a] BROWN, D. J.; STANDEN, P. J.; COBB, S. V.; 1998, “Virtual Environments, Special Neesds and Evaluative Methods”, *Studies in Health Technology and Informatics*, vol.58, pp.91-102.
- [Brown,1998b] BROWN, D.; KERR, S. J.; BAYON, V.; 1998, “The development of the Virtual City: A user centred approach”, *Proc. 2nd.Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Skövde, Sweden.
- [Brown,1999a] BROWN, D. J.; COBB, S. V.; REYNOLDS, H.; 1999, “The development and evaluation of the virtual city”, *International Journal of Virtual Reality*, 4(1), pp.28-41.
- [Brown,1999b] BROWN, D. J.; COBB, S. V.; WILSON, J. R.; 1999, “Structured Evaluation for Special-Needs Education”, *Presence*, 8(3), pp.264-282.
- [Bruner,1966] BRUNER, J.; 1996, *Uma nova teoria de aprendizagem*, Rio de Janeiro: Ed. Bloch.
- [Burdea,2003] BURDEA, G. C.; COIFFET, P.; 2003, *Virtual Reality Technology*, J. Wiley & Sons Inc.
- [Butnik,2005] BUTNIK, S. M.; 2005, “Neurofeedback in adolescents and adults with attention deficit hyperactivity disorder”, *J. Clin. Psychol.* 61(5) pp 621-625.

- [Cabral,2005] CABRAL, S.B.;2005, “Déficit de Atenção / Hiperatividade em Adultos”, *Mental Help*, <http://www.mentalhelp.com/hiperatividade.htm>. Consultado em dezembro de 2005.
- [Carpintero,2001] CARPINTERO, R. S.; NARBONA, J.; 2001, “Executive System: a conceptual review and its study in children with attention-deficit hyperactivity disorder”, *Rev Neurol*, vol.33, p.47-53.
- [Castellanos,2004] CASTELLANOS, F. X.; ACOSTA, M. T.; 2004, “The neuroanatomy of attention-deficit hyperactivity disorder”, *Rev Neuron*, 38(sup.1), p.131-136.
- [Chaves,2006] CHAVES, E. O. C.; 2006, “Multimídia: Conceituação, Aplicações e Tecnologia”, disponível em <http://www.chaves.com.br/textself/multimed/mm0.htm>. Consultado em março de 2006.
- [Cho,2002] CHO, B. et al.; 2002, “The Effect of Virtual Reality Cognitive Training for Attention Enhancement”, *CyberPsychology & Behavior*, 5(2), pp 129-137.
- [CID-10,1993] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE; 1993, *Classificação de transtornos mentais e de comportamento da CID-10: direções clínicas e diretrizes diagnósticas*, Ed Artmed: Porto Alegre.
- [Conners,1996] CONNERS, C. K.; 1996, “Editorial – Attention, memory, and time”, *Journal of Attention Disorders*, (1)3, p.130-131. In [Keeton,2006].
- [Conners, 1998] CONNERS, C. K.; 1998, “Revision and restandardization of the Conners teacher rating scale”, *J. of Abnormal Child Psychology*, v.26, p.269-279. In [Rohde,2003].

- [Correia,2005] CORREIA, L. M.; Martins, A. P.; 2005, “Dificuldades de Aprendizagem”, *Biblioteca Digital*, Porto Editora: Porto. Disponível em www.educare.pt/BibliotecaDigitalPE/Dificuldades_de_Aprendizagem.pdf. Consultado em novembro de 2005.
- [Costa,1997] COSTA, R. M. E. M.; SANTOS, N.; ROCHA, A. R. C.; 1997, “Diretrizes Pedagógicas para Modelagem de Usuário em Sistemas Tutoriais Inteligentes”, *TISE97*. Disponível em <http://www.tise.archivos/tise97/trabajo11/index.htm>. Consultado em janeiro de 2006.
- [Costa,2000] COSTA, R. M. E. M.; 2000, “Ambientes Virtuais na Reabilitação Cognitiva de Pacientes Neurológicos e Psiquiátricos”, *Tese D.Sc.*, Coppe Sistemas – UFRJ, Rio de Janeiro.
- [Costa,2004] COSTA, R. M.; CARVALHO, L. A.; 2004, “The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia”, *Computers Methods and Programs in Biomedicine*, 73(3),pp.173-182.
- [Costa,2005] COSTA, R. M.; CARVALHO, L. A.; 2005, “O uso de jogos digitais na Reabilitação Cognitiva”, *SBIE2005 – XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Juiz de Fora, MG. Disponível em <http://www.dcc.ufjf.br/sbie2005>
- [Davies,2000] DAVIES, R. C et al.; 2000, “Special considerations for navigation and interaction in virtual environments for people with brain injury”, *Proc. 3rd Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Alghero, Italy.

- [Desch,2000] DESCH, L. W.; 2000, "The use of Microcomputer Software as an Adjunctive Therapy for Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder", *Attention Deficits and Hyperactivity in Children and Adults*, Marcel Dekker, Inc: New York, pp. 551-568.
- [DSM-IV,1994] AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION; 1994, *Diagnostic and statistical manual of mental disorder*, 4.ed., American Psychiatric Association: Washington, DC.
- [DuPaul,2002] DUPAUL, G. J.; OTA, K. R.; 2002, "Task Engagement and Mathematics Performance in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Effects of Supplemental Computer Instruction", *School Psychology Quarterly*, vol. 17 (3), pp 242-257.
- [Epstein,2000] EPSTEIN, J. N. et. Al.; 2000, "Familial aggregation of ADHD characteristics", *J.Abnorm Child Psychology.*, v.28, p.585-594. In [Schmitz,2003].
- [Esser,1990] ESSER, G.; SCHMIDT, M. H.; WOERNER, W.; 190, "Epidemiology and course of psychiatric disorders in school-age children: Results on a longitudinal study", *J. Am. Acad.Child Adolesc. Psychiatry*, vol.2, n.31, p. 243-246. In[Barbosa,2003].
- [Faraone,1998a] FARAONE, S. V.; BIEDERMAN, J.; 1998, "Neurobiology of attention-deficit/hyperactivity disorder", *Biol. Psychiatry* , v.44, p.951-958. In [Schmitz,2003].
- [Faraone,1998b] FARAONE, S. V. et al.; 1998, "Psychiatric, neuropsychological, and psychosocial features of DSM-IV subtypes of attention-deficit hyperactivity disorder: results from a clinically referred sample", *J. Am. Acad.Child Adolesc. Psychiatry* , v.37, p.185-193. In [Stone,2003].

- [Feldman,1985] FELDMAN, J.; 1985, *Aritmética para crianças com problemas de linguagem*, Rio de Janeiro: Editora Enelivros.
- [Fine,2001] FINE, L.; 2001, “Paying Attention” in <http://www.LDonline.org>, consultado em dezembro de 2002.
- [Fitzgerald,1986] FITZGERALD, G.; FICK, L.; MILICH, R.; 1986, “Computer-assisted instruction for students with attentional difficulties”, *Journal of Learning Disabilities*, 19, pp 376-379.
- [Ford,1993] FORD, M. J.; POE, V.; COX, J.; 1993, “Attending behaviors of children with ADHD in math and reading using various types of software”, *Journal of Computing in Childhood Education*,4, pp 183-196.
- [Fox,2005] FOX, D. J.; THARP, D. F.; FOX, L. C.; 2005, “Neurofeedback: an alternative and efficacious treatment for Attention Deficit Hyperactivity Disorder”, *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 30(4), pp 365-373.
- [Gaggioli,2003] GAGGIOLI, A.; BASSI, M.; DELLEFAVE, A.; 2003, “Quality of Experience in Virtual Environments”, *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*, G. Riva Ed.: Amsterdam.
- [Gangé, 1974] GAGNÉ, R. M.; 1974, *Como se realiza a aprendizagem*, Rio de Janeiro: Editora Livro Técnico e Científico.
- [Giuseppe,2006] GIUSEPPE, M. C. P.; MATTOS, P.; CAMPOS, A. P. Q.; 2006, “Desempenho Escolar e Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade”, *Revista de Psiquiatria Clínica*, disponível em <http://www.hcnet.usp.br/revista/vol32/n6/324.html>. Consultado em janeiro de 2006.

- [Greenhill,1992] GREENHILL, L. L.; 1992, “Transtorno de déficit de atenção por hiperatividade em crianças” in [Benczik,2003].
- [Grieve,1993] GRIEVE, J.; 1993, *Neuropsychology for occupational therapist*, Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- [Gordon,1991] GORDON,M.; 1991, *ADHD/huperactivity: a consumer’s guide*, New York: GST Publications.
- [GRVa] Grupo de Realidade Virtual Aplicada, UFRJ, www.lamce.ufrj.br/grv/, Consultado em janeiro de 2006.
- [GRV-PUC-RS] Grupo de Realidade Virtual, PUC-RS, <http://grv.inf.pucrs.br/>, consultado em janeiro de 2006.
- [GRV-UFSCar] Grupo de Realidade Virtual, UFSCar, www.dc.ufscar.br/~grv/, consultado em janeiro de 2006.
- [Guimarães,2006] GUIMARÃES, M. A. M.; 2006, “Um paradigma para o desenvolvimento de software educacional”. Disponível em <http://www.senac.br/informativo/BTS/222/boltec222d.htm>. Consultado em março de 2006.
- [Hallowell,1999] HALLOWELL, E. M.; RATEY, J. J.; 1999, *Tendência à Distração – Identificação e Gerência do Distúrbio do Déficit de Atenção da Infância à Vida Adulta*, Ed. Rocco: Rio de Janeiro.
- [Heiligentein,1999] HEILIGENSTEIN, E.; GUENTHER, G.; LEVY, A.; 1999, “Psychological and Academic Functioning in College Students With Attention Deficit Hyperactivity Disorder”, *Journal of American College Health* 47:181-5.

- [Hix,2002] HIX, D.; GABBRD, J. L.; “Usability engineering of virtual environments”, in *The Handbook of Virtual Environments*, Erlbaum Publishing: New York, pp. 681-700.
- [ICDVRAT,2004] 4th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technology, Oxford, UK. Disponível em www.icdvrat.reading.ac.uk.
- [IWVR,2005] 4th International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation, Los Angeles, USA. Disponível em <http://iwvr.org>.
- [Insko,2003] INSKO, B. E.; 2003, “Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods”, *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*, G. Riva Ed.: Amsterdam.
- [Jensen,,1995] JENSEN, P. S.; WATANABE, H. K.; RICHTERS, J. E.; 1995, “Prevalence of mental disorder in military children and adolescents: Findings from a two-stage community survey”, *J. Am. Acad.Child Adolesc. Psychiatry*, vol.34, n.1, p.1514-1524. In [Barbosa,2003].
- [Jensen,,1999] JENSEN, P. S. et al.; 1999, “Parent and child contributions to diagnosis of mental disorder: are both informants always necessary?”, *J. Am. Acad.Child Adolesc. Psychiatry*, vol.38, n.12, p.1569-1579. In [Barbosa,2003].
- [Johns,2005] JOHNS, D.; 2005, “Helping students with ADHD solve math problems”, in <http://www2.gsu.edu/~wworld/Articles/helpingstudents.htm>. Consultado em outubro de 2005.
- [Julie,1999] JULIE; 1999, “ADHD and math abilities” in http://neuro-www.mgh.harvard.edu/forum_2/. Consultado em 2001.

- [Keeton,2006] KEETON, L. I.; 2006, “ADHD, Memory, and Executive Fuction”, in http://www.stcsig.org/sn/PDF/Keeton_ADHD_paper.pdf consultado em março de 2006.
- [Kennedy,2001] KENNEDY, J. L.; QUIST, J. L.; 2001, “Genetics of Childhood Disorders: XXIII.ADHD,Part 7: The Serotonin System”, *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*, 40:2, pp 253-257.
- [Kirner,1998] KIRNER, T.; MARTINS, V.; 1998, “A Model of Software Development Process for Virtual Environments: Definition and a Case Studu”, 2o. *IEEE International Symposium on Application – Specific Systems and Software Engineering and Technology ASSET’98*, Richardson, USA.
- [Kirner,2000] KIRNER, C.; 2000, “Projeto Professor Virtual”. Disponível em <http://www.dc.ufscar.br/~grv/pvirtual.htm>. Consultado em janeiro de 2006.
- [Kleiman,1981] KLEIMAN, R. D.; HUMPHREY, H.; L.; LINDAY, P.; 1981, “Microcomputers and hyperactivity children”, *Creative Computing*,7, pp. 93-94.
- [Knapp,2003] KNAPP, P.; et al.; 2003, “Terapia Cognitivo-Comportamental no Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade”, in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 183-197.
- [Lathrop,1999] LATHROP, O.; 1999, “Virtual Reality”, *University of Edinburgh*, disponível em www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/cg/Web/intro_graphics/vr.html. Consultado em junho de 2005.

- [Lannen,2002] LANNEN, T.; BROWN, D. J.; STANDEN, P. J.; 2002, “Design of virtual environment input devices for people with moderate to severe learning difficulties – a user-centred approach”, *Proc. 4th Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Veszprém, Hungary.
- [Levy,1991] LEVY, F.; 1991, “The dopamine theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD)”, *Aust. N. Z. J. Psychiatry*, v.25, p.227-283. In [Stone,2003].
- [Lewis,1997] LEWIS, C.; GRIFFIN, M.;1997, “Human Factors Consideration in Clinical Applications of Virtual Reality”, *Virtual Reality in NeuroPhysiology*, G. Riva Ed.: Amsterdam.
- [Lindsay,2000] LINDSAY, R. L.; 2000, “Impact of Attentional Dysfunction in Mathematics” in *Attention Deficits and Hiperactivity in Children and Adults*, Marcel Dekker,Inc: New York, pp 257-264.
- [Martins,1997] MARTINS, V. F.; KIRNER, T. G.; 1997, “Processo de Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual: definição e um estudo de caso”, *I Workshop de Realidade Virtual: São Carlos*, pp. 119-129.
- [Mattos,2003] MATTOS, P. et al.; 2003, “Neuropsicologia do TDAH”, in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 63-73.
- [Mealer,1996] MEALER, C.; MORGAN, S.; LUSCOMB, R.; 1996, “Cognitive functioning of ADHD and non-ADHD boys on the WISC-III and WRAML: an analysis within a memory model”, *Journal of Attention Disorders*, (1)3, p.133-145.
- [Melo,1989] MELO, H.; 1989, “Ambientes Computacionais y Desarrollo Cognitivo: perspectiva psicológica”, *Boletim de Informática Educativa*, 2(2), pp 137-145, Colômbia.

- [Mick,2002] MICK, E. et al.; 2002, “Case-control study of ADHD and maternal smoking, alcohol use, and drug use during pregnancy”, *J. Am. Child Adolesc. Psychiatry*, n.41, p.378-385. In [Schmitz,2003].
- [Monastra,2005] MONASTRA, V. J.; 2005, “Eletroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation”, *Child and Adolesc Psychiatric Clinics of North America*, 14(1), pp 55-82.
- [Moojen,2003] MOOJEN, S. M.; DORNELES, B. V.; COSTA, A.; 2003, “Avaliação Psicopedagógica no TDAH” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 107-116.
- [Nascimento,2003] NASCIMENTO, F. B.; ROHDE, L. A.; 2003, “As outras medicações” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 175-182.
- [Neale,2000] NEALE, H. R.; COBB, S. V. G.; WILSON, J. R.; 2000, “Designing virtual learning environments for people with learning disabilities: usability issues”, *Proc. 3rd Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Alghero, Italy.
- [Neale,2002] NEALE, H. R. et al.; 2002, “Exploring the role of virtual environments in the special needs classroom”, *Proc. 4th Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Veszprém, Hungary.
- [Neuwirth,1993] NEUWIRTH, S.; 1993, *Learning Disabilities*, National Institute of Mental Health, NIH Publication, N.93-3611.
- [Nye,1994] NYE, B.; COOPER, H.; 1994, “Homework for students with learning disabilities: The implications of research for policy and practice”, *J. Learning Dis.*, 27, p.470-480.

- [Pantelidis,1995] PANTELIDIS, V.; 1995, "Reasons to use Virtual Reality in Education", *VR in Schools*, Vol. 1 (1), pp.9.
- [Parenté,1996] PARENTÉ, R.; HERMAN, D.; 1996, *Retraining Cognition: Technics and Applications*, Aspen Publishers, Inc.
- [Pennigton,1991] PENNINGTON, B. F.; 1991, *Diagnosing Learning Disorders: A Neuropsychological Framework*, New York: The Guilford Press.
- [Piaget,1978] PIAGET, J.; 1978, *Psicologia e Epistemologia por uma Teoria do Conhecimento*, Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária.
- [Pinho,1997] Pinho, M.; KIRNER, C.; 1997, "Uma introdução à realidade virtual". Minicurso, *SIBIGRAPI'97 - Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*. Campos do Jordão.
- [Pop-Jordanova,2005] POP-JORDANOVA, N.; MARKOVSKA-SIMOSKA, S.; ZORCEC, T.; 2005, "Neurofeedback treatment of children with attention déficit hyperactivity disorder", *Prilozi*, 26(1), pp71-80.
- [Pressmann,2006] PRESSMANN, R. S.; 2006, *Engenharia de Software*, 6a. edição, Ed. McGraw-Hill.
- [Priore,2002] PRIORE, C. L.; CASTELNUOVO, G.; LICCIONE, D.; 2002, "Virtual environments in cognitive rehabilitation of executive functions", *Proc. 4th Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Veszprém, Hungary.
- [Rief,1997] RIEF,S.; 1997, *The ADD/ADHD Checklist: an easy reference for parents & teachers*. Ney Jersey: Prentice Hall.

- [Rief,2001] RIEF, S.; 2001, “Estratégias de intervenção na escola”, *II Conferência Internacional sobre o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade*, São Camilo, SP.
- [Rizzo,2000] RIZZO,A. A. et al.; 2000, “The Virtual Classroom: A Virtual Reality Environment for the Assessment and Rehabilitation of Attention Deficits”, *Cyber Psychology & Behaviour*, vol.3 (3).
- [Rizzo,2002] RIZZO, A. A. et al.; 2002, “Virtual environments for the assessment of attention and memory processes: the virtual classroom and office”, *Proc. 4th Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Veszprém, Hungary.
- [Rohde,1999] Rohde, L. A. at al.; 1999, “ADHD in a school sample of Brazilian adolescents: a study of prevalence, comorbid conditions and impairments”, *J. AM. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, n.38, pp 716-722.
- [Rohde,2000] ROHDE, L. A. et al.; 2000, “Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade”, *Rev. Bras. Psiquiatria*, v.22, s.2.
- [Rohde,2003] ROHDE, L. A.; TRAMONTINA, S.; MARTINS, S. M.; 2003, “Integrando o processo diagnóstico” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 151-160.
- [Rohde,2004] ROHDE, L. A.; 2004, “Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade: atualização”, *J. Pediat*, 80(2 Supl), p.61-70.
- [Rose,2000] ROSE, F. D.; BROOKS, B. M.; ATTREE, E. A.; 2000, “Virtual Reality in Vocational Training of people with learning disabilities”, *Proc. 3rd Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Alghero, Italy.

- [Roussou,2004] ROUSSOU, M. et al.; 2004, “A User-Centered Approach on Combining Realism and Interactivity in Virtual Environments”, *IEEE-VR 2004*, disponível em www.cs.ucl.ac.uk.
- [Rus,2006] RUS, G. G.; FRANCO, R. D. O.; 2006, “La informática em el déficit de atención com hiperactividad (TDAH)”. Disponível em <http://www.logopedasinrecursos.org/articulos/pag3-articulo11.htm>. Consultado em abril de 2006.
- [Santos,1999] SANTOS, N.; 1999, “Desenvolvimento de Software Educacional”, disponível em http://www.ime.uerj.br/~neide/Dês_Soft.html. Consultado em janeiro de 2006.
- [SBIE,2005] “Simpósio Brasileiro de informática na educação”, <http://www.dcc.ufjf.br/sbie2005>.
- [Schmitz,2003] SCHMITZ, M.; ROMAN, T.; 2003, “Etiologia” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 35-52.
- [Schweitzer,2000] SCHWEITZER, J. B. et al.; 2000, “Alterations in the Functional Anatomy of Working Memory in Adults Attention Deficit Hyperactivity Disorder”, *American Journal of Psychiatry*, vol. 157, pp.278-280.
- [Siscoutto,2004] SISCOUTTO, R. A. et al.; 2004, “Estereoscopia” in *Realidade Virtual: Conceitos e Tendências – Livro do Pré-Simpósio SVR 2004*, Ed. Mania de Livro: São Paulo, pp.179-201.
- [Souza,2003] SOUZA, I.; PINHEIRO, M. A. S.; 2003, “Co-morbidades” in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 85-105.

- [Spiegel,2000] SPIEGEL, M. R.; SCHILLER, J. J.; SRINIVASAN, R. A.; 2000, *Schaum's outline of Probability and Statistics*, 2nd edition, Ed. McGraw Hill.
- [Sprich,2000] SPRICH, S. et al; 2000, "Adoptive and biological families of children and adolescents with ADHD", *J. Am.Acad. Child Adolesc. Psychiatry* , n.39, p.1432-1437. In [Schmitz,2003].
- [Standen,2004] STANDEN, P. J.; BROWN, D. J.; ANDERTON, N.; BATTERSBY, S.; 2004, "Problems with control devices experienced by people with intellectual disabilities using virtual environments: a systematic evaluation", *Proc. 5th Intl. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*,Oxford, UK.
- [Stone,2003] STONE, I. R.; SZOBOT, C. M.; 2003, "Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: base neurobiológica" in *Princípios e Práticas em TDAH*, Ed. Artmed: Porto Alegre, pp. 53-62.
- [SVR,2005] VII Syposium on Virtual reality; 2005, Belém, PA. Disponível em www.sbc.org.br.
- [Swanson,2001] SWANSON, J. M. et al.; 2001, "Clinical Relevance of primary findings of the MTA: sucess rate based on severity of ADHD and ODD symptoms at the end of treatment", *J. Am. Acad. Child. Psychiatry*, v.40, p.2. In [Rohde,2003].
- [Thapar,1999] THAPAR, A. et. Al.; 1999, "Genetic basis of attention-deficit and hyperactivity", *Br. J. Psychiatry* , v.174, p.105-111. In [Schmitz,2003].
- [TISE,2005] "Taller International de Software Educativo", <http://www.tise.cl/2005>.

- [Trapani,2000] TRAPANI, C.; 2000, “Psycoeducacional Assessment of Children and Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder” in *Attention Deficits and Hiperactivity in Children and Adults*, Marcel Dekker,Inc: New York, pp 197-214.
- [UniversoTDAH] <http://WWW.universoTDAH.com.br>, consultado em outubro de 2005.
- [Vaidya,1998] VAIDYA, C. J. et al.; 1998, “Selective affects of methylphenidate in attention deficit hyperactivity disorder: a functional magnetic resonance study”, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v.95, p. 14494-14499. In [Stone,2003].
- [VREDU,2000] VR and EDU, <http://www.vldtk.ed.ac.uk/reports/vr.html>. Consultado em novembro de 2000.
- [VREL] Virtual Reality and Education Laboratory, East Carolina University, www.coe.ecu.edu/vr/vrel.htm. Consultado em janeiro de 2006.
- [Whechsler,1991] WHECHSLER, D.; 2001, *Wisc-III/Manual*. New York, NY: The psychological Corporation. In [Rohde,2003].
- [Weiss,2001] WEISS, A. M. L.; CRUZ, M. L. R. M.; 2001, *A informática e os problemas escolares de aprendizagem*, DP&A Ed.: Rio de Janeiro.
- [Wikipédia,2006a] “Comportamentalismo”, *Wikipédia –Enciclopédia livre*. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/comportamentalismo>. Consultado em abril de 2006.
- [Wikipédia,2006b] “Zona de Desenvolvimento Proximal”, *Wikipédia – Enciclopédia livre*. Disponível em http://www.wikipedia.org/wiki/zona_de_desenvolvimento_proximal. Consultado em abril de 2006.

[Winn,1993] WINN, W.; 1993, “A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality” Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>. Consultado em março de 2006.

[Yasutake,2000] YASUTAKE, D.; LERNER. J.; 2000, “School Strategies” in *Attention Deficits and Hiperactivity in Children and Adults*, Marcel Dekker, Inc: New York, pp 461-476.

Anexo 1

Formulário I – Tempos e cálculos

Formulário I – Tempos e cálculos	
Questões	Resposta
1) Qual o tempo de explicação? – tempo gasto no reconhecimento do ambiente, explicação das regras do jogo e adaptação do usuário à tecnologia;	
2) Qual o tempo de jogo? – excluído o tempo de explicação;	
3) Quantidade de cálculos efetuados	
4) Quantidade de cálculos errados	

Anexo 2

Formulário II – Aceitação e adaptação do usuário à tecnologia

Formulário II – Aceitação e adaptação do usuário à tecnologia	
Questões	Resposta
1) Houve interesse pelo uso do computador?	() Sim () Não
2) Houve interesse pelo uso do capacete?	() Sim () Não
3) Houve algum tipo de incômodo em relação ao capacete? Qual?	() Sim () Não
4) O capacete foi utilizado até ao final da experiência?	() Sim () Não
5) O usuário fez comentários de entusiasmo em relação ao capacete?	() Sim () Não
6) Houve dificuldade para interação com os objetos?	() Sim () Não
7) Houve dificuldade para navegação no ambiente?	() Sim () Não
8) O usuário precisou de intervenção externa para auxiliá-lo no uso do mouse?	() Sim () Não

Anexo 3

Formulário III – Motivação e envolvimento

Formulário III– Motivação e envolvimento	
Questões	Resposta
1) O usuário envolveu-se com entusiasmo na atividade proposta?	() Sim () Não
2) O usuário fez comentários de entusiasmo em relação ao jogo?	() Sim () Não
3) O usuário fez comentários críticos em relação ao jogo?	() Sim () Não

Anexo 4

Formulário IV – Manifestação de sintomas

Formulário IV – Manifestação de sintomas	
Questões	Resposta
1) O usuário desviou o foco da atenção do computador para algum aspecto do ambiente externo(ex. colegas, ruídos, etc.)?	() Sim () Não
2) O usuário fez comentários não pertinentes à experiência?	() Sim () Não
3) O usuário levantou da cadeira durante a experiência?	() Sim () Não
4) O usuário demonstrou cansaço verbal ou fisicamente (ex. espreguiçar, suspirar, recostar na cadeira, etc.)?	() Sim () Não
5) O usuário demonstrou hiperatividade, comportando-se de modo incompatível com a experiência (ex. remexer-se em demasia, ficar dançando na cadeira, etc.)?	() Sim () Não
6) O usuário demonstrou impulsividade (ex. responder rápido, sem pensar, clicar várias vezes o botão do mouse, agir precipitadamente, em desacordo com o andamento normal do jogo, etc.)?	() Sim () Não
7) O usuário precisou de intervenções externas para pontuá-lo sobre o que fazer (dificuldade para internalizar as regras do jogo)?	() Sim () Não