



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

NELSON PINHEIRO COELHO DE SOUZA

INVESTIGANDO O EFEITO DO DESLOCAMENTO DO OLHAR:
implicações para o Princípio da Atenção Dividida

Belém, PA
2015

NELSON PINHEIRO COELHO DE SOUZA

INVESTIGANDO O EFEITO DO DESLOCAMENTO DO OLHAR:
implicações para o Princípio da Atenção Dividida

Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação do
IEMCI/UFPA. Área de concentração: Educação em
Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves

Belém, PA
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Souza, Nelson, 1956-

Investigando o efeito do deslocamento do olhar:
implicações para o Princípio da Atenção Dividida /
Nelson Souza. - 2015.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Educação Matemática e Científica,
Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências e Matemáticas, Belém, 2015.

1. Psicologia da aprendizagem. 2. Atenção
dividida. 3. Aprendizagem. 4. Memória. 5.
Neurociência - educação. I. Título.

CDD 22. ed. 153.15

NELSON PINHEIRO COELHO DE SOUZA

**INVESTIGANDO O EFEITO DO DESLOCAMENTO DO OLHAR:
implicações para o Princípio da Atenção Dividida**

Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação do IEMCI/UFPA. Área de concentração: Educação em Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves
Orientador – IEMCI/UFPA

Profa. Dra. Marisa Rosani Abreu da Silveira
Examinadora interna - IEMCI/UFPA

Prof. Dr. José Messildo Viana Nunes
Examinador interno - IEMCI/UFPA

Prof. Dr. Cesar Alexis Galera
Examinador externo - USP

Prof. Dr. José Maria Filardo Bassalo
Examinador externo- ICEN-UFPA

Prof. Dr. Luiz Carlos de Lima Silveira
Examinador externo- NMT/UFPA

Prof. Dr. Givago Souza
Examinador externo- NMT/UFPA

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta caminhada, gostaria de expressar minha imensa gratidão a Rosângela, minha esposa, a meus filhos Rafael, Márcio e Patrícia, ao meu orientador, grande amigo Danilo Alves, aos amigos que colaboraram na pesquisa experimental desta tese, Iran Gadelha, Silvio Filho e Waldemir Nascimento e a todos os 13 alunos da Licenciatura e Bacharelado em Física pela magnífica participação nos experimentos.

Gostaria também de agradecer pelo incentivo a estas pesquisas ao amigo-irmão professor José Maria Filardo Bassalo e ao professor John Sweller.

Dedico este trabalho a meus pais, Maurício Queima Coelho de Souza (*in memoriam*) e a Arlette Tavares Pinheiro, uma grande inovadora no ensino da musicalização.

RESUMO

Pearson e Sahraie (2003) demonstraram que a movimentação do olhar interfere na retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Postle et al. (2006) mostraram, além disso, que a movimentação do olhar afeta mais a retenção de informações espaciais do que a retenção de informações não-espaciais. Embora estes autores tenham mostrado uma relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e a retenção de informações, não fizeram uma experiência para verificar como esta retenção é afetada quando a amplitude do deslocamento do olhar é duplicada e triplicada ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $3\Delta\theta$). Além disso, não investigaram se a interferência causada pela movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais ocorreria para os deslocamentos do olhar produzidos pelas sacadas realizadas no estudo de materiais instrucionais. Na verdade, os deslocamentos do olhar impostos nos experimentos de Pearson e Sahraie (2003) e Postle et al. (2006) tinham amplitudes várias vezes maior que as amplitudes das sacadas tipicamente praticadas quando se estuda materiais instrucionais. Assim como Pearson e Sahraie (2003), nós também utilizamos em nosso experimento, o desempenho no Teste dos Blocos de Corsi como medida da retenção das informações espaciais na Memória de Trabalho. Porém nosso experimento diferiu do de Pearson e Sahraie (2003) em dois aspectos. Em primeiro lugar em nosso experimento utilizamos sacadas com amplitudes dentro da faixa de amplitudes praticadas no estudo de materiais instrucionais. Em segundo lugar em nossos experimentos as apresentações dos blocos foram intercaladas com sacadas, para simular as sacadas que se intercalam entre uma e outra fonte quando se estudam materiais instrucionais, permitindo-se assim a investigação do impacto dessas sacadas na retenção de informações espaciais. Nossos experimentos confirmaram nossa hipótese de que sacadas com amplitude similar aquelas praticadas no estudo de um material instrucional são capazes de afetar a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Houve também uma confirmação parcial da nossa segunda hipótese, de que um gradativo aumento na amplitude de uma sacada resultaria em um gradativo decaimento na retenção de informações espaciais. Obtivemos como resultado uma confirmação parcial pois a retenção de informações espaciais apenas decaiu quando a amplitude das sacadas aumentou de 0° para 36° e de 36° para 54° . Quando a amplitude das sacadas aumentou de 36° para 54° não se observou decréscimos no nível de retenção das informações espaciais. Um resultado importante foi a constatação de que, todas as vezes que sacadas foram intercaladas as apresentações dos blocos nos testes, independentemente de a amplitude da sacada ser 18° , 36° , ou 54° , sempre os níveis de retenção nos testes com sacadas foram inferiores ao nível de retenção nos testes sem sacadas. Discute-se também as novas perspectivas que a confirmação experimental de nossas hipóteses traz para o aprimoramento do Princípio da Atenção Dividida e para a explicação do que causa Efeito da Atenção Dividida em materiais instrucionais com conteúdo espacial. Prevemos que se os resultados que obtivemos em nossos experimentos puderem ser generalizados para materiais instrucionais com conteúdo espacial, isto permitirá que o efeito do deslocamento do olhar seja considerado um dos fatores causais do Efeito da Atenção Dividida para materiais instrucionais com conteúdo espacial. Por fim, informa-se que John Sweller, o descobridor do Efeito da Atenção Dividida, aceitou participar de pesquisas conjuntas nesta nova linha de pesquisa.

Palavras-chave: Efeito da Atenção Dividida. Memória de Trabalho Espacial. Blocos de Corsi. Sacadas Integrativas. Neuroeducação.

ABSTRACT

Pearson and Sahraie (2003) have demonstrated that gaze motion interferes with the retention of spatial information in Working Memory. Postle et al. (2006) showed, moreover, that gaze motion affects more the retention of spatial information than the retention of visual information. Although these authors have shown a cause and effect relationship between gaze displacement and the retention of spatial information, they did not make an experiment to verify how this retention is affected when the amplitude of the gaze displacement is doubled and tripled ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $3\Delta\theta$). In addition, they did not investigate whether the interference caused by gaze motion on the retention of spatial information would also occur for those small gaze displacements produced by the saccades made when studying instructional materials. In fact, the saccades that Pearson and Sahraie (2003) and Postle et al. (2006) used had an amplitude several times larger than the amplitudes of saccades typically made when studying instructional materials. Just like in Sahraie and Pearson (2003), we also used in our experiment the performance in the Corsi Blocks Test as a measure of the retention in Spatial Working Memory. However, our experiment differed from the experiment of Sahraie and Pearson (2003) in two aspects. Firstly, in our experiment we used saccades with amplitudes within the range of the amplitudes utilized in the study of instructional materials. Secondly in our experiments the presentations of the blocks were intercalated with saccades, in order to simulate saccades that are intercalated between one source and another when one studies instructional materials, allowing thus the investigation of the impact of these saccades on the retention of spatial information. Our experiments confirmed our hypothesis that saccades with amplitudes similar, as those practiced in the study of instructional material are able to affect the retention of spatial information in working memory. There was also a partial confirmation of our second hypothesis that a gradual increase in the amplitude of a saccades would result in gradual decay on the retention of spatial information. As a result, we obtained a partial confirmation as the retention of Spatial Information only declined when the amplitude of the saccades increased from 0° to 36° and from 36° to 54° . When the amplitude of the saccades increased from 36° to 54° , no decrease in the level of retention was observed. An important result was the finding that whenever saccades were intercalated in the blocks presentations in the tests, regardless the saccade amplitude was 18° , 36° , or 54° , always the retention levels in tests with saccades was inferior to the retention level in tests without saccades. It is also discussed the new perspectives that the experimental confirmation of our hypotheses bring for the improvement of the Split Attention Principle and to the explanation of what causes the Split Attention Effect in instructional materials with spatial content. We predict that if the results we obtained in our experiments can be generalized to instructional materials with spatial content, this will allow the effect of gaze shift to be considered one of the causal factors of the Split Attention Effect for instructional materials with space content. Finally, we report that John Sweller, the discoverer of the Split Attention Effect, agreed to participate in a joint research in this new line of research.

Key words: Split Attention Effect. Spatial Working Memory. Corsi Blocks. Integrative Saccades. Neuroeducation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Ilustração do fluxo do sangue através do coração, pulmões e corpo, apresentada em formato não integrado.....	14
Figura 2 -	Ilustração do fluxo do sangue através do coração, pulmões e corpo, apresentada em formato integrado.....	14
Figura 3 -	Ilustração do fluxo do sangue, apresentada em formato não Integrado exceto pela sentença 7 que se apresenta integrada por uma seta a parte da figura que lhe corresponde.....	15
Figura 4 -	Ilustração do fluxo do sangue. Ambas as setas eliminam buscas pois sinalizam quais são as fontes correspondentes. Porém, a seta vermelha por ser maior que a seta azul induz uma sacada maior.....	16
Figura 5 -	Formato de apresentação que gera a atenção dividida.....	23
Figura 6 -	Formato de apresentação que não gera a atenção dividida.....	23
Figura 7 -	Blocos de Corsi sob o ponto de vista do experimentador.....	32
Figura 8 -	Tarefas de memória visual e espacial.....	33
Figura 9 -	Matriz de Brooks (1967).....	44
Figura 10 -	Percentual de queda no número de acertos nos Testes de Blocos de Corsi no experimento de Pearson e Sahraie (2003)	48
Figura 11 -	As posições dos 9 blocos na matriz 7 x 7.....	62
Figura 12 -	Blocos posicionados sobre a matriz invisível.....	62
Figura 13 -	Posicionamento dos 9 blocos na tela do computador. Estes blocos estão posicionados sobre uma matriz invisível.....	63
Figura 14 -	No experimento controle as letras aparecem no interior dos blocos.....	64

Figura 15 -	No experimento-teste as letras aparecem distantes dos blocos para obrigar os participantes a deslocarem seu olhar até as letras.....	64
Figura 16 -	A Moldura vermelha sinaliza o final da apresentação dos blocos e o início do teste.....	67
Figura 17 -	Ilustração de como as sacadas são entremeadas às apresentações dos blocos.....	75
Figura 18 -	Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $\Delta\Theta$	77
Figura 19 -	Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $2\Delta\Theta$	77
Figura 20 -	Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $3\Delta\Theta$	77
Figura 21 -	Arranjo de Blocos similar ao de Orsinis (2001)	82
Figura 22 -	Arranjo de blocos obtido pela inversão vertical da figura 21.	82
Figura 23 -	Arranjo de blocos obtido pela inversão horizontal da figura 21	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Interferência das tarefas visuais e espaciais.....	34
Gráfico 2 -	Número de acertos dos 13 participantes varia em função do deslocamento do olhar e do número de blocos. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108°	84
Gráfico 3 -	Variação do número médio de acertos dos 13 participantes em função do deslocamento do olhar.....	86
Gráfico 4 -	Médias de acertos para testes com 3, 4 e 5 blocos para deslocamentos do olhar de 72° e 108°	94
Gráfico 5 -	Setas indicam o mesmo número de acertos em testes com 4 e 5 blocos.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Apresentação cronológica dos eventos descritos no procedimento do primeiro teste.....	65
Tabela 2 -	Apresentação cronológica dos eventos descritos no procedimento dos testes envolvendo sequência de três blocos e sacadas de amplitude $\Delta\theta$	73
Tabela 3 -	Grupo 1: Ordem crescente ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $3\Delta\theta$) de realização dos testes e o formato do arranjo dos Blocos de Corsi.....	79
Tabela 4 -	Grupo 2: Ordem decrescente ($3\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $1\Delta\theta$) de realização dos testes e o formato do arranjo dos Blocos de Corsi.....	79
Tabela 5 -	Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108°	83
Tabela 6 -	Médias de acertos dos 13 participantes associadas aos ângulos de deslocamento do olhar 0° , 36° , 72° e 108° , para 3, 4 e 5 blocos.....	84
Tabela 7 -	Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para os ângulos de deslocamentos do olhar 0° , 36° , 72° e 108° , para 3, 4 e 5 blocos.....	85
Tabela 8 -	Valores p para teste com 3 blocos.....	86
Tabela 9 -	Valores p para teste com 4 blocos.....	86
Tabela 10 -	Valores p para teste com 5 blocos.....	86
Tabela 11 -	Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para deslocamentos do olhar de 36° e 72°	87
Tabela 12 -	Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para deslocamentos do olhar de 36° e 72°	88
Tabela 13 -	Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes e a média aritmética dos 13 participantes em um determinado teste e o desvio padrão dessa média. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108°	102
Tabela 14 -	Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes e a média aritmética dos acertos em testes de retenção por participante e o desvio padrão dessa média. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108°	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 A limitação da capacidade da Memória de Trabalho.....	19
2.2 O que é o Efeito da Atenção Dividida	22
2.3 A descoberta do Efeito da Atenção Dividida e sua importância para o ensino.....	24
2.4 Formas de se reduzir a busca pelas fontes correspondentes.....	26
2.5 O fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial em memória de trabalho espacial e memória de trabalho visual.....	28
2.5.1 O Teste dos Blocos de Corsi.....	31
2.5.2 O fracionamento da memória de trabalho demonstrado no experimento de Della Sala et al. (1999).....	32
3 O CAMINHO DE NOSSA PESQUISA.....	35
3.1 A pergunta inicial da pesquisa: a distância é um dos fatores que contribui para o Efeito da Atenção Dividida?	35
3.2 A busca visual interage mais com a Memória de Trabalho Espacial ou com a Memória de Trabalho Visual?	36
3.3 O efeito da movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais e a nossa conjectura.....	39
3.4 A interferência de tarefas espaciais sobre a retenção na memória de trabalho das informações espaciais provenientes de textos.....	41
3.5 Alguns aspectos do experimento de Postle et al. (2006)	43
3.6 Alguns aspectos do experimento de Pearson e Saharie (2003).....	45
3.7 Os mecanismos subjacentes.....	47
3.7.1 Mecanismos de Recitação Espacial.....	48
3.7.2 A supressão da Recitação Espacial em nosso experimento.....	52
3.8 O efeito do deslocamento do olhar pode ser produzido pelas sacadas que são praticadas durante o estudo de um material instrucional?	52
4 METODOLOGIA.....	57
4.1 Sujeitos da pesquisa, procedimentos e materiais comuns a todos os experimentos.....	59
4.1.1 Sujeitos da pesquisa.....	59
4.1.2 Material.....	59

4.1.3 Procedimentos e arranjos comuns a todos os experimentos.....	59
4.2 O experimento controle.....	62
4.2.1 Objetivo.....	63
4.2.2 Procedimento do experimento-controle	63
4.2.2.1 <i>Procedimento da primeira série de 14 testes do experimento-controle.....</i>	<i>64</i>
4.2.2.2 <i>Resultados do experimento-controle.....</i>	<i>67</i>
4.3 Experimento-teste.....	67
4.3.1 Por que no Experimento-teste as sacadas devem ser entremeadas a apresentação dos Blocos de Corsi?	68
4.3.2 Objetivos do experimento-teste.....	69
4.3.3 Procedimento dos testes para sequências de 3 blocos com sacadas entremeadas a apresentação.....	71
4.3.4 O procedimento completo do experimento teste.....	75
4.3.5 A ordem de realização dos testes influi.....	78
4.3.6 Por que utilizamos sequências de 3, 4 e 5 blocos?	80
4.3.7 Resolvendo o problema de se repetir 9 vezes a mesma sequência.....	80
4.3.8 Resultados do experimento-teste e do experimento-controle.....	82
4.4 Análise e discussão dos resultados.....	88
4.4.1 O decaimento da retenção de informações espaciais.....	93
4.4.1.1 <i>Hipótese explicativa N^o 1; a sacada como supressora da recitação.....</i>	<i>96</i>
4.4.1.2 <i>Hipótese explicativa N^o 2: a sacada como geradora de carga cognitiva.....</i>	<i>96</i>
4.4.1.3 <i>Hipótese N^o 3: a sacada como geradora de carga cognitiva e supressora da recitação.....</i>	<i>102</i>
4.4.2 Desvio Padrão da Média por tipo de teste	102
4.4.3 Relacionando a capacidade disponível da Memória de Trabalho com os valores de Desvio Padrão das médias aritméticas dos acertos de cada aluno.....	103
5 CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

Como os mesmos fatores que limitam a cognição limitam também a aprendizagem, o estudo desses fatores interessa tanto ao campo da psicologia cognitiva como ao campo da psicologia educacional. Por este motivo, algumas teorias sobre o processo ensino - aprendizagem têm buscado aplicar conhecimentos sobre a cognição para a formulação de diretrizes úteis para a elaboração de um ensino que resulte em uma aprendizagem mais eficiente. A interseção das neurociências com a educação e a psicologia tem sido recentemente denominada de Neuroeducação (ARANHA; FRANCO, 2012).

Um dos principais objetivos da Neuroeducação é desenvolver estratégias, com o suporte da neurociência, para a otimização do processo ensino-aprendizagem não apenas para aqueles alunos que não apresentam distúrbios e doenças que afetem a aprendizagem como também para aqueles alunos especiais, que apresentam este tipo de comprometimento da aprendizagem (ARANHA; FRANCO, 2012).

Essencial para a aprendizagem são as funções de armazenar e manipular informações. Em nosso cérebro, a estrutura que “fornece o armazenamento temporário e a manipulação da informação necessária para tarefas cognitivas complexas como [...] a aprendizagem” (BADDELEY, 1992, p. 556) é denominada de Memória de Trabalho. A Memória de Trabalho (MT) difere da Memória de Curto Prazo (MCP), pois enquanto a MCP tem apenas a função de armazenamento temporário, a MT possui a função de armazenamento temporário e manipulação das informações.

Um dos principais tópicos da neurociência que interessam à neuroeducação, diz respeito à limitação da capacidade da Memória de Trabalho¹ de armazenar e manipular informações (COWAN, 2001). Esta limitação da Memória de Trabalho condiciona a forma como aprendemos, devendo, portanto, também condicionar a forma como ensinamos (SOUZA, 2014). A Teoria da Carga Cognitiva, oferece diretrizes de ensino para contornar esta limitação e assim obter uma aprendizagem mais eficiente.

A ideia básica da Teoria da Carga Cognitiva é que como a capacidade cognitiva na Memória de Trabalho é limitada, então se a aprendizagem requerer capacidade demais, a aprendizagem será prejudicada. O remédio recomendado é desenhar materiais instrucionais que otimizem o uso da capacidade da Memória de Trabalho e evitem a sobrecarga cognitiva (DE JONG, 2009, p. 105).

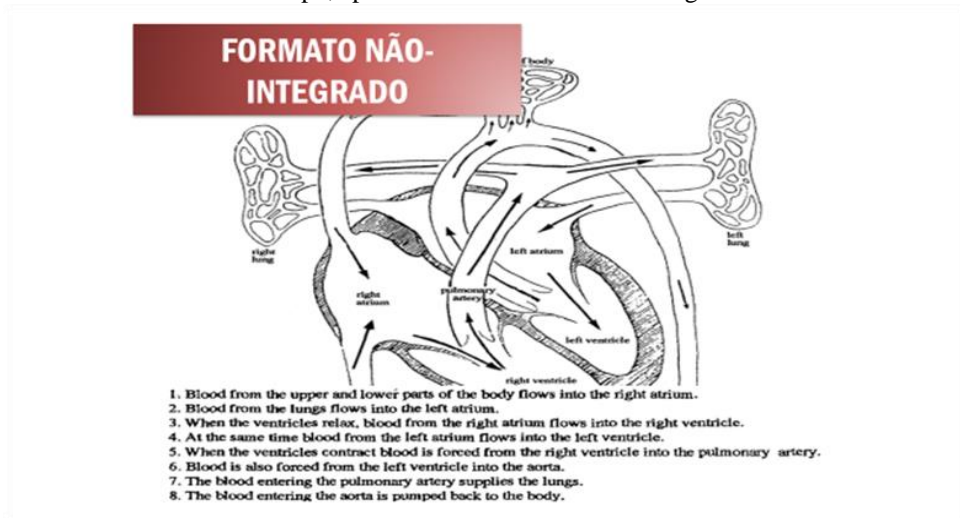
¹ A limitação na capacidade da Memória de Trabalho de armazenar e manipular informações é ilustrada através de dois exemplos no capítulo que apresenta o referencial teórico (capítulo 2).

Um ensino no qual a aprendizagem demanda um esforço mental que pode ultrapassar as limitações de capacidade da memória de trabalho prejudicará a aprendizagem. Deve-se, portanto, especialmente na aprendizagem de assuntos complexos, buscar sempre que possível reduzir a carga cognitiva na aprendizagem (SOUZA, 2014). A Teoria da Carga Cognitiva fornece algumas diretrizes para a redução da carga cognitiva na aprendizagem. Todas essas diretrizes de ensino elaboradas no âmbito da Teoria da Carga Cognitiva fundamentam-se em experimentos, não sendo meros construtos teóricos. Uma dessas diretrizes se baseia no Efeito da Atenção Dividida. Como a hipótese defendida nesta tese tem implicações sobre o Efeito da Atenção Dividida, veremos resumidamente, a seguir, o que é o Efeito da Atenção Dividida.

Considere um material instrucional com texto acompanhado de figura, onde as fontes de informação não sejam por si só auto-explicáveis, mas que umas completem o significado das outras. Para que este material seja entendido é obviamente necessário que estas fontes tenham seus conteúdos integrados. Uma tarefa preliminar a esta integração é a busca, dentre todas as fontes do material instrucional, pelas fontes correspondentes (KALYUGA; CHANDLER; SWELLER, 1999), isto é a identificação dentre as diversas fontes de informação do material instrucional, das fontes de informação que se completam ou que guardam alguma relação entre si. Caso não exista sinalização (setas, por exemplo) explicitando quais são as fontes correspondentes, a busca será aleatória e, portanto, será maior do que seria caso houvesse uma sinalização explicitamente identificando as fontes correspondentes.

Segunda a teoria da carga cognitiva a busca pelas fontes correspondentes gera uma carga cognitiva (SWELLER; CHANDLER, 1991; SWELLER; MERRIENBOER; PAAS 1999; SWELLER, 2008). Assim, quanto maior a busca, maior será a carga cognitiva demandada em razão da busca, o que por sua vez implicará uma menor disponibilidade de recursos cognitivos para a aprendizagem. Como a busca pelas fontes correspondentes em materiais com formato não integrado (formato onde não se sinaliza quais são as fontes correspondentes) é maior do que a busca realizada em materiais com formato integrado (formato onde se sinaliza quais são as fontes correspondentes), a aprendizagem a partir de materiais com formato não-integrado (vide figura 1) deverá ser menos eficiente que a aprendizagem a partir de materiais com formato integrado (vide figura 2). A constatação experimental de que as pessoas aprendem mais eficientemente a partir de materiais instrucionais que são apresentados em formato integrado do que em formato não integrado é denominada de Efeito da Atenção Dividida (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006).

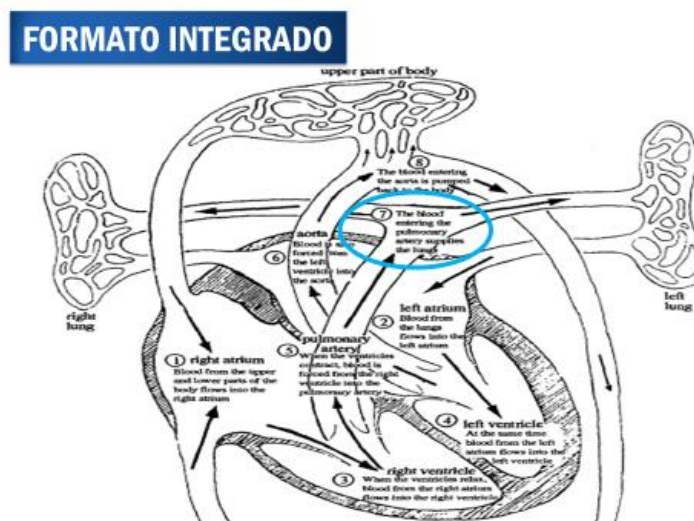
Figura 1 – Ilustração do fluxo do sangue através do coração, pulmões e corpo, apresentada em formato não integrado.



Fonte: Sweller e Chandler (1991).

A figura 1 exemplifica o que é um material instrucional apresentado em formato não integrado. Aqui as sentenças estão longe da parte da figura a que se referem. Isto não é ideal porque o aprendiz tem de buscar a informação, o que impacta negativamente a aprendizagem. Um modo de gerar o formato integrado é colocar as sentenças próximas às partes das figuras as quais elas se referem, como ilustra a figura 2. Isto explicita quais são as fontes correspondentes.

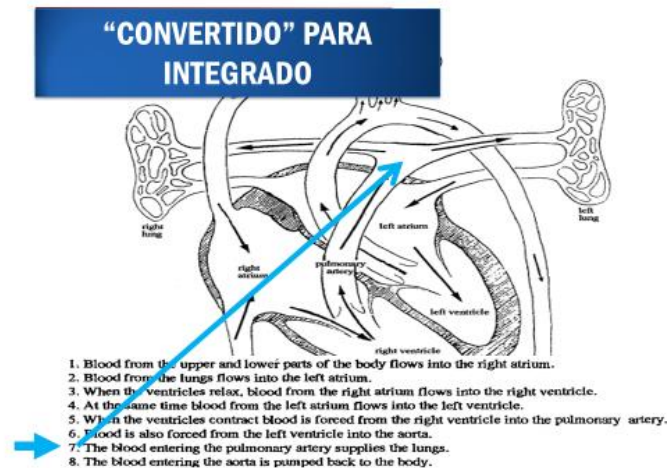
Figura 2 – Ilustração do fluxo do sangue através do coração, pulmões e corpo, apresentada em formato integrado.



Fonte: Sweller e Chandler (1991).

Uma outra forma de sinalizar quais são as fontes correspondentes é ligá-las através de uma seta como ilustra a figura 3, onde a sentença número 7 é conectada a parte da figura a qual corresponde através de uma seta.

Figura 3 – Ilustração do fluxo do sangue, apresentada em formato não Integrado exceto pela sentença 7 que se apresenta integrada por uma seta a parte da figura que lhe corresponde.



Fonte: Sweller e Chandler (1991).

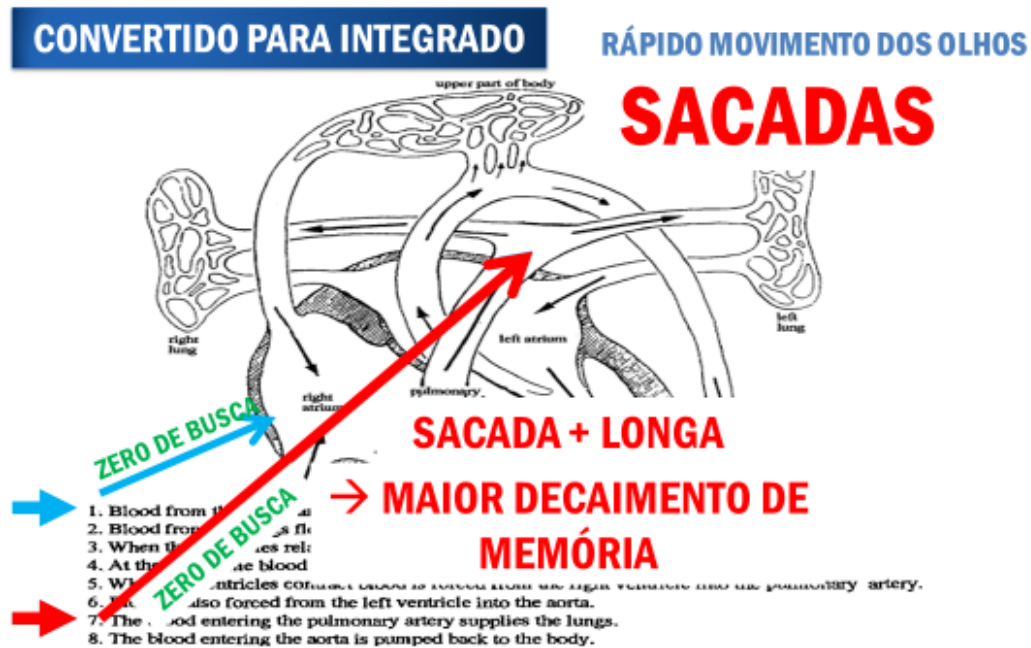
Do ponto de vista da Teoria da Carga Cognitiva estas duas formas de sinalizar quais são as fontes correspondentes (através da seta ou através da proximidade espacial) são equivalentes, isto é, devem produzir os mesmos resultados em termos de aprendizagem. Isto ocorre porque em ambos os casos as fontes de informação correspondentes estão explicitamente indicadas, não sendo necessário que o leitor as procure.

Além disso, do ponto de vista da Teoria da Carga Cognitiva apresentações com setas pequenas (seta azul exemplificada na figura 4) e apresentações com setas maiores (seta vermelha) são apresentações equivalentes, pois a quantidade de busca necessária em ambos é a mesma: Zero de busca (vide figura 4), já que em ambos os casos se sinaliza quais são as fontes correspondentes.

Contudo, contrariando este entendimento da Teoria da Carga Cognitiva, nesta tese questionamos se de fato as apresentações com setas de diferentes comprimentos (por exemplo a seta vermelha e a seta azul da figura 4) são equivalentes do ponto de vista da retenção de informações espaciais² na Memória de Trabalho. Vejamos porquê.

² Informação espacial é a informação relativa à localização, movimentação, direção e relações espaciais (ZHAO, 2004).

Figura 4 – Ilustração do fluxo do sangue. Ambas as setas eliminam buscas pois sinalizam quais são as fontes correspondentes. Porém, a seta vermelha por ser maior que a seta azul induz uma sacada maior.



Fonte: Sweller e Chandler (1991).

Para conectar as sentenças a imagem faz-se movimentos rápidos dos olhos. Por exemplo, para conectar a sentença número 7 (vide figura 4) a sua imagem correspondente, ou para conectar a sentença número um até sua imagem correspondente, faz-se movimentos muito rápidos nos olhos. Estes rápidos movimentos dos olhos entre dois pontos são chamados de sacadas (PURVES et al., 2001). O deslocamento angular do olhar ao realizar uma sacada é denominado de amplitude da sacada. Assim, por exemplo, quando nos referirmos a sacadas com maior ângulo de deslocamento, utilizaremos a expressão “sacadas com maior amplitude”.

Como a seta vermelha é maior que a seta azul, a sacada entre os dois pontos ligados pela seta vermelha possui maior amplitude que a sacada entre os dois pontos ligados pela seta azul. Como, de acordo com pesquisa realizada pelos neurocientistas Baddeley et al. (1975), Pearson e Sahraie (2003), Postle et al. (2006), sacadas afetam a retenção de informações espaciais, levantamos a hipótese de que sacadas com diferentes amplitudes afetam diferentemente a retenção de informações espaciais. Conjecturamos que materiais instrucionais que utilizam apenas setas grandes, devem afetar mais a retenção de informações espaciais do que materiais instrucionais que utilizam setas menores. Contudo, até onde é de nosso conhecimento inexistente relato na literatura de que já tenha sido testada esta hipótese de que sacadas de diferentes amplitudes têm diferentes efeitos sobre a retenção

de informações espaciais na Memória de Trabalho. As experiências realizadas pelos neurocientistas mencionados neste parágrafo, não testaram esta hipótese, pois não procuraram verificar se e como um gradual aumento da amplitude de uma sacada afeta a retenção de informações espaciais. Esta verificação foi feita nesta tese.

Nesta tese embora não utilizemos materiais instrucionais em nossos experimentos, simularemos sacadas com amplitudes similares as tipicamente praticadas quando se estuda um material instrucional. Nosso objetivo é verificar se sacadas com estas amplitudes são capazes de afetar a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho, bem como verificar se um gradual aumento da amplitude destas sacadas resulta em um gradual decaimento da retenção de informações espaciais. Ou seja, o nosso objetivo, uma vez verificado experimentalmente que sacadas similares as tipicamente praticadas no estudo de materiais instrucionais são capazes de afetar a retenção de informações espaciais, se expandirá para determinar o que ocorre com esta retenção de informações quando se duplica e triplica a amplitude destas sacadas.

Como os dados de nossos experimentos confirmaram a nossa conjectura de que sacadas similares às praticadas quando se estuda um material instrucional produzem um decaimento na retenção de informações na MT e confirmaram parcialmente que sacadas de diferentes amplitudes produzem diferentes efeitos sobre este decaimento, discutiremos também nesta tese as implicações desta confirmação para o Efeito da Atenção Dividida.

O texto dos próximos capítulos desta tese está organizado da seguinte maneira. No capítulo do referencial teórico (segundo capítulo) mostramos que a limitação de capacidade da Memória de Trabalho pode ser um gargalo para a aprendizagem e ilustramos esta limitação através de um exemplo. Descrevemos o fracionamento da Memória de Trabalho em Memória de Trabalho Espacial e Memória de Trabalho Visual e apresentamos o experimento de Della Sala et al. (1999) onde ele demonstra o fracionamento da Memória da Trabalho. Explicamos detalhadamente o que é o Efeito da Atenção Dividida ilustrando com exemplos o que é um material instrucional integrado e não-integrado. Também explicamos como o Efeito da Atenção Dividida foi descoberto e a sua relevância para a aprendizagem. Explicamos ainda o que é o Teste de Blocos de Corsi e indicamos que o mesmo será utilizado como instrumento de medida do nível de retenção de informações espaciais nos experimentos desta tese.

No terceiro capítulo, intitulado “O caminho da pesquisa”, apresentamos a pergunta inicial que nos conduziu a esta pesquisa e detalhamos não apenas o caminho que trilhamos na investigação teórica, como também apresentamos um breve histórico sobre a pesquisa relativa

aos efeitos da busca visual, a investigação experimental de Pearson e Saharie (2003) e alguns aspectos do experimento de Postle et al. (2006), indicando-se que nos experimentos de Pearson e Saharie (2003) não foi pesquisado o efeito de sacadas com amplitudes compatíveis com aquelas realizadas no estudo de materiais instrucionais nem foi pesquisado como um progressivo aumento das sacadas afeta a retenção de informações espaciais na memória de Trabalho.

Apresenta-se também a pesquisa existente sobre o efeito de tarefas espaciais sobre a retenção, quando estas tarefas são realizadas simultaneamente a leitura de textos espaciais. Por fim, apresentamos nossa conjectura de que os deslocamentos de olhar produzidos por sacadas com amplitudes na mesma faixa das amplitudes das sacadas tipicamente praticadas na busca por referentes (fontes correspondentes) no estudo de um texto acompanhado de figuras, são capazes de afetar a retenção na memória das informações espaciais extraídas dessas fontes (texto e figura) e que o gradativo aumento no deslocamento do olhar poderá produzir um gradual decaimento na retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Prevê-se também que sacadas com estas amplitudes terão maior impacto sobre a retenção de textos com conteúdo predominantemente espacial do que sobre textos com conteúdo predominantemente visual, devendo pesquisas futuras verificarem esta hipótese. E por fim, discute-se os mecanismos que provavelmente medeiam a relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e a retenção de informações espaciais na memória de Trabalho, expondo-se as correntes que explicam o mecanismo de recitação: a recitação baseada na atenção e a recitação baseada no controle do deslocamento do olhar.

No capítulo da Metodologia (Capítulo 4) apresentamos os 12 tipos de experimentos que realizamos e discutimos seus resultados. Propomos que as sacadas prejudicam a retenção por afetarem tanto a recitação quanto o armazenamento de informações. Propomos que as sacadas suprimem a recitação e que o esforço mental para as realizar, poderá em determinadas circunstâncias contribuir para a sobrecarga cognitiva afetando assim o armazenamento.

E finalmente no Capítulo 5 apresentamos nossas conclusões baseadas em nossos resultados experimentais e suas implicações para o Efeito da Atenção Dividida e para o Princípio da Atenção Dividida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A limitação da capacidade da Memória de Trabalho

A Memória de Trabalho, conforme vimos anteriormente, possui a função de armazenamento temporário e de manipulação de informações:

A Memória de Trabalho é fundamental para o pensamento e a aprendizagem, pois ela permite aos indivíduos ligarem pensamentos e ideias que estejam ativos na memória e ligar essas ideias com a informação armazenada na Memória de Longo Prazo. (FENESI et al., 2015, p. 334).

Embora a Memória de Trabalho seja essencial para a aprendizagem, a maior parte dos professores não tem conhecimento das limitações dessa memória. A limitação da Memória de Trabalho em armazenar itens pode ser ilustrada pela prática comum de se gravar um número de telefone “quebrando-o” em partes, em vez de se memorizar todos os dígitos de uma só vez. Por exemplo, o número 9237-9153 é mais fácil lembrar-se do que o número 92379153 (DELLA SALA, 2012).

A limitação da Memória de Trabalho em armazenar enquanto processa itens pode ser facilmente constatada por qualquer pessoa que tente fazer mentalmente as adições mostradas abaixo:

1) Calcule:

$$\begin{array}{r} 58 \\ + 37 \\ \hline \end{array}$$

2) Calcule:

$$\begin{array}{r} 23491421 \\ + 92173943 \\ \hline \end{array}$$

Ao tentar fazer mentalmente os cálculos, verifica-se que na questão (1) facilmente se calcula e se grava na memória o resultado da soma. Já na questão (2), embora seja fácil calcular o algarismo resultante de cada adição, manter na memória os algarismos que vão sendo calculados, vai se tornando cada vez mais difícil, não apenas em razão de a quantidade dos algarismos a serem mantidos na memória aumentar durante o processamento do cálculo, como também pela própria interferência do processamento desses cálculos com a

manutenção desses números na memória, sendo impossível, ao final de todas as adições, lembrar-se de todos os dígitos, resultantes de todas as adições (COOPER, 1998).

Cowan (2001) reuniu uma grande variedade de dados de diversos experimentos mostrando que o limite da capacidade da Memória de Trabalho é de quatro itens. Com relação à limitação de capacidade da Memória de Trabalho é importante destacar o entendimento de Sweller: “do ponto de vista instrucional, o número exato é provavelmente irrelevante porque o ponto importante é que a Memória de Trabalho é severamente limitada na sua habilidade de armazenar informações” (SWELLER; AYRES; KALYUGA 2011, p. 42).

Como “a maioria do que deve ser aprendido ou lembrado deve passar pela Memória de Trabalho” (FENESI et al. 2015, p. 335) essas limitações da Memória de Trabalho podem se tornar um gargalo para a aprendizagem (ARYES; VAN GOG, 2009):

Essencial para o desenvolvimento da expertise e da capacidade de resolução de problemas é a construção de esquemas³ na Memória de Longo Prazo, isto é, as estruturas de conhecimentos organizadas ao redor de conceitos centrais. Na construção desses esquemas, contudo, as limitações de capacidade e duração da Memória de Trabalho são um gargalo, eis que ali é onde os elementos de informação precisam ser processados, combinados, recitados, etc. Estas limitações se tornam especialmente mais pronunciadas quando se lida com tarefas complexas (AYRES; VAN GOG, 2009, p. 253).

Como estas limitações condicionam a forma como aprendemos, devem também condicionar a forma como ensinamos, pelo que, conhecer estas limitações é fundamental para todos que buscam promover uma aprendizagem mais eficiente (SOUZA, 2014).

A Teoria da Carga Cognitiva (TCC), idealizada em 1988 pelo psicólogo australiano John Sweller, investiga como essas limitações da Memória de Trabalho afetam a aprendizagem, e busca contornar estas limitações, utilizando, dentre outros recursos, a redução da carga sobre a memória de trabalho (denominada de carga cognitiva) induzida pelo formato de apresentação dos materiais e atividades instrucionais, liberando assim, mais recursos da memória de trabalho para a aprendizagem. Estas limitações podem ser particularmente impactantes para alunos iniciantes, eis que estes não dispõem dos conhecimentos rudimentares necessários para lidar com o novo conteúdo (MERRIENBOER; SWELLER, 2005). Por exemplo: “Aulas abarrotadas de novos conhecimentos e habilidades,

³ “Esquema é definido como um construto cognitivo que permite tratar múltiplos elementos de informação como se fossem um único elemento, categorizado de acordo com a maneira como será utilizado” (MARCUS; COOPER; SWELLER, 1996, p. 49).

que não sobrecarregam alunos experientes, irão sobrecarregar os alunos iniciantes” (CLARK; SWELLER, 2006, p. 32).

O fato de estas limitações serem particularmente impactantes sobre alunos iniciantes deve condicionar a forma como os ensinamos: “A boa instrução segmenta e sequencia o conteúdo de modo a reduzir a quantidade de informação nova que um aluno iniciante tem de processar de uma só vez” (CLARK; SWELLER, 2006, p. 32). Um ensino no qual a aprendizagem demanda um esforço mental que pode ultrapassar as limitações de capacidade da memória de trabalho prejudicará a aprendizagem. Assim, deve-se, especialmente na aprendizagem de assuntos complexos, buscar sempre que possível reduzir a carga cognitiva na aprendizagem (SOUZA, 2014). Portanto, a metodologia de ensino mais eficiente será aquela que buscar evitar a ultrapassagem da capacidade de armazenamento da Memória de Trabalho, pois uma vez excedida esta capacidade, a formação de esquemas que depender desta capacidade será prejudicada (SOUZA, 2013).

O esforço cognitivo que uma tarefa impõe à memória de trabalho de uma pessoa tem sido denominado de carga cognitiva no âmbito da Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998; SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011). A carga cognitiva experimentada por uma pessoa ao realizar uma tarefa, é “a capacidade cognitiva que de fato é alocada para atender as demandas impostas pela tarefa” (PAAS et al., 2003, p. 64). O conceito de carga cognitiva tem sido também adotado pela Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2009).

Existem diversas técnicas de medição da carga cognitiva, dentre elas destacamos a técnica das duplas tarefas. Nesta técnica uma tarefa secundária é acrescentada à tarefa principal, com a intenção de induzir carga sobre a Memória de Trabalho. Esta técnica se baseia no fato de que os recursos cognitivos da memória de trabalho são limitados. Isto implica que, caso os mesmos recursos cognitivos estejam sendo simultaneamente utilizados pelas duas tarefas, a execução de uma tarefa afetará o desempenho da outra. Desta forma, quando a tarefa principal for, por exemplo, a instrução multimídia (instrução que utiliza palavras e figuras), o “desempenho dos aprendentes na tarefa secundária pode então ser usado como uma medida direta da Carga Cognitiva induzida pela instrução multimídia” (BRUKEN; PLASS; LEUTNER, 2003, p. 58).

Como nossa pesquisa se origina de questionamentos a respeito do Efeito da Atenção Dividida e como a hipótese defendida nesta tese tem implicações sobre o Princípio da Atenção Dividida, vejamos a seguir o que é este efeito, como se originou, e qual a sua importância para o ensino.

2.2 O que é o Efeito da Atenção Dividida

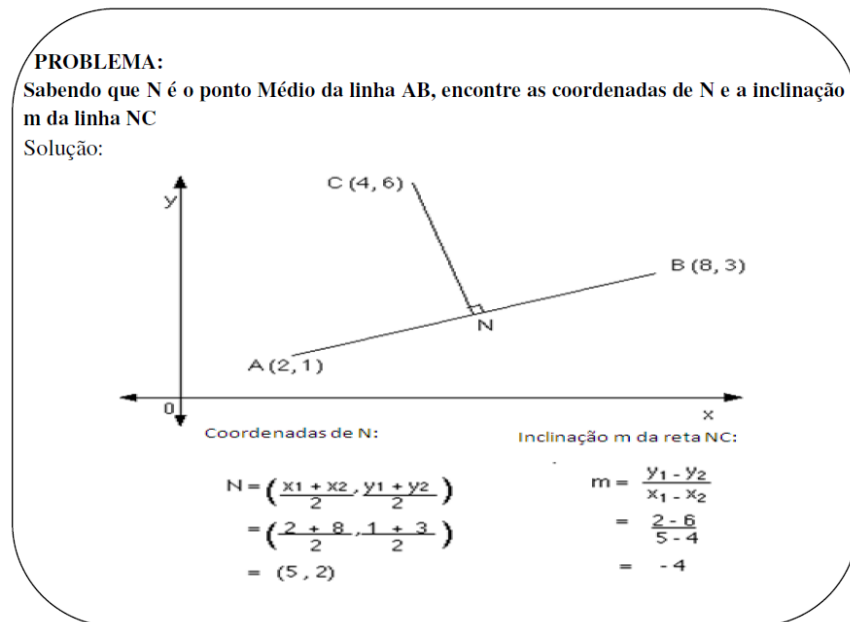
De um modo geral, materiais educativos comumente apresentam duas fontes de informação: texto e figura. Tradicionalmente o texto ou fica embaixo, ou em cima, ou do lado da figura, ou seja, texto e figura estão sempre espacialmente separados. Isso obriga o aluno a olhar, ora para o texto, ora para a figura. Sua atenção fica dividida entre as duas fontes de informação (figura e texto) espacialmente afastadas. Isto cria um custo cognitivo, pois para conseguir integrar o conteúdo do texto com o conteúdo da figura o aprendiz deve ler um segmento de texto e guardá-lo na Memória de Trabalho enquanto busca identificar dentro da figura as partes referidas pelos segmentos do texto, para poder integrá-las mentalmente. “Manter a informação na Memória de Trabalho enquanto se busca por referentes⁴, impõe uma pesada carga cognitiva que deve ser reduzida” (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011, p. 128). A busca para se identificar que parte de uma figura corresponde a um determinado trecho de um texto gera uma carga⁵ sobre a Memória de Trabalho (SWELLER; CHANDLER, 1991): “A integração mental requer que recursos da Memória de Trabalho sejam usados na busca por referências apropriadas entre as múltiplas fontes de informação” (SWELLER, 2008, p. 375).

Este esforço cognitivo realizado na busca pela identificação das fontes correspondentes pode ser reduzido caso seja feita a integração espacial dessas fontes, ou seja, caso o trecho do texto que se refere a uma determinada parte da figura seja colocado o mais próximo possível da figura, se possível dentro da figura, próximo da parte da figura a que ele está se referindo. Por exemplo, as figuras 5 e 6 apresentam um problema resolvido de Geometria Analítica. Observe que na figura 5 as equações estão separadas do gráfico obrigando o aluno a dividir sua atenção entre as equações e as partes do gráfico a que se referem, impondo ao aluno que realize uma busca visual partindo das equações até localizar no gráfico os pontos referidos por estas equações.

⁴ A palavra “referente” é utilizada nesta tese com o sentido de coisa referida por um segmento de texto ou por um símbolo.

⁵ A palavra carga neste contexto tem o sentido de esforço cognitivo.

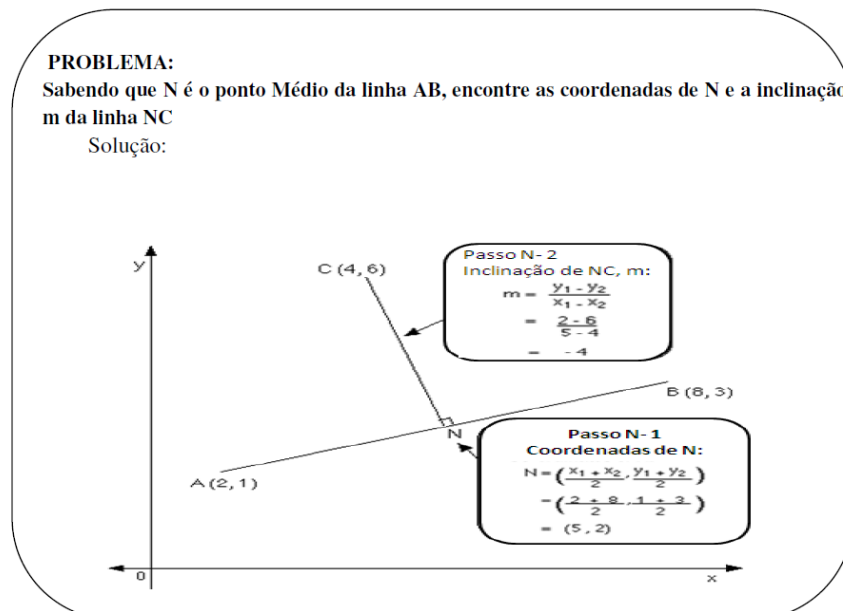
Figura 5 - Formato de apresentação que gera a atenção dividida.



Fonte: Sweller et al. (1990), com texto traduzido para o português.

A Figura 5 pode ser reestruturada para otimizar a aprendizagem, inserindo-se as equações e cálculos dentro do gráfico. Esta integração espacial das equações com os gráficos foi feita na Figura 6 minimizando-se assim a busca visual entre o gráfico e as equações.

Figura 6 - Formato de apresentação que não gera a atenção dividida



Fonte: Sweller et al. (1990), com texto traduzido para o português.

Na Figura 6 as fórmulas e textos estão espacialmente integrados (formato integrado) com o gráfico, minimizando-se assim o esforço cognitivo associado à busca pelas partes do

gráfico correspondentes a cada um dos textos. Elimina-se assim um esforço cognitivo que em nada contribui para o processo de aprendizagem, pelo contrário, ainda “consome” parte da limitada capacidade de nossa Memória de Trabalho⁶ que poderia estar sendo utilizada para a aprendizagem. É oportuno ressaltar que em algumas situações de atenção dividida pode inclusive ocorrer a sobrecarga cognitiva: “a atividade de busca por referentes num diagrama, texto ou conjunto de equações, pode ser cognitivamente demandante, excedendo a capacidade da memória em algumas circunstâncias” (SWELLER, 1999, p. 52). Por isso a apresentação de um texto acompanhado de uma figura em formato integrado favorece mais a aprendizagem do que a sua apresentação em formato não-integrado.

2.3 A descoberta do Efeito da Atenção Dividida e sua importância para o ensino

Para evitar a carga cognitiva (esforço mental imposto a memória de trabalho por uma determinada tarefa), associada à resolução de problemas, Sweller em sua Teoria da Carga Cognitiva propõe que os alunos aprendam estudando um grande número de exemplos resolvidos. Para alunos iniciantes em determinado assunto, isto é, para aqueles alunos que não dispõem daqueles conhecimentos prévios que são pré-requisitos à aprendizagem de um novo conhecimento, a aprendizagem através de exemplos resolvidos é superior à aprendizagem que ocorre quando os alunos buscam descobrir ou construir a solução de um problema. Esta superioridade, fartamente replicada experimentalmente desde 1985, foi denominada de Efeito do Exemplo Resolvido (SOUZA, 2014).

O psicólogo australiano, John Sweller⁷, autor da Teoria da Carga Cognitiva, tendo confirmado experimentalmente a eficiência da aprendizagem com exemplos resolvidos no ensino de álgebra, decidiu testar se este efeito do exemplo resolvido era extensível também ao ensino da física e da geometria. Contudo, quando experimentou aplicar a abordagem dos exemplos resolvidos à física e geometria não obteve o tipo de eficiência que havia obtido nos experimentos com álgebra.

Para nossa surpresa, os resultados indicavam um fracasso completo dos exemplos resolvidos, sem nenhuma evidência da superioridade sobre resolução dos problemas. Naquele tempo, nós não fazíamos ideia de por que apresentar aos aprendizes exemplos resolvidos na álgebra tinha funcionado tão bem, enquanto

⁶ Uma explicação mais detalhada sobre o que é a Memória de Trabalho é apresentada no terceiro capítulo.

⁷ Sweller, autor da Teoria da Carga Cognitiva, foi classificado em décimo lugar no *ranking* mundial dos autores com maior número de artigos publicados nas cinco melhores revistas de psicologia educacional do mundo no período de 2003 a 2008, segundo pesquisa publicada em 2010 em artigo da revista *Contemporary Educational Psychology* (JONES, et al., 2010).

apresentar exemplos resolvidos de Física e Geometria não era melhor do que resolver problemas equivalentes. Tivemos que refletir muito por muitos anos para conseguirmos descobrir por que exemplos resolvidos falhavam em algumas áreas e, como frequentemente acontece, a resposta estava nos encarando na face. Nós descobrimos que construindo exemplos resolvidos que reduziam ou eliminavam a busca, integrando-se fisicamente os textos aos diagramas restabelecia o efeito do exemplo resolvido na Geometria e na Física, e no processo, demonstramos o efeito da atenção dividida. Eliminar a atenção dividida, é claro, é importante para todo tipo de instrução, não somente para exemplos resolvidos (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p. 318).

Embora o estudo através de exemplos resolvidos tenha o potencial de reduzir a carga cognitiva na aprendizagem, essa redução pode não se consumir caso o exemplo resolvido seja apresentado em um formato que gere atenção dividida. “O Efeito da Atenção Dividida surge do Efeito do Exemplo Resolvido em decorrência da descoberta de que exemplos resolvidos com um formato particular eram relativamente ineficazes” (SWELLER; AYRES; KALYUGA, 2011, p. 111).

O Efeito da Atenção Dividida foi demonstrado pela primeira vez por Tarmizi e Sweller (1988). No primeiro experimento realizado por Tarmizi e Sweller (1988), os alunos aprenderam a partir do exemplo resolvido com formato não-integrado. Verificou-se que nos testes o desempenho desses alunos foi inferior ao desempenho daqueles que estudaram através da resolução de exercícios, contrariando o Efeito do Exemplo Resolvido. Contudo, no segundo experimento, o exemplo resolvido ao invés de ser apresentado com formato não-integrado foi apresentado com formato integrado. Os alunos que estudaram através deste exemplo resolvido apresentado em formato integrado tiveram um desempenho melhor que aqueles que estudaram através da resolução de exercícios, restabelecendo-se assim o Efeito do Exemplo Resolvido (SOUZA, 2010). A substituição do formato não integrado pelo formato integrado restabeleceu o potencial facilitador do estudo feito a partir de exemplos resolvidos. A carga cognitiva imposta pela atenção dividida pode eliminar qualquer benefício decorrente do uso de exemplos resolvidos (TARMIZI; SWELLER, 1988).

O Efeito da Atenção Dividida gera a recomendação de que as fontes de informação que se apresentem em formato não-integrado (distantes), devam ser apresentadas em formato integrado (próximas). Esta recomendação é denominada de Princípio da Atenção Dividida:

O Princípio da Atenção Dividida [...] afirma que quando se apresenta fontes díspares de informação que tem de ser mentalmente integradas para que a informação seja entendida, estas fontes devem ser apresentadas em formato integrado (AYRES; SWELLER, 2005, p. 139).

Como este Princípio é uma diretriz extremamente importante para a elaboração de materiais instrucionais que contenham texto acompanhado de figuras e como a presente tese têm implicações diretas sobre este Princípio, justifica-se a pesquisa realizada nesta tese em razão da relevância que um aprimoramento deste Princípio tem para o ensino.

De 1988 (ano da descoberta do Efeito da Atenção Dividida) até 2006, 37 experimentos confirmaram o Efeito da Atenção Dividida Espacial (GINNS, 2006). Sweller verificou que o prejuízo causado pela atenção dividida é particularmente mais impactante em problemas de Física e Geometria do que em problemas de álgebra (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006). Por esse motivo, torna-se importante particularmente no ensino de Física e de Geometria que se garanta que, quando um exemplo é resolvido no quadro por um professor em sala de aula, ou em um tutorial interativo, ou quando esse é apresentado somente na forma escrita, que se procure garantir que o seu formato minimize os fatores que contribuem para a busca em uma situação de atenção dividida, vale dizer, que haja uma completa integração dos segmentos do texto (da resolução e do enunciado) com as partes da figura a que se referem.

2.4 Formas de se reduzir a busca pelas fontes correspondentes

O processo de integração de fontes de informação envolve a busca pela identificação de quais são as fontes correspondentes. A redução da distância entre texto e imagem não é a única forma de se reduzir a busca. Uma outra forma de sinalizar quais são as fontes correspondentes é a segmentação de textos. Esta estratégia consiste no seguinte:

Para integrar um texto em uma figura, o texto precisa ser segmentado. Subsequentemente, os segmentos têm de ser posicionados próximos daqueles elementos na figura aos quais eles se referem, isto por sua vez rotula os elementos na figura (FLORAX; PLOETZNER, 2010, p. 217).

Esta estratégia encontra amparo nas pesquisas realizadas com a utilização de rastreadores de olhar, as quais indicaram a necessidade de se segmentar textos para diminuir a busca:

Os aprendentes bem-sucedidos tendem a ler um trecho do texto e depois procuram no diagrama o objeto descrito no texto, e depois leem o próximo trecho de texto e buscam no diagrama o objeto descrito, e assim por diante (Hegarty, Carpenter, & Just, 1996). Parece razoável que nós simplifiquemos este processo para todos os aprendentes, dividindo o texto em segmentos e posicionando cada segmento do texto próximo a parte do gráfico que descreve (CLARK; MAYER, 2009, p. 92).

Em 1999 uma nova estratégia de integração das fontes é formulada por Kalyuga, Chandler e Sweller (1999). Para proporcionarem uma melhor integração do texto com a figura e assim reduzirem a busca usaram um código de cores para relacionar trechos do texto com as partes correspondentes na figura e referidas nestes trechos:

A integração física é eficiente, pois reduz a busca pelos elementos correspondentes. Colorir os elementos do diagrama na mesma cor do trecho de texto correspondente pode de maneira similar reduzir a carga cognitiva pela redução da busca (KALYUGA, 1999, p. 363).

A estratégia de se usar cores, setas etc. para direcionar a atenção, diminuindo-se a busca entre trechos do texto e as partes da figura a qual se referiam, tem sido denominada de sinalização visual (CROOKS, 2012).

Tanto a técnica da segmentação de texto como da técnica da sinalização visual diminuem a busca pela identificação das fontes correspondentes, diminuindo a quantidade de fontes que tem de ser identificadas antes de finalmente se encontrar a fonte correspondente, diminuindo-se assim a carga cognitiva associada a busca pela identificação das fontes correspondentes. Ou seja, estas técnicas, sem necessariamente diminuir a distância entre as fontes de informação, diminuem a quantidade de busca. Isto foi exemplificado na introdução, onde mostramos que o uso de setas pode tornar desnecessário se posicionar os segmentos de texto próximos as partes da figura a que se referem. Isto suscita a seguinte questão: a distância é um fator que contribui para o Efeito da Atenção Dividida? Para a Teoria da Carga Cognitiva a distância é um fator apenas quando aproximar um segmento de texto da parte da figura a qual se refere, diminui a busca por referentes. Contudo se o segmento de texto for ligado a parte da figura a qual se refere através de uma seta, a busca por referentes diminui ainda quando o texto esteja distante da parte da figura a qual se refere.

Para a Teoria da carga cognitiva ter um texto ligado a uma figura por uma seta grande ou por uma seta pequena são situações equivalentes, pois em ambos os casos se reduz a busca pelas fontes correspondentes. Contudo defendemos que estas não são situações equivalentes, pois por mais que nessas duas situações não haja necessidade de busca pelas fontes correspondentes, no entanto o deslocamento do olhar será maior na situação em que as fontes de informação estão ligadas pela seta maior do que pela seta menor e como nesta tese defendemos que o deslocamento do olhar é capaz de interferir com a retenção das informações espaciais na memória de Trabalho, prevemos que deverá existir um maior

decaimento na retenção de informações espaciais para as fontes ligadas pela seta de maior tamanho.

Contudo, como a explicação para esta interferência entre as sacadas e o decaimento na retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho pressupõe o conhecimento de que a Memória de Trabalho não é um sistema único, mas sim um sistema fracionado em Memória de trabalho visual e Memória de Trabalho Espacial, cumpre preliminarmente expor o que é este fracionamento e como os cientistas o descobriram.

2.5 O fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial em memória de trabalho espacial e memória de trabalho visual

Para compreender por que a movimentação do olhar é capaz de interferir com a retenção das informações espaciais na memória de Trabalho, precisamos preliminarmente entender que a Memória de Trabalho visuoespacial não é um sistema único, mas sim um sistema fracionado. Este fracionamento da Memória Visuoespacial será explicado a seguir.

O sistema responsável pela manipulação e retenção temporária de informações visuais e espaciais é denominado de Memória de Trabalho Visuoespacial⁸ (PEARSON; BALL; SMITH, 2014). Evidências empíricas têm indicado que a Memória de Trabalho Visuoespacial pode estar dividida em subsistemas:

A Memória de Trabalho Visuoespacial não é um sistema unitário, mas pode estar dividida em um subsistema espacial e outro visual cada um com seus processos independentes de armazenamento manutenção e manipulação (REPOVŠ; BADDELEY, 2006, p. 9).

Estes subsistemas visual e espacial da Memória de Trabalho são também denominados de Memória de Trabalho Visual e a Memória de Trabalho Espacial:

O termo Memória de Trabalho Visual é relativo a um subsistema da memória de trabalho ou componente que possibilita a manutenção da informação visual (forma do objeto, cor, padrão etc.), enquanto o termo Memória de Trabalho Espacial se refere ao subsistema responsável pela manutenção temporária da informação espacial (localização, movimentação, direção, relações espaciais etc.) (ZHAO, 2004, p. 21).

Antes de indicarmos as evidências empíricas que dão suporte ao fracionamento da Memória Visuoespacial em dois subsistemas (MT Visual e MT Espacial), cumpre

⁸ Embora o subsistema da MT que processa e armazena informações visuais e espaciais, tenha sido denominado de Esboço Visuoespacial por Baddeley (1974), diversos autores ao se referirem a este subsistema preferem utilizar a expressão “Memória de Trabalho Visuoespacial”. É o caso, por exemplo, de Davies e Logie (1993) que justificaram sua escolha da seguinte maneira: “Para evitar ambiguidades, na discussão a seguir, eu devo usar a expressão genérica ‘Memória de Trabalho Visuoespacial’”. (DAVIES; LOGIE, 1993, p. 190). Nesta tese também adotaremos esta expressão genérica, pois consideramos que seu uso facilita o entendimento do assunto.

preliminarmente, com relação à denominação utilizada para esses dois subsistemas, esclarecer o significado de “visual” e de “espacial”. Segundo Logie; Della Sala (2002, p. 281):

Por ‘visual’, nós nos referimos a aparência visual de um objeto em cena, sua cor, forma, contraste, tamanho, textura visual a localização do objeto relativo a um outro em relação a um ponto de vista particular em um arranjo estático. Por ‘espacial’ nós nos referimos aos caminhos ou seqüências de movimentos de uma posição a outra na cena, ou os processos de mudança percebido nas posições relativas que ocorrem quando um observador move (fisicamente ou em uma imagem mental), de um ponto de vista para outro.

Embora o parágrafo anterior expresse o que nesta tese se considerará como características de estímulos visuais e características de estímulos espaciais, no entanto, é importante ressaltar que na literatura existem definições mais complexas:

Outros autores apontam para uma maior complexidade das representações espaciais, e argumentam pela distinção entre espacial-sequencial e espacial-simultâneo (Cornoldi; Vecchi, 2003; Pazzaglia; Cornoldi, 1999), ou ainda pela distinção entre espacial categórico (posições codificadas em relação ao observador) e espacial configuracional (posições relativas entre objetos visuais) (GALERA; GARCIA; MARQUES, 2013, p. 30).

O fracionamento da Memória Visuoespacial em MT visual e MT espacial se baseia em diversas evidências, dentre elas as investigações com pacientes que sofreram lesões no cérebro. Por exemplo, Farah (1988) relata que seu paciente LH, como resultado de um acidente de trânsito sofreu lesões no cérebro que prejudicaram profundamente sua capacidade de lembrar cores, o tamanho relativo dos objetos e a forma dos estados em um mapa dos Estados Unidos. Contudo ele mantinha um bom desempenho em tarefas relativas à memória para localizações e rotas (BADDELEY; EYSENCK; ANDERSON, 2009).

A ideia de que a MT Visuoespacial está fracionada em MT visual (responsável pela lembrança de objetos) e MT espacial (responsável pela lembrança de posições) é também consistente com pesquisas baseadas em imagens do cérebro feitas por ressonância magnética, que mostram que no cérebro humano existe uma estrutura envolvida na memória para objetos (forma, cor, tamanho, etc.) e outra estrutura envolvida na memória para localizações. Estudos realizados por Passaro et al. (2013, p. 12) “sugerem que a memória para objeto geralmente pode estar mais associada com a estrutura rostral do cérebro enquanto a memória para localização pode estar associada com a estrutura caudal”

Outro tipo de evidência em favor do fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial deriva das investigações que utilizam a técnica das duplas tarefas. Esta técnica é utilizada para determinar se dois tipos diferentes de tarefas utilizam ou não os

mesmos recursos cognitivos. “Se duas tarefas envolvem os mesmos processos ou competem pelos mesmos limitados recursos, será impossível realizar as duas tarefas juntas tão bem quanto com cada tarefa isoladamente” (GYSELINCK; JAMET; DUBOIS, 2008, p. 361). Desta forma, quando a tarefa principal (por exemplo, aprender sobre um procedimento) se acrescenta a realização simultânea de uma tarefa secundária, podemos avaliar se estas duas tarefas estão ou não competindo pelos mesmos recursos cognitivos, avaliando o desempenho do participante nestas tarefas (pode-se avaliar tanto o desempenho na tarefa principal quanto na secundária). Caso o desempenho nas duas tarefas, quando realizadas concomitantemente, seja inferior ao desempenho nessas tarefas quando realizadas isoladamente, pode-se afirmar que as duas tarefas estão competindo pelos mesmos recursos cognitivos.

A lógica subjacente é que se ambas as tarefas partilham recursos cognitivos, então o armazenamento de informações é prejudicado, ou seja, podem-se simular os efeitos de uma lesão cerebral através da sobrecarga de uma certa função cognitiva (Baddeley, 2007; 2012). Entretanto, se as tarefas não partilham recursos, o desempenho dos participantes é semelhante ao observado quando as tarefas são realizadas separadamente (GALERA; GARCIA; VASQUES, 2013, p. 30).

Vejamus como a técnica da dupla tarefa tem sido utilizada para estabelecer o fracionamento da MT visuoespacial em MT visual e MT espacial.

As investigações que utilizam tarefas duplas revelam que tarefas predominantemente espaciais (lembrar de seqüência de posições ou deslocamentos) são mais vulneráveis à perturbação por tarefas secundárias⁹ também espaciais do que por tarefas visuais (lembrar de objetos; sua forma, cor, tamanho, textura, etc.), enquanto que tarefas predominantemente visuais são mais vulneráveis a perturbação por tarefas secundárias visuais do que por tarefas espaciais. (KLAUER; ZHAO, 2004; LOGIE; MARCHETTI, 1991; TRESCH; SINNAMON; SEAMON, 1993). Isto indica que:

- a) Todas as tarefas visuais compartilham um mesmo subsistema da Memória de Trabalho Visuoespacial;
- b) Todas as tarefas espaciais compartilham um mesmo subsistema da Memória de Trabalho Visuoespacial;
- c) O subsistema da Memória de Trabalho para tarefas visuais é diferente do subsistema para tarefas espaciais.

Estes resultados experimentais evidenciam o fracionamento da MT Visuoespacial em subsistemas. Tem-se denominado o subsistema que preponderantemente processa as tarefas

⁹ Tarefa secundária é a tarefa que se realiza concomitantemente a tarefa principal.

espaciais de MT Espacial e o subsistema que preponderantemente processa as tarefas visuais de MT Visual (ZHAO, 2004).

Uma das experiências pioneiras na pesquisa da fragmentação da MT Visuoespacial foi a experiência de Logie e Marchetti (1991). Eles utilizaram as duplas tarefas em sua investigação.

Na tarefa espacial seis quadrados da mesma cor apareciam um após o outro em diferentes posições aleatórias na tela do computador. Após um intervalo de retenção uma segunda seqüência de quadrados era apresentada e os participantes deviam indicar oralmente se as duas seqüências eram idênticas ou não (ZHAO, 2004, p. 39).

A tarefa interferente espacial foi uma tarefa de movimentação da mão (tarefa espacial). Nesta tarefa pedia-se ao sujeito para colocar a sua mão direita no segundo quadrado da segunda linha de uma matriz 5 x 5 colada em uma mesa situada a direita da tela do computador. A matriz é coberta por uma caixa para impedir o sujeito de visualizá-la. Após ouvir o sinal de alerta indicando o início do período de retenção, o sujeito deveria:

[...] mover sua mão, um quadrado de cada vez, partindo do quadrado inicial, três quadrados para a direita (o final daquela linha), descer para o quadrado abaixo, se mover para a esquerda pelos quadrados até chegar ao extremo esquerdo da linha. Ele deve então se mover para baixo para a próxima linha, seguido de um movimento para a direita (LOGIE; MARCHETTI, 1991, p. 112).

Esta tarefa envolvendo a movimentação da mão (tarefa interferente espacial) realizada entre o momento da apresentação da tarefa de memorização e o momento do teste, afetou mais a tarefa de memorização de uma seqüência de posições (tarefa espacial) do que a tarefa de lembrar matizes de cores (tarefa visual). Por outro lado, a tarefa interferente visual afetou mais a tarefa de lembrar matizes de cores (tarefa visual) do que a tarefa de lembrar a seqüência de posições (tarefa espacial). Enfim, conhecer a experiência de Logie e Marchetti, (1991) é importante para entender que tarefas espaciais interferem predominantemente com tarefas espaciais, mas não com tarefas visuais e que tarefas visuais interferem predominantemente com tarefas visuais e não com tarefas espaciais, sendo esta uma das evidências empíricas do fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial.

Outro importante experimento a demonstrar o fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial através da estratégia das duplas tarefas foi o realizado por Della Sala et al., (1999). Contudo como este e outros experimentos que serão descritos nesta tese (inclusive o próprio experimento de pesquisa desta tese) envolvem a utilização do Teste dos Blocos de Corsi, cumpre, antes de descrevermos o experimento de Della Sala (1999), explicarmos, na seção seguinte, o que é o Teste dos Blocos de Corsi.

2.5.1 O Teste dos Blocos de Corsi

O Teste dos Blocos de Corsi (DE RENZI; NICHELLI, 1975) é um teste de memorização de uma sequência de posições. Neste teste o participante se depara com um arranjo de nove blocos (Figura 7). Ele observa o experimentador tocar em certo número destes blocos em uma sequência e em seguida tenta imitar tocando nos mesmos blocos, na mesma sequência. Caso acerte a sequência o processo se repete sempre se incluindo um novo bloco na nova sequência de blocos tocados (BADDELEY; EYSENCK; ANDERSON, 2009).

O número de blocos de uma sequência aumenta progressivamente ao longo do teste até que o participante não consiga recordar a sequência inteira. Assim, a capacidade da memória espacial de um participante é definida pela extensão da maior sequência recordada corretamente (GALERA; GARCIA; VASQUES, 2013, p. 35).

Figura 7 - Blocos de Corsi sob o ponto de vista do experimentador



Fonte: <http://cogpsy.info/courses/mod/book/view.php?id=92&chapterid=107>

No experimento de Della Sala et al. (1999) o escore médio dos participantes que realizaram o Teste dos Blocos de Corsi, no grupo controle foi de 4,69.

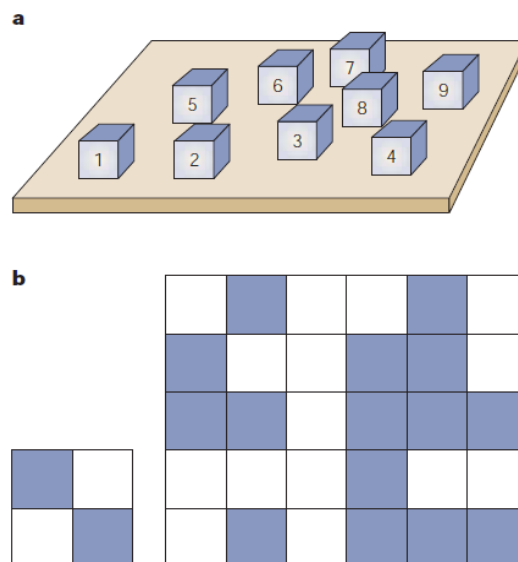
O Teste dos Blocos de Corsi que utilizamos em nosso experimento é uma versão para o computador por nós elaborada. Este teste foi utilizado para determinar o desempenho do participante na retenção de informações espaciais, para que pudéssemos verificar como este desempenho é afetado pelos deslocamentos do olhar que lhe são impostos durante a apresentação dos Blocos de Corsi em nosso experimento.

O Teste dos Blocos de Corsi foi utilizado na experiência de Della Sala et al. (1999) que foi um importante experimento para a demonstração do fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial. Descreveremos a seguir este experimento.

2.5.2 O fracionamento da memória de trabalho demonstrado no experimento de Della Sala et al. (1999)

Della Sala et al. (1999), assim como outros pesquisadores, demonstraram o fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial através da estratégia das duplas tarefas. Este autor utilizou uma como tarefa espacial o Teste dos Blocos de Corsi (Figura 8a) e como tarefa visual a lembrança do padrão de matrizes (Figura 8b). É importante ressaltar que a tarefa dos Blocos de Corsi é considerada uma “tarefa espacial clássica” (BADDELEY; EYSENCK; ANDERSON, 2009, p. 34) e que a tarefa de lembrar o padrão de matrizes tem sido considerada uma tarefa visual clássica eis que lembrar ou reconhecer padrões é uma tarefa visual. Vejamos alguns detalhes sobre as tarefas principais, sobre as tarefas interferentes e sobre a hipótese de Della Sala et al. (1999):

Figura 8 - Tarefas de memória visual e espacial.



- a. Tarefa espacial: Teste de Blocos de Corsi
b. Tarefa visual: lembrar o padrão da matriz

Fonte: Baddeley (2003).

Na tarefa visual de lembrança da matriz:

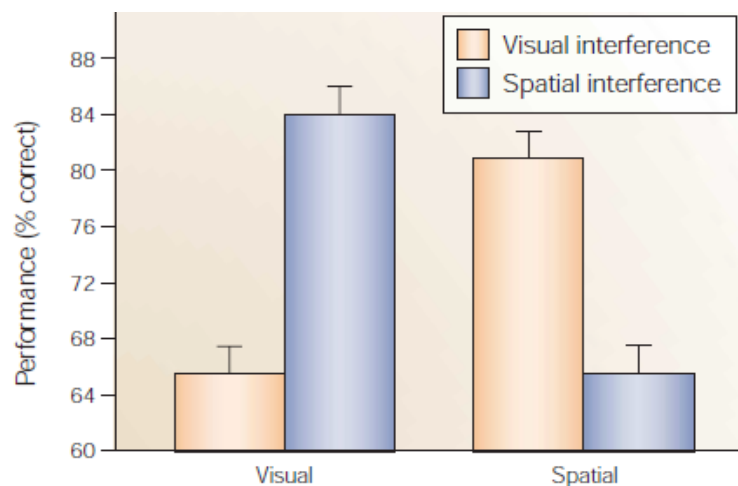
o participante via uma matriz com metade de suas células preenchidas para fazer um padrão e depois tinham de reproduzi-lo após um intervalo de tempo, fazendo quadrados em uma matriz vazia com as mesmas dimensões daquela que pouco antes lhe tinha sido mostrada [...] Baseado na suposição de Della Sala et al., esperava-se que as tarefas de interferência que foram realizadas durante o intervalo de retenção de 10 s prejudicariam diferentemente o desempenho do teste visual para padrões e o desempenho no teste dos Blocos de Corsi respectivamente. Na condição de interferência visual, pediu-se aos participantes para olharem para pinturas abstratas irrelevantes mas para ao mesmo tempo tentarem ignorá-las; na condição de interferência espacial a tarefa deles era seguir, através apenas do toque, um arranjo de pequenos pregadores de madeira ao redor de um quadro de madeira quadrado (ZHAO, 2004, p. 44).

De acordo com Della Sala et al. (1999) foram colocados quatro pregadores neste quadro de madeira. Nesta tarefa “entre o participante e o quadro de madeira existia uma tela, havendo uma passagem sob a mesma que permitia o sujeito lidar com o quadro sem que fosse possível vê-lo. A tarefa do sujeito era seguir com o tato a sequência de pregadores ao redor da periferia” (DELLA SALA et al., 1999, p. 1196).

Neste experimento a tarefa interferente espacial utilizada envolvendo a movimentação dos dedos, afetou mais a tarefa dos Blocos de Corsi (tarefa de retenção de informações espaciais) do que a tarefa de lembrança dos padrões de matrizes (tarefa visual), demonstrando assim o fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial em Memória de Trabalho Visual e Memória de Trabalho Espacial.

Della Sala et al. (1999) conseguiu comprovar sua hipótese. Em seu experimento a tarefa interferente espacial utilizada envolvendo a movimentação dos dedos, afetou mais a tarefa espacial de lembrar da sequência dos blocos de Corsi (vide gráfico 1) do que a tarefa visual (lembrança dos padrões das matrizes), enquanto a tarefa interferente visual afetou mais o desempenho na tarefa de visual (lembrar do padrão da matriz) do que a tarefa espacial de lembrar a sequência dos Blocos de Corsi.

Gráfico 1 - Interferência das tarefas visuais e espaciais.



Tarefa visual: lembrar o padrão da matriz
Tarefa espacial: Teste de Blocos de Corsi

Fonte: Baddeley (2003).

O gráfico 1 demonstra este efeito da tarefa interferente visual e da tarefa interferente espacial sobre a tarefa principal visual e a tarefa principal espacial, demonstrando assim o fracionamento da Memória de Trabalho Visuoespacial em Memória de Trabalho Visual e Memória de Trabalho Espacial.

Della Sala et al. (2005) demonstraram que esta dupla dissociação empírica entre os desempenhos com padrões visuais e o Teste dos Blocos de Corsi forneceu uma poderosa evidência de que as duas tarefas mediram dois aspectos distintos da memória de trabalho espacial, isto é, um componente puro visual e um componente espaço-sequencial (ZHAO, 2004, p. 44).

Este e diversos outros resultados experimentais têm comprovado que a memória de trabalho visuoespacial não é um sistema único, mas sim está fracionada em memória de trabalho visual e memória de trabalho espacial.

3 O CAMINHO DE NOSSA PESQUISA

3.1 A pergunta inicial da pesquisa: a distância é um dos fatores que contribui para o Efeito da Atenção Dividida?

Nossa pesquisa se origina de um questionamento a respeito do Efeito da Atenção Dividida: a distância é um dos fatores que contribui para o Efeito da Atenção Dividida? Esta pergunta que fizemos no momento inicial de nossa pesquisa foi também a pergunta feita por Bauhoff; Huff; Schwan (2012). Estes autores realizaram experimentos com o objetivo de provar que a distância entre duas fontes de informação seria um fator que contribuiria para o Efeito da Atenção Dividida. O raciocínio que levou Bauhoff; Huff; Schwan (2012) a pesquisarem a possibilidade de a distância contribuir para o Efeito da Atenção Dividida foi o seguinte:

Embora a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia [...] geralmente defendam que as pessoas aprendem melhor quando os elementos correspondentes estão próximos uns dos outros, eles não especificam em detalhes o impacto de várias distâncias entre as fontes de informações correspondentes na integração mental e na carga sobre a Memória de Trabalho (BAUHOFF; HUFF; SCHWAN, 2012, p. 863).

Antes de Bauhoff; Huff; Schwan (2012), o efeito de se aumentar a distância entre as fontes de informação sobre a geração de carga cognitiva não era investigado para várias distâncias, se limitando a pesquisa sobre o impacto da variação da distância apenas à duas situações; quando as fontes de informação estavam próximas (integração espacial), ou quando estavam distantes (separação espacial). Já no experimento de Bauhoff; Huff; Schwan (2012) o efeito da variação da distância foi investigado mais detalhadamente. Contudo seu artigo relata um experimento que, embora plausível, não consegue ser uma demonstração inequívoca de que a distância é um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida.

A pesquisa desta tese foi inicialmente deflagrada também pelo questionamento sobre o impacto da distância no Efeito da Atenção Dividida. Embora o nosso questionamento inicial seja similar ao levantado por Bauhoff; Huff; Schwan (2012), no entanto, no desdobramento de nossa pesquisa, adotamos uma abordagem investigativa completamente diferente da abordagem utilizada por Bauhoff; Huff; Schwan (2012).

No início de nossa pesquisa, ao verificar que muitas das situações nas quais se relatou a ocorrência do Efeito da Atenção Dividida envolveram um aumento da distância entre as fontes de informação, imaginei, da mesma forma que Bauhoff; Huff; Schwan (2012),

que a distância poderia ser um dos fatores responsáveis pelo Efeito da Atenção Dividida. Decidi investigar que efeito teria sobre a aprendizagem duplicar, triplicar e quadruplicar a distância entre as fontes de informação, objetivo similar ao de Bauhoff; Huff; Schwan (2012). Eu não sabia que, de acordo com o mais recente entendimento da TCC, a distância, por si só, não é considerada um dos fatores responsáveis pelo Efeito da Atenção Dividida. Tomei ciência deste entendimento através de uma mensagem de e-mail enviada por John Sweller (2014, não paginado):

O Efeito da Atenção Dividida é causado pelas pessoas terem de procurar por referentes nas fontes de informação. Não é causado pela distância entre os referentes exceto quando reduzir a distância também reduz a quantidade de busca.

Como no momento inicial da minha pesquisa eu ainda não estava consciente do atual entendimento da Teoria da Carga Cognitiva de que a distância, por si só, não pode ser considerada um fator no Efeito da Atenção Dividida, continuei considerando a possibilidade de a mesma ser um fator. Como o aumento da distância entre duas fontes de informação faz aumentar o deslocamento do olhar entre estas fontes, me perguntei se não poderia ser o deslocamento do olhar um dos fatores que estaria afetando a aprendizagem em uma situação de atenção dividida? Supondo que o deslocamento do olhar afetasse a aprendizagem, me perguntei se o deslocamento do olhar, por ser uma tarefa espacial afetaria mais a memória de trabalho espacial do que a memória de trabalho visual. Perguntei-me se a neurociência não teria a resposta a esta pergunta. Verifiquei na literatura que de fato o deslocamento do olhar afeta mais a Memória Espacial do que a Memória Visual. Veremos a seguir o caminho da pesquisa dos neurocientistas que conduziu a esta conclusão.

3.2 A busca visual interage mais com a Memória de Trabalho Espacial ou com a Memória de Trabalho Visual?

Os deslocamentos do foco do olhar, como por exemplo, quando se realiza uma sacada a partir do texto para a figura que o acompanha, estas movimentações afetam a Memória de Trabalho Espacial? Estes deslocamentos do olhar podem ser classificados como uma tarefa espacial? Algumas das evidências da natureza espacial dos deslocamentos do olhar encontramos em pesquisas feitas sobre a busca visual. Vejamos o que descobriram estas pesquisas.

Segundo Repovs e Baddeley (2006) “a pesquisa sobre papel da memória de trabalho na busca visual tem mostrado que as tarefas de Memória de Trabalho Visual e

Espacial interagem diferentemente com a busca visual” (REPOVS; BADDELEY, 2006, p. 8). Estes autores citam três artigos que investigaram se a busca visual interage preponderantemente com a MT Visual ou com a Espacial:

- 1) Woodman et al. (2000);
- 2) Woodman e Luck (2004);
- 3) Oh e Kim (2004).

A questão comum à pesquisa dos três artigos acima citados era: Uma tarefa concomitante a busca visual interfere com a busca visual? Previam-se que se os recursos cognitivos que a busca visual utiliza pertencem a Memória de Trabalho, então se a MT fosse sobrecarregada por outra tarefa que utilizasse os mesmos recursos cognitivos que a busca visual, esta poderia ser prejudicada. Vejamos como os três autores acima citados por Repovs e Baddeley (2006) investigaram esta questão.

Woodman; Vogel e Luck (2001) realizaram uma experiência onde utilizaram a técnica das duplas tarefas. Em uma das tarefas o participante realizava uma busca visual e na outra tarefa o participante “tinha de manter, nenhum, 2, ou 4 objetos, na memória de Trabalho Visual” (WOODMAN; VOGEL; LUCK, 2001, p. 219). Esperavam que ao serem realizadas concomitantemente as duas tarefas, a tarefa de manter na memória certo número de objetos afetaria o desempenho na tarefa de busca visual. Contudo seus resultados não “forneceram nenhuma evidência clara de uma interação específica entre o armazenamento de memória de trabalho e o processo de busca” (WOODMAN; VOGEL; LUCK, 2001, p. 219).

Os resultados dessa experiência de Woodman; Vogel; Luck em 2001, foram por eles mesmos comentados novamente em artigo publicado em 2004:

[...] estudo recente mostrou que eficiência da busca visual não era prejudicada quando a Memória de Trabalho era preenchida até sua capacidade por uma tarefa concomitante de memorização de objetos (Woodman, Vogel, & Luck, 2001) [...] surpreendentemente pouca interferência foi observada entre a busca visual e a Memória de Trabalho Visual (WOODMAN; LUCK, 2004, p. 269).

Por que Woodman, Vogel e Luck (2001) não conseguiram detectar nenhuma interferência da tarefa de busca visual com a tarefa de manter na memória (durante a busca visual) um certo número de objetos? Porque estas duas tarefas não competem pelos mesmos recursos eis que a busca visual é uma tarefa que demanda recursos cognitivos predominantemente da MT espacial (eles ainda não sabiam disso) e a tarefa de manter certo número de objetos na memória é uma tarefa que demanda predominantemente recursos

da MT Visual. Tarefas visuais não interferem com tarefas espaciais pois não competem pelos mesmos recursos.

Para que no experimento de Woodman, Vogel e Luck (2001) houvesse interferência entre as duas tarefas seria necessário que ambas fossem espaciais. Em sua conclusão Woodman, Vogel e Luck (2001) chegam a sugerir que para que ocorra a interferência com a tarefa de busca visual seria necessária uma tarefa de memória de trabalho diferente da que utilizaram, porém não chegam a especificar que esta deveria ser espacial:

Embora a carga sobre a Memória de Trabalho neste estudo não tenha tido efeito sobre a eficiência da busca, é possível que uma tarefa de Memória de Trabalho diferente possa interferir com o processo de busca. (WOODMAN; VOGEL; LUCK, 2001, p. 224).

Três anos mais tarde Woodman e Luck (2004) tentaram novamente em um experimento perturbar a busca visual sobrecarregando a Memória de Trabalho com outra tarefa, porém desta vez foram bem-sucedidos, pois escolheram uma tarefa que ao invés de gerar carga sobre a MT Visual, gerava carga sobre a MT Espacial. Ao invés de pedirem aos participantes para memorizarem objetos, como em Woodman, Vogel e Luck (2001), pediram aos participantes para memorizarem posições. Eles verificaram que: “[...] manter um número relativamente modesto de posições espaciais interferia com a eficiência da busca visual” (WOODMAN; VOGEL; LUCK, 2001, p. 272). Ou seja, verificaram que uma tarefa que gerava carga cognitiva sobre a Memória Espacial (lembrar de posições) afetava o desempenho nas buscas visuais. Isto lhes permitiu concluir que “[...] mecanismos comuns são usados para processar a informação durante uma difícil busca visual e para manter a informação espacial na Memória de Trabalho” (WOODMAN; LUCK, 2004, p. 269).

Woodman e Luck (2004) destaca ainda que seus resultados ajudam a consolidar a hipótese de que a Memória de Trabalho Visuoespacial não é um sistema único, mas sim está fracionada em subsistemas:

[...] a observação de que manter as localizações espaciais, mas não as representações de objetos, na Memória de Trabalho prejudica a busca visual fornece um maior suporte as propostas existentes de que as informações de localização e de objeto são tratadas por subsistemas separados da Memória de Trabalho (WOODMAN; LUCK, 2004, p. 273).

Ainda em 2004, Oh e Kim publicam pesquisa onde reinvestigam os resultados de Woodman; Vogel; Luck (2001), e obtém resultados experimentais divergentes: “[...] Nós verificamos que o processo de busca interferiu com uma carga sobre a Memória de Trabalho Espacial, mas não com uma carga sobre a Memória de Trabalho não espacial”

(OH; KIM, 2004). As conclusões de Kim e Oh (2004) refutam as conclusões de Woodman; Vogel; Luck (2001), mas coincidem com as de Woodman; Luck (2004). Os três artigos que acabamos de analisar (WOODMAN; VOGEL; LUCK, 2001; WOODMAN; LUCK, 2004; OH; KIM, 2004), serviram ao propósito de mostrar a natureza espacial da busca visual.

Contudo, ao contrário das situações descritas nos três artigos que acabamos de analisar, onde a tarefa de busca visual é a tarefa principal e outra tarefa espacial é a tarefa interferente (secundária), nas situações típicas de um estudo de material instrucional onde ocorre a atenção dividida, ocorre o inverso; é a busca visual (movimentação dos olhos) que é tarefa interferente de outra tarefa espacial, a tarefa de retenção das informações espaciais extraídas das fontes de informação do material instrucional.

Exemplos de experiências onde foi confirmado o efeito da movimentação dos olhos sobre a retenção de informações espaciais¹⁰ são as experiências de Poste et al., (2006), descrita na seção 3.5 e a experiência de Pearson e Saharie (2003), descrita na seção 3.6.

3.3 O efeito da movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais e a nossa conjectura.

Enquanto no experimento de Logie e Marchetti (1991) a tarefa espacial interferente envolvia a movimentação da mão, já no experimento de Della Sala (1999), a tarefa interferente espacial foi a movimentação dos dedos em uma determinada sequência. O uso da movimentação de partes do corpo não é uma característica apenas destes dois experimentos. Em diversos outros experimentos que demonstram a interação entre duas tarefas espaciais, a tarefa interferente espacial envolve a movimentação de uma parte do corpo: Por exemplo, a movimentação dos olhos (PEARSON; SAHARIE, 2003; LAWRENCE; MYERSON; ABRAMS, 2004; POSTLE et al., 2006), a movimentação sequencial da mão (LOGIE; MARCHETTI, 1991), a movimentação sequencial dos dedos (PEARSON; LOGIE; GILHOOLY, 1999; SMITH; PEARSON; PENDDLETON, 1988; SMYTH; PENDLETON, 1989), e a movimentação dos braços (QUINN, 1991; QUINN; RALSTON, 1986).

De especial interesse para esta tese são os experimentos que demonstram que a movimentação do olhar afeta a retenção de informações espaciais. Esta interferência da movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais ocorre porque tanto a movimentação do olhar como a retenção de informações espaciais são tarefas preponderantemente espaciais e, portanto, como ambas competem pelos mesmos limitados

¹⁰ Informação espacial é a informação relativa à localização, movimentação, direção e relações espaciais (ZHAO, 2004).

recursos cognitivos (os recursos da Memória de Trabalho espacial), se durante a retenção de uma informação espacial (tarefa espacial) ocorrer a movimentação do olhar (também tarefa espacial), a movimentação do olhar interferirá com a retenção. A interferência da movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais foi demonstrada nos experimentos de Baddeley (1975), Lawrence, Myerson; Abrams (2004), Pearson e Sahraie (2003) e Postle et al. (2006). Nesta tese descreveremos alguns aspectos dos experimentos de Pearson e Sahraie (2003) e de Postle et al. (2006).

É importante destacar que em razão do fracionamento da memória de Trabalho visuoespacial em Memória de Trabalho Espacial e Memória de Trabalho Visual, como a movimentação do olhar é uma tarefa espacial, afeta predominantemente a Memória de Trabalho espacial, devendo, portanto, afetar apenas o desempenho de outra tarefa espacial realizada concomitantemente, e não afetar o desempenho de uma tarefa visual realizada concomitantemente. Isto foi verificado por Postle et al. (2006). Em seu quarto experimento verificou que o impacto da movimentação do olhar afeta apenas a retenção de informações espaciais e não a retenção de informações não-espaciais (formas): “Os resultados indicaram que a distração sacádica¹¹ afeta o desempenho da Memória de Trabalho Espacial, mas não o desempenho em uma tarefa não-espacial” (VITO et al., 2014, p. 554).

Considerando que movimentação do olhar afeta predominantemente a retenção de informações espaciais (POSTLE, et al., 2006) e não a retenção de informações visuais, defendemos a hipótese de que no estudo de materiais instrucionais os deslocamentos do olhar afetam a retenção de informações espaciais da seguinte maneira: Ao estudar na tela de um computador ou em um livro um material instrucional constituído por um texto acompanhado de uma figura, o sujeito lê o segmento de texto¹² e em seguida desloca seu olhar em busca da parte na figura referida por aquele segmento de texto. Durante o tempo em que o sujeito desloca o seu olhar nesta busca, deve o sujeito manter na memória o conteúdo que leu, pois sabe que quando encontrar a parte da figura referida pelo texto deverá fazer a integração do conteúdo do segmento do texto que leu com o conteúdo

¹¹ O experimento realizado por Postle et al. (2006) divide-se em três momentos. O primeiro momento no qual são apresentadas as informações espaciais, o terceiro momento, quando se testa o participante para verificar o quanto destas informações espaciais conseguiu reter na memória, e entre o primeiro e o terceiro momento insere-se um intervalo de tempo durante o qual se impõe ao participante que realize sacadas para que se avalie o quanto a realização de sacadas afeta a retenção dessas informações. Daí a expressão “distração sacádica”.

¹² Embora neste exemplo o sujeito primeiro olhe para o texto, nada impede que se comece olhando primeiro a figura. Com relação a esta questão é oportuno registrar que nas pesquisas de Hergarty (1992), aproximadamente 80% dos participantes diante de um material instrucional que explicava como funcionava um sistema de polias, primeiro olhavam para o texto e só ao final de cada sentença olhavam para a figura (SCHMIDT-WEIGAND; KOHNERT; GLOWALLA, 2010).

daquela parte da figura por ele referida. Considerando que o conteúdo do segmento de texto que está sendo mantido na Memória de Trabalho durante o deslocamento do olhar tenha uma natureza espacial (contenha informações espaciais), então podemos supor que o próprio deslocamento do olhar realizado durante a busca, por ser uma tarefa que afeta a retenção de informações espaciais (PEARSON; SAHRAIE, 2003; POSTLE et al., 2006; WOODMAN; LUCK, 2004) poderá afetar a retenção deste conteúdo na memória durante este deslocamento do olhar¹³.

Considerando que sacadas com amplitude similar as realizadas durante o estudo de um material instrucional sejam capazes de afetar a retenção de informações espaciais (o experimento desta tese busca verificar esta possibilidade), então prevemos que sacadas com estas amplitudes terão maior impacto sobre a retenção de textos com conteúdo predominantemente espacial do que sobre textos com conteúdo predominantemente visual. Vejamos o que a literatura diz a respeito com relação à possibilidade de textos com conteúdo predominantemente espacial e textos com conteúdo visual serem afetados diferentemente por uma tarefa espacial.

3.4 A interferência de tarefas espaciais sobre a retenção na memória de trabalho das informações espaciais provenientes de textos

Pode a retenção de informações extraídas de um texto com conteúdo predominantemente espacial sofrer interferência de uma tarefa espacial? Preliminarmente é preciso frisar que apesar de qualquer texto ser verbal, ele não necessariamente será processado exclusivamente na Memória de Trabalho Verbal. Pazzaglia e Cornoldi (1999) demonstraram que as relações espaciais imaginadas a partir das descrições espaciais contidas em textos são processadas não apenas pela memória verbal, mas também pela memória visuoespacial. Pazzaglia e Cornoldi (1999) “forneceram evidências do envolvimento da memória de trabalho visuoespacial no processamento de textos” (DEYZAC; LOGIE; DENIS, 2006, p. 238).

De Beni et al (2005) verificou que quando uma informação espacial proveniente de um texto está sendo retida na Memória de Trabalho Espacial, se concomitantemente a retenção desta informação espacial (tarefa espacial 1) se impuser ao sujeito a realização de uma outra tarefa também espacial (tarefa espacial 2), em razão de ambas as tarefas serem espaciais e portanto estarem demandando recursos da mesma fonte, a Memória de Trabalho

¹³Uma das implicações desta conjectura é que o deslocamento do olhar ao afetar a retenção de informações espaciais pode prejudicar a aprendizagem que dependa da retenção deste tipo informação.

Espacial, e em razão da limitação de capacidade desta memória, a realização de uma tarefa espacial afetará o desempenho da outra tarefa espacial. De Beni et al. (2005) verificaram que:

Texto com conteúdo espacial interfere com uma tarefa espacial secundária, enquanto que texto com conteúdo mais abstrato (i.e., texto sem informação espacial) não interfere com uma tarefa espacial secundária. Esta interferência específica entre texto com conteúdo espacial e uma tarefa espacial secundária indica que ambos são processados no mesmo componente da memória de trabalho, nomeadamente, o componente espacial (SCHUELER; SCHEITER; GERJETS, 2009, p. 2704).

A interferência de tarefas espaciais sobre a lembrança de conteúdos espaciais obtidos a partir de textos foi também confirmada por Pazzaglia; De Beni; Meneghetti, (2007, p.492):

O papel da memória visuoespacial na lembrança do texto espacial¹⁴ parece bem claro, uma vez que o *tapping*¹⁵ espacial interferiu com a compreensão e a memorização do texto espacial.

Verifiquei que tanto nas experiências realizadas pelos pesquisadores mencionados nesta seção, como nas experiências de outros autores referidas em seus artigos, ao tentarem demonstrar a interferência de tarefas espaciais sobre a retenção de informações espaciais obtidas a partir de um texto, utilizaram sempre a mesma tarefa espacial: o *tapping* espacial. Não pesquisaram como a movimentação do olhar (por rastreamento ou sacadas), que também é uma tarefa espacial (ZHAO, 2004), impacta a retenção.

Um experimento onde a movimentação do olhar interfere com um texto de conteúdo espacial, e que não foi referido pelos autores mencionados nesta seção, é o experimento de Postle et al. (2006). Ele utilizou a movimentação do olhar para interferir com a tarefa de imaginação de Brooks (1967), que envolve a retenção de informações espaciais contidas em sentenças que são lidas pelo participante. A seguir descreveremos alguns aspectos do experimento de Postle et al. (2006), para entendermos como a movimentação do olhar pode afetar a retenção de informações espaciais provenientes de um texto.

¹⁴ Texto espacial é a “descrição verbal de uma informação espacial” (SCHMIDT - WEIGAND; SCHEITER, 2011, p. 23).

¹⁵ A tarefa de se dedilhar continuamente uma série de teclas ou botões é denominada de *tapping* espacial (DE BENI, et al, 2005). Segundo nos informou por email a professora Rosani Antunes Teixeira do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, nos artigos em língua Portuguesa, a expressão “spatial tapping”, é sistematicamente traduzida como *tapping* espacial, ou seja, mantém-se a palavra *tapping* sem tradução. Nesta tese seguimos esta “tradição”.

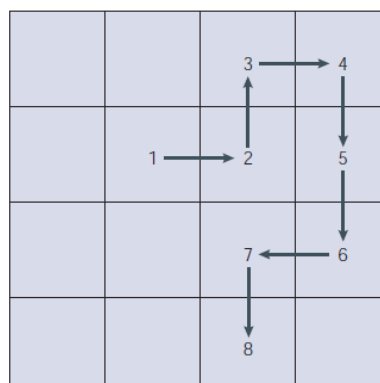
3.5 Alguns aspectos do experimento de Postle et al. (2006)

O experimento de Postle et al. (2006) evidencia a interação da movimentação do olhar com a retenção de informações espaciais de um texto espacial. Postle et al. (2006), utilizaram em seus experimentos uma versão da tarefa de Brooks (1967). Nesta tarefa inicialmente o participante deve imaginar uma matriz 4 x 4 e em seguida passa e ler uma sequência de mensagens.

Cada mensagem descrevia a localização dos dígitos 1-8 dentro da matriz, e o dígito 1 sempre aparecia no quadrado inicial, com os dígitos subsequentes aparecendo nos quadrados adjacentes. A mensagem era sempre apresentada na sequência de 1 a 8, e por isso era sempre possível lembrar a mensagem em termos de um caminho através da matriz. A mensagem descrevia a posição de cada dígito como estando localizado tanto acima, abaixo, para a direita ou para a esquerda do local do dígito anterior (por exemplo, no quadrado inicial colocar um 1. No próximo quadrado à direita colocar um 2. No próximo quadrado para baixo colocar um 3... etc.) (POSTLE et al. 2006, p. 4).

No experimento de Postle et al. (2006) à medida que o participante vai lendo essas mensagens com a descrição de uma sequência de posições na matriz, deve ir criando a imagem mental do caminho na matriz formado pela sequência dessas posições (Figura 9). O participante deve ir memorizando este caminho, pois no momento do teste, como terá de repetir oralmente as mesmas frases que leu, na ordem em que foram apresentadas, deverá utilizar sua lembrança da sequência de posições deste caminho para reconstruir mentalmente as frases que leu e repeti-las oralmente no momento do teste.

Figura 9 - Matriz de Brooks (1967).



Fonte: Baddeley (2003).

No teste o desempenho nessa tarefa de memória é avaliado em termos do número de sequências corretas que o participante consegue lembrar. O experimento de Postle et al.

(2006) mostrou que: “a acuidade foi maior para a condição de olhos livres, somente discretamente menor para as condições de olhos fixos e marcadamente menor para as duas condições de olhos em movimento” (POSTLE et al. 2006, p. 8). Por exemplo, no segundo experimento de Postle et al. (2006) o percentual de sequências de posições corretas para quando os olhos estavam rastreando o sino que se movia na tela (tarefa interferente) foi de 51% enquanto para a condição em que os olhos permaneceram livres foi de 72,4%. Ou seja, o segundo experimento de Postle et al. (2006) mostrou que o desempenho na correta recordação das sequências de posições foi mais afetado nos experimentos em que durante o momento da distração se impôs ao participante que movimentasse seus olhos (ou por sacadas ou por rastreamento do movimento de um objeto na tela), do que nos experimentos onde o participante manteve os seus olhos livres, porém sem movimentação significativa dos olhos.

Ora como a recordação da sequência completa das informações espaciais depende da recordação da informação espacial contida em cada mensagem, pode-se concluir que a queda significativa no desempenho no teste de recordação da sequência completa se deve ao fato de a movimentação do olhar ter afetado retenção das informações espaciais veiculadas por estas mensagens.

A tarefa interferente espacial realizada pelo participante consistia no rastreamento de um sino que se movia senoidalmente de cima para baixo da tela em dois segundos. Quando atingia a parte de baixo da tela, reaparecia imediatamente no topo. Este processo durava 12 segundos, o que significa que o participante realizava 12 sacadas, cada sacada com alcance equivalente a altura da área útil da tela do computador. Como este movimento de lado a lado subtendia um ângulo de 12° , pode-se afirmar que a tarefa interferente consistia num deslocamento total do olhar de 144° .

O fato de no experimento de Postle et al. (2006) se detectar uma interferência entre as sacadas e a retenção da informação espacial que o participante lê em uma mensagem de texto, não garante que para sacadas com menor alcance que as utilizadas em Postle et al. (2006), tais como aquelas praticadas quando se estuda um material instrucional, ocorrerá também este tipo de interferência. Por este motivo realizaremos um experimento para determinar se sacadas com alcance similar ao daquelas praticadas quando se estuda um material instrucional, são capazes de causar interferência com a retenção de informações espaciais. Como nosso experimento se assemelha em alguns aspectos ao experimento de Pearson e Saharie (2003), faremos uma breve exposição de alguns aspectos deste experimento.

3.6 Alguns aspectos do experimento de Pearson e Sahraie (2003)

O objetivo principal de Pearson; Sahraie (2003, p. 1092) era:

[...] comparar o nível de interferência causados por movimentos dos olhos em sacadas ou em perseguições suaves¹⁶, com aqueles causados por discreta e contínua desvios na atenção encoberta.

Pearson e Sahraie (2003) como tarefa principal utilizaram o Teste dos Blocos de Corsi (DE RENZI; NICHELLI, 1975). O desempenho neste teste foi utilizado como medida da retenção de informações espaciais. Compararam os efeitos sobre a retenção causados por dois tipos de movimentação do olhar:

- a) pelo rastreamento suave de uma bola que se movia de um lado para outro da tela (Primeiro e segundo experimento);
- b) por sacadas de um lado para o outro da tela (Quarto experimento).

O primeiro experimento de Pearson e Sahraie (2003), onde se testa os efeitos do “rastreamento suave” apresenta três momentos. No primeiro momento o participante é apresentado a uma sequência de posições dos blocos de Corsi. A apresentação de cada bloco é indicada pela transformação da cor do bloco, que muda de preto para cinza por 250 ms, retornando em seguida o bloco a sua cor original.

Cabe ao participante memorizar a sequência de blocos em que ocorre esta mudança transitória de cores para no momento do teste reproduzir esta sequência clicando com o mouse em cada um desses blocos na mesma sequência em que foram apresentados. Entre o momento da apresentação da sequência (primeiro momento do experimento) e o momento do teste (terceiro momento) insere-se um intervalo de tempo (chamado pelo autor de intervalo de retenção) durante o qual o participante deve rastrear uma bola que se move na tela

Na condição de perseguição suave aos participantes se pediu para rastrear uma bola deslocando-se senoidalmente [...]. Os participantes rastream a bola continuamente durante um intervalo de retenção de 5 segundos. A bola levou 1 segundo para se mover de um lado a outro da tela (PEARSON; SAHARIE, 2003, p. 1095).

Como o participante rastreia a bola durante 5 segundos, levando a bola 1 segundo para se deslocar de um lado a outro da tela (PEARSON; SAHRAIE, 2003), isto significa que

¹⁶A expressão “perseguição suave” é comumente usada na literatura, significando que algo que se move está sendo rastreado pelo olhar, ou seja, que não se trata de um movimento brusco do olhar, que não se trata, portanto, de uma sacada.

neste experimento o seu olhar deve ter percorrido uma distância aproximadamente equivalente a cinco vezes a largura da tela do monitor utilizado.

A finalidade específica desta experiência era medir o impacto da movimentação do olhar sobre a retenção, para o caso em que o olhar se movimenta rastreando uma bola que se move na tela. Por outro lado, o objetivo geral de Pearson; Sahraie (2003), com os 4 experimentos que realizou era: “comparar o nível de interferência causado por movimentos os olhos em sacadas ou em perseguições suaves¹⁷, com aqueles causados por discretos e contínuos desvios na atenção encoberta¹⁸” (PEARSON; SAHRAIE, 2003, p. 1092).

Pearson e Sahraie (2003) verificaram que o impacto das “perseguições suaves” sobre a retenção da seqüência dos Blocos de Corsi era menor que o impacto das sacadas (SOUZA, 2015). O procedimento do seu quinto experimento onde mediu o impacto das sacadas na retenção foi o mesmo procedimento do seu primeiro experimento onde avaliou o impacto da “perseguição suave” (rastreamento do olhar), exceto que no segundo momento, ao invés de impor ao participante a “perseguição suave”, este tipo de movimentação do olhar foi substituído por sacadas, as quais eram realizadas de um lado para outro da tela da seguinte forma:

Os participantes foram instruídos a manterem a atenção na bola durante todo o intervalo de retenção. Assim que a bola desaparecia de um lado da tela reaparecia no outro, participantes tinham de deslocar seu olhar tão rápido quanto possível para a nova posição. O movimento da bola repetiu a amplitude e a frequência da condição de continuo rastreamento utilizada nos experimentos 1 e 2 (PEARSON; SAHARIE, 2003, p. 1099).

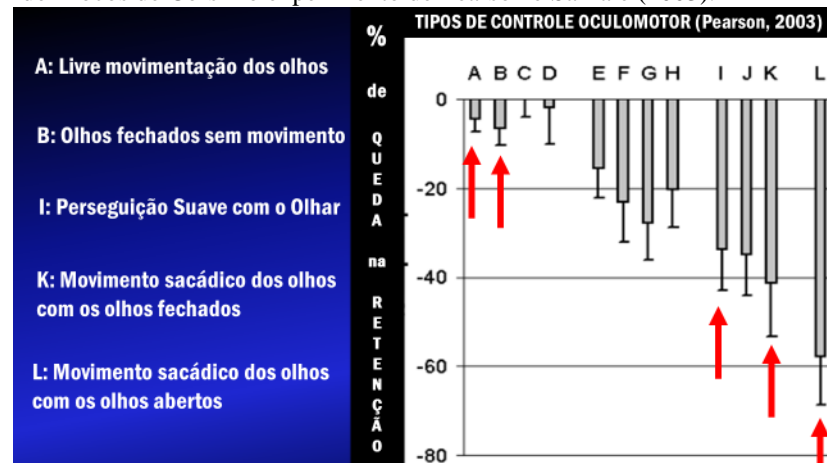
É oportuno registrar que no primeiro, segundo e quarto experimentos realizados por Pearson e Saharie (2003), durante os 5 segundos do intervalo de retenção o olhar se deslocou de um lado para outro da tela cinco vezes, ou seja, a distância percorrida pelo olhar na movimentação sacádica foi de 5 vezes a largura da tela do computador utilizado neste experimento.

Os resultados do experimento de Pearson e Sahraie (2003) são mostrados na figura 10. No eixo vertical os números negativos mostram o percentual de queda no número de acertos nos Testes de Blocos de Corsi em relação a diversos tipos de movimentação do olhar realizados durante o intervalo de retenção.

¹⁷ A expressão “perseguição suave” é comumente usada na literatura, significando que algo que se move está sendo rastreado pelo olhar, ou seja, é equivalente a expressão “rastreamento pelo olhar”. A utilização da palavra “suave” na expressão “perseguição suave” é apenas uma forma de diferenciar este tipo de movimento do olhar, dos bruscos movimentos do olhar entre dois pontos realizados nas sacadas.

¹⁸ Desvios na atenção encoberta é quando a tenção é desviada para uma posição sem que os olhos sofram qualquer deslocamento (PEARSON; BALL; SMITH, 2014). Ocorre por exemplo, quando ao ouvirmos um som, sem desviar nossos olhos, nossa atenção se desviar para a posição de onde vem o som.

Figura 10 - Percentual de queda no número de acertos nos Testes de Blocos de Corsi no experimento de Pearson e Sahraie (2003).



Fonte: Pearson e Sahraie (2003).

Na figura 10 a movimentação do olhar referida como tipo A, diz respeito a livre movimentação do olhar. Verifica-se na figura 10 que nesta condição de livre movimentação do olhar o participante errou pouco. Este resultado ocorreu possivelmente porque deixando livre a movimentação dos olhos isto lhe permitiu controlar os movimentos dos olhos e fazer a recitação, isto é, a repetir com os movimentos dos olhos durante o intervalo de retenção, os deslocamentos realizados pelo olhar ao acompanhar a apresentação da sequência de blocos.

Os resultados da pesquisa Pearson e Sahraie (2003), indicaram que a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho é mais afetada pela realização de sacadas¹⁹ do que pelo suave movimento do olhar realizado quando se rastreia a bola com o olhar (vide figura 10). Porém, Pearson e Sahraie (2003) apenas compararam o efeito sobre a retenção causado por tipos diferentes de movimentação do olhar (vide figura 11). Não investigaram como um progressivo aumento da movimentação do olhar afeta a retenção de informações espaciais (SOUZA, 2015). Isto foi feito nesta tese.

3.7 Os mecanismos subjacentes

Aumentar progressivamente o ângulo do deslocamento do olhar e ver como isto impacta na retenção de informações é uma investigação experimental que se justifica duplamente:

- em primeiro lugar porque os resultados desta investigação interessam aqueles que têm de elaborar materiais instrucionais cuja aprendizagem dependa da retenção de informações espaciais. Interessa-lhes saber se de fato um aumento progressivo nas

¹⁹ Sacadas são rápidos movimentos do olhar entre dois pontos (PURVES, 2001).

distâncias das fontes, e conseqüentemente na amplitude das sacadas, terá ou não um impacto sobre a retenção de informações espaciais;

b) em segundo lugar porque os resultados dessa investigação experimental interessam também a neurociência, pois o conhecimento sobre como a retenção de informações espaciais é afetada quando progressivamente se aumenta o ângulo do deslocamento do olhar, pode lançar luz sobre os mecanismos subjacentes a esta relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho.

Nesta subseção apresentaremos algumas teorias que buscam explicar os processos subjacentes ao mecanismo de interferência entre o deslocamento do olhar e a retenção de informações espaciais.

Muito embora existam comprovações experimentais de que o deslocamento do olhar afeta a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho, a suas causas, os mecanismos subjacentes a esta relação de causa e efeito, ainda não são bem conhecidos (ZHAO, 2004).

Dois mecanismos são fundamentais para a retenção de informações na memória de trabalho: A recitação e o armazenamento. Portanto se a retenção de informações espaciais é afetada pelo deslocamento do olhar isto pode estar ocorrendo porque um desses dois mecanismos, ou os dois, podem estar sendo afetados pelo deslocamento. Para entendermos como o deslocamento do olhar pode afetar a recitação, vejamos preliminarmente o que é a recitação.

3.7.1 Mecanismos de Recitação Espacial

Um mecanismo de recitação (repetição) é aquele que mantém ativos os estímulos codificados (gravados) antes da sua recuperação (lembrança) (PEARSON; BALL; SMITH, 2014). No caso da Memória de Trabalho Verbal existe um bem conhecido mecanismo articulatório que revive os traços armazenados impedindo o seu decaimento. Porém no caso da Memória Visuoespacial, embora a maior parte dos pesquisadores concorde que a recitação tem um papel na retenção de informações espaciais, não existe consenso sobre como seria o mecanismo da recitação para o sistema visuo espacial (PEARSON; BALL; SMITH, 2014). Como seria este mecanismo?

[...] Baddeley (1986) sugeriu que, análogo a recitação articulatória de material verbal, o sistema oculomotor poderia ter um papel em manter a informação visuoespacial “em mente” durante o intervalo de tempo entre o estudo e o teste. (OLSEN et al., 2014, p. 1)

A sugestão de Baddeley (1986) de que a recitação no domínio visuoespacial seria produzida por processos associados com a movimentação dos olhos, decorreu de seus resultados experimentais. Ele pediu aos participantes de seu experimento que rastreassem um alvo se movendo senoidalmente durante o intervalo de recitação. Descobriu que os movimentos dos olhos produziam um significativo declínio na MT espacial. Ele atribuiu o declínio a uma interferência do movimento dos olhos com a recitação. Este e outros resultados experimentais levaram a seguinte teoria:

[...] a Memória de Trabalho Visuoespacial pode envolver a ativação do sistema de movimentação do olho [...]. Especificamente argumenta-se que as localizações espaciais são gravadas como objetivos de potenciais movimentos de olho, recitados pelo planejamento das sacadas para as localizações a serem lembradas, e lembradas usando-se os planos da sacada para guiarem a seleção das corretas localizações durante a recuperação. Alguma evidência em favor desta posição vem de uma série de estudos realizados por Pearson e Sahraie (2003) que verificaram que sacadas executadas durante o intervalo de retenção prejudicaram a memória espacial (PEARSON; BALL; SMITH, 2014, p. 417).

É importante observar que a teoria exposta no parágrafo anterior admite a participação do sistema oculomotor ainda quando não ocorra a movimentação dos olhos: “as localizações espaciais são codificadas como objetivos de potenciais movimentos de olho pelo planejamento das sacadas para as localizações a serem lembradas” (PEARSON; BALL; SMITH, 2014, p. 417).

Em suporte a esta teoria, movimentos de olhos para as localizações dos estímulos lembrados têm sido “relatados como ocorrendo com frequência durante a lembrança de informação espacial (BRANDT; STARK, 1997; JOHANSSON; HOLSANOVA, DEWHURST; HOLMQVIST, 2012; SPIVEY; GENG, 2001)” (PEARSON; BALL; SMITH, 2014, p. 417).

Dos autores referidos na citação acima, que realizaram experimentos onde foram detectados movimentos espontâneos dos olhos durante o momento de lembrança, destacamos a experiência de Johansson (2012). Ele pediu aos participantes de seu experimento que olhassem uma imagem e que depois, durante o intervalo de retenção, olhando para uma tela vazia tentassem relembrar a imagem. Ele detectou movimentos espontâneos dos olhos enquanto os participantes relembravam a imagem olhando para a tela vazia. No experimento seguinte impediu a movimentação espontânea dos olhos impondo que

durante o intervalo de retenção os participantes mantivessem a fixação do olhar em um determinado ponto.

Quando a fixação foi restringida durante a lembrança, experimentos 3 e 4 revelaram que a recordação da imagem foi alterada e prejudicada [...] Nós demonstramos que os movimentos dos olhos para “o nada” (tela vazia) tem um papel funcional, afetando a memória caso eles sejam proibidos (JOHANSSON; HOLSANOVA; DEWHURST, 2012, p. 1309)

A experiência de Johansson, Holsanova e Dewhurst (2012) acima referida, e outra realizada por Johansson et al. (2014), indicaram uma queda no desempenho da lembrança quando durante o intervalo de recitação se impediu a movimentação dos olhos, o que confirma a teoria de que a recitação no domínio espacial seria produzida por processos associados com a movimentação dos olhos.

Evidências em favor da hipótese de que a recitação se baseia na movimentação dos olhos vêm também dos resultados experimentais de Pearson e Sahraie (2003), que mostraram que sacadas executadas durante o intervalo de retenção prejudicaram a memória espacial (medida pelo desempenho no Teste dos Blocos de Corsi). A imposição da realização de sacadas teria impedido a recitação pela livre movimentação dos olhos.

Contudo, não existe consenso com relação a hipótese de que a recitação se baseia na movimentação dos olhos. Outra influente hipótese, explica o mecanismo da recitação sem recorrer à movimentação dos olhos. Para seus defensores a recitação de informação espacial dependeria apenas da atenção espacial:

[...] uma alternativa para a teoria do movimento dos olhos é aquela que se baseia em desvios na atenção espacial encoberta (i.e., a habilidade de desviar a atenção para locais sem executar qualquer movimento nos olhos). Por exemplo, Awh and Jonides (2001) and Awh, Jonides, and Reuter-Lorenz (1998) encontraram que os tempos de reação eram mais rápidos quando os alvos apareciam em locais mantidos na Memória de Trabalho, e que a Memória de Trabalho dos participantes era prejudicada quando se impedia que focassem sua atenção, durante o intervalo de retenção, nos locais memorizados (PEARSON; BALL; SMITH, 2014, p. 417).

Quando durante o período da recitação, se impõe ao participante, através de estímulos externos, um desvio na sua atenção espacial, verifica-se que estes desvios de atenção prejudicam a recitação de informação espacial, o que levou pesquisadores a proporem que o processo de recitação de informações espaciais tem por base a atenção espacial. Por exemplo, os estudos de Smyth (1996) mostraram que:

[...] o desempenho na tarefa de Corsi é prejudicado por uma tarefa de monitoramento espacial de sons em que não se exige a realização de movimento, mas sim o deslocamento da atenção pelo espaço. (GALERA; GARCIA; MARQUES, 2013, p. 36).

Segundo Lawrence; Myerson; Oonk (2001, p. 443):

Desvios na atenção espacial podem interferir porque elas interrompem um processo de recitação baseado na atenção ou simplesmente porque a atenção é necessária para manter a informação espacial.

Esta teoria para o mecanismo de recitação de informações espaciais é assim resumida por Awh; Jonides; Reuter-Lorenz (1998, p. 14): “desvios na atenção seletiva espacial constituem um mecanismo ativo de recitação para a manutenção de informação sobre localizações”.

Os defensores da hipótese do mecanismo da recitação espacial estar baseada em desvios na atenção espacial encoberta (AWH; JONIDES; REUTER-LORENZ, 1998; SMYTH; SCHOLEY, 1994), atacam a teoria de que a recitação de informações espaciais é gerada por processos associados a movimentação dos olhos, argumentando que a movimentação forçada do olho durante o intervalo de recitação interfere com a recitação não porque o movimento do olho tenha um papel na recitação mas sim porque este movimento do olho envolve a atenção espacial: “isto pode ser assim porque tais movimentos são acompanhados por desvios de atenção” (LAWRENCE; MYERSON; ABRAMS, 2004, p. 489).

Como a execução de uma sacada envolve também a atenção, torna-se difícil atribuir o efeito da sacada apenas a sacada e não também a atenção. Este tem sido um obstáculo às investigações experimentais que pretendem examinar separadamente o efeito da sacada do efeito da atenção. Segundo Pearson; Ball; Smith (2014, p. 417):

Um grande problema tem sido a aparente falta de qualquer paradigma experimental que confiavelmente desacople os processos de atenção dos processos de controle oculomotor na MT Visuoespacial. Isto surge porque executar um movimento de olho necessariamente envolve o participante também produzir um desvio na atenção encoberta.

Este obstáculo foi recentemente contornado por Pearson; Ball; Smith (2014, p. 417):

[...] propomos que o presente estudo é o primeiro a demonstrar de forma inequívoca que o sistema oculomotor contribui para a manutenção de localizações espaciais na memória de trabalho independentemente de qualquer envolvimento de atenção encoberta.

Embora seja importante para nossa pesquisa toda esta discussão sobre serem ou não serem, a atenção e a movimentação do olhar, mecanismos de recitação, não precisamos nos preocupar em aprofundar esta discussão, pois estes mecanismos serão suprimidos em nossos

experimentos durante um certo intervalo de tempo conforme se demonstrará na subseção seguinte.

Contudo a discussão feita até aqui sobre esses mecanismos de recitação não foi em vão, pois nos permitirá entender como o deslocamento pode interferir na recitação através da supressão dos dois prováveis candidatos a mecanismos de recitação; a movimentação espontânea dos olhos, e a atenção.

3.7.2 A supressão da Recitação Espacial em nosso experimento

Em nossos experimentos as sacadas que impomos entre a apresentação de um e outro bloco de Corsi impedem tanto a recitação pela movimentação dos olhos como a recitação pela atenção. Estas sacadas impedem a recitação pela movimentação dos olhos, pois não é fisicamente possível que os olhos realizem dois movimentos simultaneamente, o da recitação e o associado às sacadas. Esta realização forçada das sacadas impede também a recitação pela atenção, pois durante a realização das sacadas o foco da atenção espacial do participante está concentrado na realização da sacada, não podendo se desviar para a lembrança da posição do último bloco de Corsi apresentado, sob pena de o participante se desconcentrar na sacada e errar a questão. Em nosso experimento esta indisponibilidade da atenção e da movimentação dos olhos para a recitação produz uma supressão da recitação que será tanto maior quanto maior for o tempo de duração da sacada, podendo-se, caso nossos experimentos confirmem experimentalmente o decaimento da retenção com o aumento da amplitude das sacadas, atribuir estes resultados a esta supressão. Além disso, conjectura-se aqui a possibilidade de que o deslocamento do olhar possa também, além de gerar a supressão da recitação (retenção ativa), afetar o próprio armazenamento (retenção passiva).

3.8 O efeito do deslocamento do olhar pode ser produzido pelas sacadas que são praticadas durante o estudo de um material instrucional?

Defendemos a conjectura de que os deslocamentos de olhar produzidos por sacadas com amplitude na mesma faixa das amplitudes das sacadas tipicamente praticadas na busca por referentes (fontes correspondentes) no estudo de um texto acompanhado de figuras apresentado na tela de um computador ou na página de um livro são capazes de afetar a retenção na memória das informações espaciais extraídas dessas fontes (texto e figura).

Contudo esta conjectura pode ser a princípio, questionada. No experimento de Pearson e Sahraie (2003), o efeito da movimentação do olhar sobre a retenção de informações espaciais na memória ocorreu quando o participante, sentado a uma distância de 57 cm de um monitor com tela de 37 cm de largura por 26 cm de altura, deslocou seu olhar ao longo de uma distância de cerca de 5 vezes a largura desta tela. Em Postle et al. (2006) a distância percorrida pelo olhar também foi grande: os participantes tinham de deslocar seu olhar ao longo de uma distância de 6 vezes a altura da tela do computador que estavam utilizando. Será que um efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações será detectado para deslocamentos do olhar menores tais como os que se praticam quando se estuda um material instrucional?

Pode-se questionar o impacto que as sacadas realizadas na busca por referentes em materiais instrucionais possam ter sobre a retenção de informações espaciais, argumentando-se que a distância entre as fontes de informação (texto e figura) não é suficientemente grande para que o deslocamento do olhar ao longo desta distância seja capaz de prejudicar a retenção de informações espaciais. Contudo, investigações feitas com o monitoramento do olhar revelaram que no estudo de materiais instrucionais os deslocamentos do olhar são maiores do que a simples distância entre as fontes. No experimento de Schmidt-Weigand; Kohnert; Glowalla (2010), onde diversas cenas foram apresentadas acompanhadas de textos de 9 a 26 palavras por cena, as sacadas entre o texto escrito e as cenas “alternaram em média 3,4 vezes por cena” (SCHMIDT- WEIGAND; KOHNERT; GLOWALLA, 2010, p. 107).

Já no experimento de Hegarty (1992), onde também foram monitorados o olhar dos participantes, foram registradas em média três sacadas por figura²⁰. Assim, em todos os casos nos quais ocorrem vários deslocamentos do olhar entre as fontes de informação correspondentes, o deslocamento angular total do olhar obviamente se dará ao longo de uma distância bem maior que a distância “d” entre as fontes de informação. Por exemplo, no experimento de Hegarty (1992), onde foram registradas em média três sacadas por figura, o olhar, ao ir e voltar 3 vezes ao longo da distância “d” entre a figura e as outras fontes de informação se deslocou uma distância 6d.

²⁰ Embora neste exemplo o sujeito primeiro olhe para o texto, nada impede que se comece olhando primeiro a figura. Com relação a esta questão é oportuno registrar que nas pesquisas de Hergarty (1992), aproximadamente 80% dos participantes diante de um material instrucional que explicava como funcionava um sistema de polias, primeiro olhavam para o texto e só ao final de cada sentença olhavam para a figura. (SCHMIDT – WEIGAND; KOHNERT; GLOWALLA, 2010).

Os resultados experimentais mencionados no parágrafo anterior indicam que a distância percorrida pelo olhar é maior do que as distâncias entre as fontes de informação. No entanto, trata-se de um número insignificante de experimentos para que se possa ter uma conclusão definitiva. Contudo existem outros fatores que podem garantir que as distâncias percorridas pelo olhar quando se busca fazer a integração mental das fontes de um material instrucional, serão maiores que a distância entre estas fontes. A apresentação de um material instrucional em formato não integrado é um desses fatores, senão vejamos.

Caso um material com várias fontes se apresente em formato integrado, sinalizando que as fontes X e Y guardam relação entre si, ou seja, sinalizando que X e Y são fontes correspondentes, a distância percorrida pelo olhar na busca pela integração dessas duas fontes será obviamente apenas a distância entre essas duas fontes.

Contudo, inexistindo sinalização indicando quais são, dentre as diversas fontes do material instrucional, as fontes correspondentes (material apresentado em formato não-integrado), a busca passa a ser aleatória, podendo ocorrer de diversas fontes virem a ser testadas antes de finalmente se encontrar a fonte de informação correspondente. Isto significa que quando o formato não for integrado, em razão da aleatoriedade da busca, o olhar durante a busca pelas fontes correspondentes percorrerá uma distância bem maior do que distância entre estas fontes.

Além do formato não-integrado, outro fator que concorre para que o olhar percorra uma distância maior do que a distância entre as fontes correspondentes são os diversos deslocamentos do olhar realizados durante a busca para a integração semântica²¹. Este fator será detalhado a seguir.

Quando se estuda um material instrucional no qual as fontes de informação isoladamente não são auto-explicáveis²², para que este material possa ser entendido é necessário que os conteúdos dessas fontes de informação sejam integrados semanticamente. Considere uma situação hipotética onde as fontes a serem integradas semanticamente estão conectadas através de setas, ou seja, estão apresentadas em formato-integrado para evitar a busca física realizada pelo olhar. Considere que para entender determinado conteúdo do material instrucional, seja necessário integrar semanticamente quatro fontes de informação (F1, F2, F3 e F4) complementares. O processo de integração dessas quatro fontes envolve

²¹Integração semântica aqui tem o sentido de integração mental de significados em oposição a integração física a qual se refere a integração do formato pela sinalização, rotulagem, segmentação de textos, etc.

²²“Todas as considerações que faremos nesta tese se referem a materiais instrucionais cujas fontes de informação não são isoladamente auto-explicáveis, mas que dependem umas das outras. Isto decorre do fato de esta investigação estar relacionada ao Princípio da Atenção Dividida, o qual “somente se aplica quando as múltiplas fontes de informação são ininteligíveis isoladamente” (AYRES; SWELLER, 2005, p. 222).

sacadas. Após o estudo da fonte F₁, uma sacada desta fonte para a fonte F₂, após o estudo da fonte F₂, outra sacada de F₂ para F₃, e após o estudo da fonte F₃, outra sacada de F₃ para F₄. Do exposto constata-se que entre o estudo de uma e outra fonte se intercalam sacadas.

Como o processo de integração mental dessas quatro fontes de informação envolve se manter na memória a informação da fonte F₁ durante o deslocamento do olhar de F₁ para F₂, e se manter na memória a informação de F₁ e F₂ durante o deslocamento do olhar de F₂ para F₃ e se manter na memória a informação de F₁, F₂ e F₃ durante o deslocamento do olhar de F₃ para F₄, conjecturamos que, em razão do efeito que a movimentação do olhar tem sobre a retenção de informações espaciais (PEARSON; SAHARIE, 2003; POSTLE et al., 2006; LAWRENCE; MYERSON; ABRAMS, 2004), que os deslocamentos do olhar de F₁ para F₂, de F₂ para F₃ e de F₃ para F₄ possam prejudicar as informações que devam se retidas durante cada um desses deslocamentos, prejudicando assim a própria integração dessas informações.

Da exposição da situação hipotética constata-se que no caso da integração mental do conteúdo da fonte F₁ com as fontes F₂, F₃ e F₄, o conteúdo de F₁, deve ser mantido na memória durante o deslocamento do olhar de F₁ para F₂, de F₂ para F₃ e de F₃ para F₄. Se considerarmos que a distância entre cada uma dessas fontes seja aproximadamente igual à largura da tela do computador onde são apresentadas, teremos que informação da fonte F₁ deverá ser mantida na memória enquanto o olhar se desloca uma distância aproximadamente três vezes maior que a largura da referida tela. Considerando que na experiência de Pearson e Saharie (2003) o deslocamento do olhar foi de cerca de cinco vezes a largura da tela, então o deslocamento do olhar na situação hipotética que acabamos de descrever, considerando que estivéssemos sentados a uma distância da tela igual a praticada em Pearson e Saharie (2003) e que estivéssemos utilizando uma tela com a mesma largura (37 cm), seria de 60% do deslocamento imposto ao olhar no experimento de Pearson e Sahraie (2003).

Na situação hipotética descrita, concluímos que a distância percorrida pelo olhar seria de cerca de três vezes a largura de uma tela de um computador. Contudo esta conclusão se refere a um material instrucional com formato integrado. Caso este material apresentasse um formato não-integrado a distância percorrida pelo olhar seria ainda maior.

Embora tenhamos nos parágrafos anteriores garantido através do uso de raciocínio lógico que no estudo de materiais instrucionais as distâncias percorridas pelo olhar na busca pelas fontes correspondentes podem ser bem maiores do que as distâncias entre estas fontes, uma questão permanece: estas distâncias percorridas pelo olhar serão grandes o suficiente para que o deslocamento do olhar a elas associado afete a retenção de informações

espaciais? Estas perguntas somente podem ser respondidas através de um experimento, eis que a “experiência é a única juíza da verdade científica” (FEYNMAN, 1964, p. 13). Para responder a esta pergunta elaboramos um experimento.

Antes de realizar este experimento receávamos que as sacadas que utilizaríamos, por serem de pequena amplitude, eis que simulavam sacadas similares em amplitude as praticadas no estudo de um material instrucional, não fossem capazes de produzir um decaimento na retenção de informações na Memória de Trabalho. Apesar do nosso receio, os resultados de nosso experimento, demonstraram que mesmo as sacadas com amplitude de 18° executadas em nosso experimento, portanto sacadas bem menores que as executadas nos experimentos de Pearson e Saharie (2003) e de Postle et al. (2006) foram capazes de produzir um decaimento na retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Estes resultados podem ter implicações para o Princípio da Atenção Dividida. No próximo capítulo descrevemos nosso experimento.

4 METODOLOGIA

Como o deslocamento do olhar é uma tarefa espacial, deve interferir predominantemente não com o desempenho de uma tarefa visual, mas sim com o desempenho de uma outra tarefa espacial. Para verificar a interferência do deslocamento do olhar com uma outra tarefa espacial, escolhemos como segunda tarefa espacial o Teste dos Blocos de Corsi, pois o mesmo é considerado “uma tarefa espacial clássica” (BADDELEY, 2009, p. 34). Além disso, o desempenho nos Testes de Blocos de Corsi permite facilmente avaliar o grau de interferência das sacadas sobre a retenção das informações espaciais, sendo o desempenho, nesta tese, medido simplesmente pelo percentual de sequências corretas de Blocos de Corsi que o participante consegue lembrar. É oportuno registrar que o Teste dos Blocos de Corsi. (MILNER, 1971), originalmente utilizado para avaliações neuropsicológicas (OI et al., 2015), é atualmente “um dos principais instrumentos para se estudar a memória espacial” (GALERA; GARCIA; VASQUES, 2013, p. 31).

Enfim, em razão de serem os Blocos de Corsi um “instrumento de medida” da retenção de informações Espaciais na Memória de Trabalho, da facilidade de seu uso, e em razão de ser uma tarefa espacial clássica, em nossos experimentos as informações espaciais a serem retidas na Memória de Trabalho não serão provenientes de textos, mas sim da apresentação de uma sequência de Blocos de Corsi.

Como um dos objetivos de nossos experimentos é verificar se o deslocamento do olhar produzido por sacadas integrativas²³ com alcance similar ao daquelas sacadas integrativas tipicamente praticadas no estudo de um material instrucional é capaz de afetar a retenção de informações espaciais, o ideal nesta pesquisa seria investigar o efeito das sacadas produzidas realmente no estudo de materiais instrucionais, mas como em nosso experimento a tarefa principal não envolve o uso de textos, mas sim o Teste dos Blocos de Corsi, então para podermos estudar, em uma primeira aproximação, o efeito de sacadas realizadas durante o estudo de materiais instrucionais sobre a retenção de informações espaciais, simularemos sacadas similares em amplitude as sacadas realizadas no estudo de materiais instrucionais com texto, porém estas sacadas serão utilizadas para gerar interferência não sobre a retenção das informações espaciais oriundas da leitura de

²³ Nesta tese utilizaremos a expressão “sacadas integrativas” para denominar não apenas a sacada que conecta duas fontes correspondentes X e Y em um material instrucional que apresente formato integrado, mas também o conjunto de sacadas consecutivas realizadas em material com formato não-integrado, partindo da fonte X na busca pela fonte correspondente Y. As sacadas integrativas são sacadas que ocorrem não após, mas sim durante o processo de integração das fontes de informação, eis que estas sacadas medeiam a integração destas fontes.

textos espaciais, mas sim das informações espaciais oriundas da apresentação de uma sequência de blocos de Corsi.

Defendemos que este experimento, embora utilize os Blocos de Corsi e não textos, deva ser uma boa aproximação do que acontece de fato quando as sacadas realizadas durante o estudo de um material instrucional interferem com a retenção das informações espaciais oriundas dos textos lidos, pois é irrelevante, para uma primeira aproximação, a procedência das informações a serem retidas na Memória de Trabalho espacial, isto é, deve ser irrelevante se estas informações são provenientes da leitura de textos espaciais ou se são provenientes de uma apresentação de blocos de Corsi, interessando apenas que a amplitude das sacadas seja compatível com aquelas tipicamente praticadas no estudo de um material instrucional.

Em nosso experimento, a tarefa principal é lembrar a sequência de posições dos blocos apresentados em uma versão do Teste dos Blocos de Corsi, e a tarefa interferente espacial, a realização de sacadas durante a apresentação. Estas sacadas são impostas ao participante apenas no experimento-teste e não no experimento-controle. A comparação dos resultados do desempenho no Teste dos Blocos de Corsi quando se entremeiam sacadas à realização do mesmo (experimento-teste) e quando não existem sacadas sendo entremeadas à realização do mesmo (experimento-controle) nos permitiram avaliar se sacadas integrativas de amplitudes similares as daquelas praticadas no estudo de um material instrucional são ou não capazes de produzir interferência sobre a retenção de informações espaciais.

Ademais, no experimento-teste, investigamos se um progressivo aumento na amplitude das sacadas integrativas pode resultar em um progressivo decaimento na retenção das informações espaciais. As sacadas foram progressivamente aumentadas, duplicando-se e triplicando-se sua amplitude ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$). Nossa expectativa é que o resultado experimental referente ao efeito do progressivo aumento da amplitude das sacadas nos revele não apenas se sacadas similares as tipicamente praticadas no estudo de materiais instrucionais são capazes de afetar a retenção de informações espaciais, revelando um pouco mais sobre a extensão do domínio de validade da relação de causa e efeito sacada-retenção, como também nos revele se existe diferença na retenção de informações espaciais quando progressivamente se aumenta a amplitude destas sacadas.

4.1 Sujeitos da pesquisa, procedimentos e materiais comuns a todos os experimentos

4.1.1 Sujeitos da pesquisa

Todos os experimentos foram realizados no mês de junho de 2015 em uma sala do Departamento de Física da Universidade Federal do Pará (UFPA) com 13 alunos da Licenciatura e do Bacharelado em Física, sendo 10 do sexo masculino e 3 do sexo feminino. Os participantes na época em que participaram do experimento tinham as seguintes idades. 3 com 19 anos, 4 com 20 anos, 3 com 21 anos, 2 com 22 anos e 1 com 24 anos.

Os diversos experimentos foram realizados em um período de cerca de 100 minutos. Antes do início do experimento, tanto os participantes como o pesquisador responsável pelo experimento, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual, além de assegurar ao participante a preservação do anonimato, informava o objetivo do experimento e sobre a sua participação no mesmo.

4.1.2 Material

O monitor utilizado pelo participante tem altura ajustável, tela útil de 29,8 cm X 47,9 cm e está conectado através de uma extensão de 3,6 m ao laptop utilizado pelo pesquisador, da marca Dell modelo Inspiron14, série 7000, de forma que a mesma imagem vista pelo participante em seu monitor é também vista pelo pesquisador em seu laptop.

Foi utilizado o microfone da marca Microsoft LifeChat LX 3000. Serão utilizados dois programas: o Java para simular a apresentação dos Blocos de Corsi e registrar os erros e acertos do participante, e o Action Mirilis para gravar tudo que ocorre na tela do computador. O Action Mirilis além de gravar em 60 FPS, não gera interferência sobre o programa Java.

4.1.3 Procedimentos e arranjos comuns a todos os experimentos

A tela do computador é posicionada de forma que os olhos do participante estejam na mesma altura do centro da tela ajustando-se para isto, tanto a altura da tela como a altura da cadeira. Os olhos do participante devem permanecer a uma distância de 48 cm da tela. Para a tela utilizou-se a resolução de 1360 x 768.

Como no programa Java que utilizamos para apresentar a sequência de Blocos de Corsi, adotamos para fundo da tela a cor preta, utilizamos também como fundo de tela do

computador a cor preta para evitar que, após o termino da apresentação dos blocos de Corsi, se ofusque a vista do participante com uma cor mais clara durante o intervalo entre uma e outra série de testes.

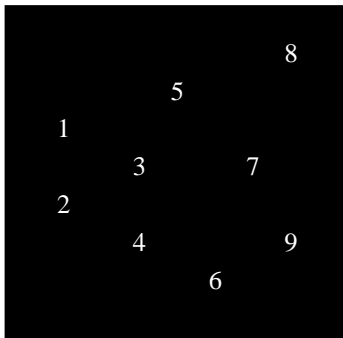
O monitor do participante foi conectado através de uma extensão ao laptop do pesquisador de forma que a imagem projetada nas duas telas é a mesma. Este arranjo permitia ao participante ver na sua tela os movimentos de mouse feitos pelo experimentador enquanto este lhe orientava. Este arranjo também permitia ao experimentador checar que letra aparecia rapidamente no monitor e se o participante a lia corretamente, em voz alta. O pesquisador e o participante sentaram-se em mesas próximas, porém de costas um para o outro para minimizar a possibilidade do participante se distrair com a presença do pesquisador.

Após clicar no botão iniciar, o participante visualiza na tela do computador um conjunto de 9 quadrados. Cada quadrado representa um Bloco de Corsi. Cada bloco tem cor preta e está emoldurado por uma linha branca (vide figura 12). As dimensões que utilizamos para os blocos de Corsi são bem mais reduzidas que as dimensões tipicamente utilizadas nos experimentos com blocos de Corsi. Em nossa versão dos blocos de Corsi cada quadrado (bloco) apresenta apenas 6 mm de lado.

Os 9 blocos são posicionados sobre uma matriz 7 x 7 localizada no canto superior esquerdo da tela do monitor. Porém, na tela apenas se visualizam os blocos, permanecendo a matriz invisível (vide figura 11). Cada célula da matriz apresenta 5 mm de altura e 5 mm de largura. Os 9 blocos são representados emoldurando-se 9 das células da matriz. O fato de os blocos serem representados por quadrados de 6 mm de lado, ou seja, 1 mm maior que as dimensões das células da matriz, se deve a colocação de moldura na célula utilizada para representar um bloco. (vide figura 12).

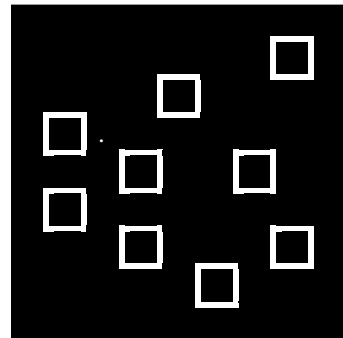
Foi desenvolvido um programa de computador na linguagem JAVA, com a finalidade de apresentar os blocos na tela, propiciar a interação do mouse com os blocos no momento do teste e coletar os dados referentes a esta interação. A matriz 7 X 7 é utilizada para referenciar as posições dos blocos no programa de computador utilizado.

Figura 11 - As posições dos 9 blocos na matriz 7 x 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 12 - Blocos posicionados sobre a matriz invisível.



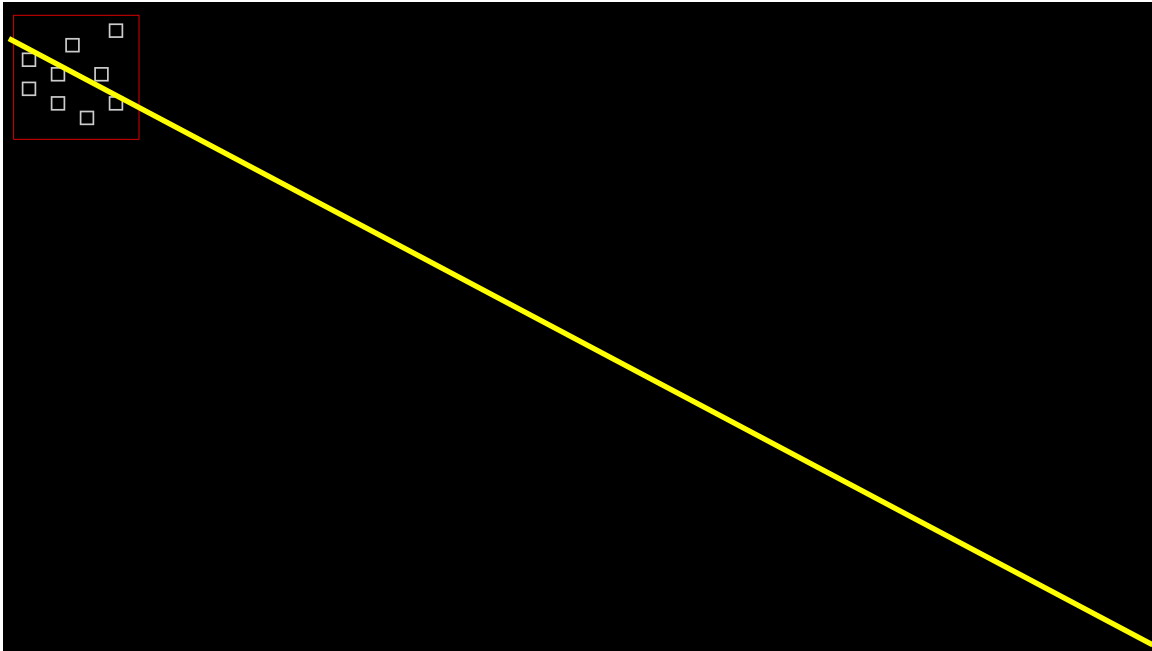
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Embora nosso objetivo inicial tenha sido organizar a posição dos 9 blocos em um arranjo similar ao adotado por Orsini; Pasquadibisceglie; Picone (2001), no entanto a necessidade de se posicionar os blocos sobre a matriz invisível 7 x 7 utilizada em nosso software de coleta de dados impediu que o arranjo dos blocos em nosso experimento ficasse idêntico ao utilizado por Orsini; Pasquadibisceglie; Picone (2001).

Estes 9 blocos apresentam-se posicionados sobre a matriz invisível localizada próxima ao canto superior esquerdo da tela do computador. O centro desta matriz está localizado sobre uma linha invisível, representada na figura 13 por uma linha amarela. O centro da matriz invisível está localizado²⁴ sobre esta reta amarela a 3,7 cm de distância do ponto onde esta reta toca o lado esquerdo da tela. A linha amarela conecta o canto inferior direito da tela a um ponto 1,5 cm abaixo do canto superior esquerdo conforme ilustrado na figura 13. Sobre esta linha se posicionam não apenas o centro da matriz como também as letras que deverão ser identificadas e lidas em voz alta pelo participante nos experimento-teste.

²⁴ O centro da matriz também pode ser localizado tendo como referencial os lados da tela do computador: 3,5 cm abaixo do lado superior da tela e a 3,2 cm do lado esquerdo da tela.

Figura 13 – Posicionamento dos 9 blocos na tela do computador. Estes blocos estão posicionados sobre uma matriz invisível. Tanto o centro da matriz invisível como as letras se posicionam sobre a reta amarela. O centro da matriz invisível está sobre a reta amarela a 3,7 cm do ponto onde esta toca o lado esquerdo. Este ponto extremo da reta amarela dista 1,5 cm do canto superior direito.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Como no experimento teste pede-se ao participante que leia em voz alta a letra que por 550 ms aparece fora do bloco, tivemos também de, no experimento-controle, pedir que o participante lesse em voz alta uma letra, caso contrário, na análise dos resultados de ambos os experimentos estaríamos comparando dois experimentos que diferem em fatores que não são as variáveis independentes que objetivamos investigar.

Como tivemos de também fazer aparecer letras no experimento controle, mas como no experimento controle, diferentemente do experimento teste, não deve haver deslocamento do olhar, fizemos as letras aparecerem no interior dos blocos (vide figura 14), para evitar que houvesse deslocamento do olhar, do bloco para a letra, nesse experimento. Vejamos em detalhes os procedimentos do experimento, começando pela descrição do experimento-controle.

4.2 O experimento controle

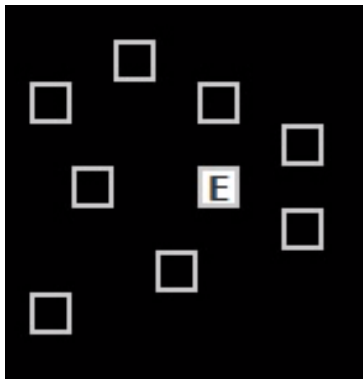
Um Teste de Blocos de Corsi envolve dois momentos. No primeiro momento o participante assiste a apresentação de uma sequência de posições de blocos e tenta memorizá-la para que no segundo momento, o momento do teste, consiga mostrar que lembra da mesma. O experimento-controle que idealizamos é uma versão do Teste dos

Blocos de Corsi onde durante a apresentação dos blocos aparecem letras no interior dos blocos (vide figura 14), as quais devem ser lidas em voz alta quando aparecem.

4.2.1 Objetivo

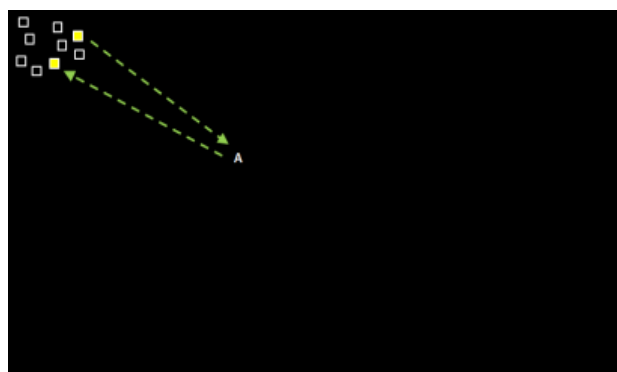
O objetivo do experimento-controle é registrar o desempenho do participante na nossa versão do Teste dos Blocos de Corsi quando não há sacadas, para que posteriormente possamos comparar estes resultados do experimento-controle, com os resultados dos experimentos onde ocorrem sacadas entremeadas a apresentação dos Blocos de Corsi (experimento-teste). Esta comparação explicitará como a inserção de sacadas intercaladas com a apresentação dos blocos afeta o desempenho do participante no Teste dos Blocos de Corsi, revelando como sacadas afetam a retenção de informações espaciais na memória de trabalho.

Figura 14- No experimento controle as letras aparecem no interior dos blocos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 15- No experimento-teste as letras aparecem distantes dos blocos para obrigar os participantes a deslocarem seu olhar até as letras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

4.2.2 Procedimento do experimento-controle

Antes de iniciar os testes os participantes fizeram um breve treinamento. Assistiram a um vídeo de 3 minutos explicando o experimento e exemplificando o que eles teriam de fazer. Após o término do vídeo o aluno praticava o que tinha aprendido durante 4 a 5 minutos.

É oportuno registrar que durante o treinamento se informava ao aluno que sempre que soasse o alarme do término de uma pausa para descanso, que ele não tinha a obrigação de clicar no “botão iniciar” imediatamente após ouvir este alarme, mas que deveria aguardar até o momento em que julgasse estar com o foco de sua atenção exclusivamente voltado para o início do teste.

4.2.2.1 Procedimento da primeira série de 14 testes do experimento-controle

Como todos os 56 testes (14 testes de 3 blocos, 14 testes de 4 blocos e 14 testes de 5 blocos) do experimento controle têm procedimento idêntico, descreveremos detalhadamente apenas um desses testes; o teste no qual o participante tem de memorizar uma sequência de 3 blocos.

Assim como ocorre em todos os testes, inicialmente o participante se depara com uma tela preta com um botão branco onde está escrito a palavra iniciar. Este botão branco está localizado no canto esquerdo da tela no centro da área onde posteriormente aparecerão os Blocos de Corsi. Após o participante clicar neste botão, este desaparece, surgindo na tela um conjunto de 9 blocos pretos com uma moldura braca ao redor de cada bloco. Um segundo após o aparecimento desses 9 blocos, um desses blocos se torna completamente branco. É assim que nossa versão computadorizada do Teste de Blocos de Corsi apresenta o primeiro bloco de uma sequência de três. Portanto, a apresentação de um bloco consiste na troca temporária da cor de um dos 9 blocos (de preto para branco) enquanto os demais blocos permanecem na mesma cor (vide figura 14).

No instante em que este bloco se torna branco aparece dentro do mesmo uma vogal preta (vide figura 14) que deve ser lida em voz alta pelo participante. Estes 9 blocos, sendo 8 pretos e um branco com uma vogal em seu interior, permanecem assim por 550 ms, após o que todos esses 9 blocos desaparecem por 550 ms. Quando reaparecem, um outro desses 9 blocos, o segundo bloco a ser “apresentado”, já aparece todo branco com outra vogal em seu interior permanecendo assim por 550 ms, após o que todos os 9 blocos desaparecem por 550 ms. Quando reaparecem, um outro desses 9 blocos, o terceiro bloco a ser “apresentado”, já aparece todo branco com outra vogal em seu interior permanecendo assim por 550 ms até que todos os 9 blocos novamente desapareçam. 550 ms após este desaparecimento dos 9 blocos inicia-se o momento do teste com o reaparecimento de todos os 9 blocos.

Para que o participante não fique em dúvida sobre o momento do início do teste, sinalizamos este momento com o aparecimento de uma moldura vermelha ao redor dos 9 Blocos de Corsi (Figura 16). No momento do teste o participante visualiza os 9 blocos na tela do computador, devendo clicar nesses blocos na mesma sequência em que foram apresentados. No instante em que ele clica em um dos 9 blocos pretos com moldura branca, este torna-se completamente branco por 550 ms, após o que retorna a cor original. Esta rápida mudança de cor do bloco é apenas para sinalizar ao participante que o clique de mouse que ele deu sobre o bloco, foi válido e será registrado. Caso o participante consiga clicar nos

blocos, na mesma sequência em que foram apresentados, ganhará um ponto. Tanto no experimento-controle como no experimento-teste o desempenho nos testes é computado pelo número de sequências corretamente lembradas. A sequência de eventos descrita neste parágrafo e no anterior está sintetizada na tabela 1.

Tabela 1- Apresentação cronológica dos eventos descritos no procedimento do primeiro teste.

INSTANTE	EVENTOS
t= 0	Momento em que o clique do participante no “botão iniciar” faz surgir na tela preta 9 blocos pretos com molduras brancas.
t = 1000 ms	Apresentação do 1º bloco: um dos 9 blocos pretos muda sua cor tornando-se branco, com uma vogal no seu interior, a qual deverá ser lida em voz alta.
t = 1550 ms	Todos os 9 blocos desaparecem
t = 2100 ms	Apresentação do 2º bloco: todos os 9 blocos reaparecem, sendo 8 na cor preta e um branco com uma vogal em seu interior que deverá ser lida em voz alta.
t = 2650 ms	Todos os blocos desaparecem
f t = 3200 ms	Apresentação do 3º bloco: todos os 9 blocos reaparecem, sendo 8 na cor preta e um branco com uma vogal em seu interior que deverá ser lida em voz alta.
t = 3750 ms	Todos os blocos desaparecem
t = 4300 ms	Início do teste: todos os blocos reaparecem na cor preta com moldura branca. O participante deverá lembrar dos blocos que foram apresentados e clicar nestes na ordem em que foram apresentados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

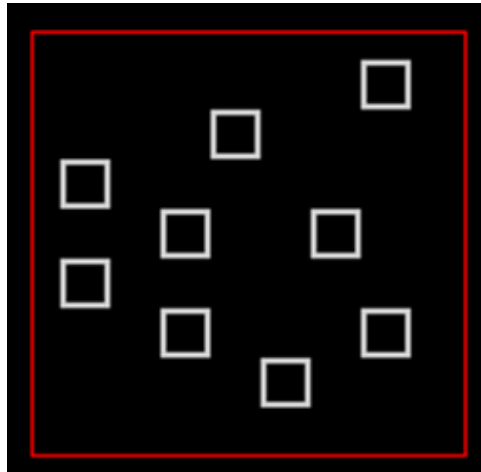
Nos parágrafos anteriores descrevemos o procedimento de um teste pertencente a uma série de 14 testes. Como os 14 testes desta série tem o mesmo procedimento que o do teste descrito nos parágrafos anteriores não há necessidade de descrever o procedimento de todos os 14 testes desta série.

O experimento controle, está dividido em três séries de testes, uma série de 14 testes com 3 blocos, outra série de 14 testes com 4 blocos e outra série de 14 testes com 5 blocos. Cada série de 14 testes é realizada sem pausas para descanso. O descanso ocorre apenas ao final de cada série de 14 testes. Vejamos a sequência cronológica em que as três séries de testes do experimento-controle são realizadas:

- 1) na primeira série são apresentadas e testadas 14 sequências de **3** blocos.
- 2) pausa de 5 minutos.
- 3) na segunda série são apresentadas e testadas 14 sequências de 4 blocos.
- 4) pausa de 5 minutos.
- 5) na terceira série são apresentadas e testadas 14 sequências de 5 blocos.
- 6) pausa de 15 minutos entre estas três séries de testes do experimento-controle e o início o experimento-teste.

Como o procedimento da primeira série de testes é análogo ao procedimento da segunda e terceira série, não há necessidade de descrevermos em detalhes o procedimento da segunda e terceira série de testes.

Figura 16 – A Moldura vermelha sinaliza o final da apresentação dos blocos e o início do teste.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

O aparecimento da moldura vermelha (figura 16) ao redor do conjunto de 9 blocos sinaliza o momento do início do momento do teste. Esta moldura vermelha está posicionada da seguinte maneira: do lado esquerdo está a 2 mm do bloco 2 (os blocos 2, 6, 8 e 9 estão identificados na figura 11). A moldura vermelha do lado de baixo está a 5 mm do bloco 6. A moldura vermelha do lado direito está a 5 mm do bloco 9. A moldura vermelha do lado de cima está a 2 mm de distância do bloco 8.

4.2.2.2 Resultados do experimento-controle

Em um teste, caso o participante consiga clicar nos blocos, na mesma sequência em que foram apresentados, ganhará um ponto. O desempenho em uma série de 14 testes é computado pelo número de testes que o participante acerta. Como cada série de testes contém 14 testes, então o participante poderá alcançar no máximo 14 pontos em uma série de testes, portanto, obter 14 pontos equivale a obter 100% de acerto em uma determinada série de testes. Nas três séries de 14 experimentos (14 de três blocos, 14 de 4 blocos e 14 de 5 blocos) sem sacadas, o percentual médio das sequências de Blocos de Corsi corretamente lembradas, para os 13 participantes, foi de:

- a) 98,9 % para 14 testes com 3 blocos;
- b) 93,9% para 14 testes com 4 blocos;
- c) 81,3% para 14 testes com 5 blocos.

Esses resultados indicam que a medida que se aumenta o número de blocos nos testes, aumentam o número de erros. Isto se deve ao fato de a memorização de um maior número de posições de blocos, impor uma maior carga cognitiva à limitada capacidade da Memória de Trabalho Espacial, diminuindo assim a sua capacidade disponível, e aumentando assim as chances de erros na lembrança das sequências corretas. Ou seja, estes resultados, assim como normalmente ocorre com Testes de Blocos de Corsi, comprovam que capacidade de armazenamento da Memória de Trabalho Espacial é limitada.

Após o final do experimento controle, ocorre um intervalo de 10 minutos para descanso, após o que começa um treinamento de 6 minutos para preparar o participante para o experimento teste.

4.3 Experimento-teste

Um dos objetivos do experimento-teste é investigar se sacadas com amplitude similar aquelas praticadas no estudo de um material instrucional são capazes de afetar a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Para possibilitar a detecção dos efeitos produzidos por sacadas, foram realizados experimentos com sacadas (experimentos-teste) e experimentos sem sacadas (experimento-controle já descrito). Antes de descrevermos o procedimento do experimento-teste cumpre preliminarmente esclarecer porque neste experimento as sacadas foram intercaladas a apresentação dos Blocos de Corsi.

4.3.1. Por que no Experimento-teste as sacadas devem ser entremeadas a apresentação dos Blocos de Corsi?

No experimento de Pearson e Sahraie (2003), conforme vimos anteriormente, a interferência das sacadas sobre a retenção de informações espaciais é produzida da seguinte maneira: O experimento está dividido em três momentos. No primeiro momento ocorre a apresentação dos Blocos de Corsi e no terceiro momento o participante é testado para se verificar se lembra da sequência. Entre o primeiro e o terceiro momento é inserido um segundo momento onde se impõe ao participante que realize sacadas. Esta distração sacádica deve interferir com a retenção na memória das informações sobre a apresentação -da sequência de blocos de Corsi.

No caso de nosso experimento para avaliarmos o impacto das sacadas sobre retenção de informações espaciais utilizando os Blocos de Corsi, poderíamos elaborar um experimento onde a distração sacádica ocorresse após a apresentação dos blocos tal como fez Pearson e Sahríe (2003). Porém, consideramos que inserir as sacadas durante (e não após) a apresentação dos blocos (entre a apresentação de um e outro bloco), simula mais fielmente a situação que ocorre quando uma pessoa estuda um material instrucional, pois neste estudo, para que duas fontes de informação tenham seus conteúdos integrados é obviamente indispensável que se realize uma sacada entre estas fontes, ou seja, no estudo de um material instrucional as sacadas integrativas²⁵ são produzidas não após o processo de integração das fontes, mas sim são entremeadas a este processo de integração. No caso do Teste dos Blocos de Corsi, inserir sacadas durante a integração das fontes de informação significa inserir sacadas durante a apresentação dos Blocos de Corsi, pois a integração de informações ocorre durante a apresentação, eis que é durante a apresentação dos blocos que se vão integrando as imagens da apresentação de cada bloco para formar a imagem mental da sequência completa de posições.

Portanto, diferentemente de Pearson e Sahríe (2003), onde as sacadas ocorriam somente ao final da apresentação de uma sequência de Blocos de Corsi, em nosso experimento, entre a apresentação de um e outro bloco se imporá ao participante a realização de sacadas, simulando-se assim a intercalação de sacadas que ocorre na integração de fontes de informação durante o estudo de um material instrucional.

Em suma, embora neste experimento não utilizemos materiais instrucionais, as sacadas que utilizaremos em nosso experimento simulam as sacadas realizadas no estudo de materiais instrucionais tanto no que se refere a amplitude das sacadas como no que se refere a intercalação das sacadas com as fontes de informação.

A seguir descreveremos detalhadamente os objetivos do experimento-teste (subseção 4.3.2), o procedimento dos testes para sequências de três blocos com sacadas de amplitude de 18° (subseção 4.3.3), e o procedimento completo do experimento-teste (subseção 4.3.4)

²⁵ Nesta tese utilizaremos a expressão “sacadas integrativas” para denominar não apenas a sacada que conecta duas fontes correspondentes X e Y em um material instrucional que apresente formato integrado, mas também o conjunto de sacadas consecutivas realizadas em material com formato não-integrado, partindo da fonte X na busca pela fonte correspondente Y.

4.3.2 Objetivos do experimento-teste

Este experimento possui um triplo objetivo. Através da realização de 9 série de testes de 14 sequências buscamos:

- 1º objetivo: verificar se o deslocamento do olhar produzido por sacadas similares às sacadas integrativas (sacadas realizadas durante o processo de integração das fontes de informação) com alcance similar ao das sacadas tipicamente praticadas no estudo de um material instrucional são capazes de afetar a retenção de informações espaciais;
- 2º objetivo: verificar o que acontece com a retenção de informações espaciais quando se aumenta progressivamente o ângulo do deslocamento do olhar ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) através nas sacadas realizadas após a apresentação de cada bloco quando se aumenta progressivamente o ângulo do deslocamento do olhar ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) nas sacadas realizadas entre a apresentação de cada dois blocos consecutivos
- 3º objetivo: Verificar como o efeito do progressivo aumento na amplitude das sacadas sobre a retenção de informações, efeito este referido no 2º objetivo, é afetado pelo aumento em uma sequência, no número de blocos e no número das sacadas.

Conforme vimos, o segundo objetivo de nosso experimento é investigar como quantitativamente o progressivo aumento no ângulo ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) do deslocamento do olhar afeta a retenção de informações. Até onde é do nosso conhecimento, a investigação quantitativa sobre como a retenção de informações espaciais é afetada quando gradualmente se aumenta o ângulo do deslocamento do olhar não foi relatada na literatura. Embora Pearson e Sahraie (2003), Postle et al. (2006), Woodman e Luck (2004) tenham realizado pesquisas onde relacionaram a movimentação do olhar com a retenção de informações espaciais, nenhum desses autores pesquisou como um progressivo aumento da movimentação do olhar afeta a retenção de informações espaciais.

A pesquisa de Pearson e Sahraie (2003), por exemplo, teve como principal objetivo comparar os efeitos sobre a retenção de informações espaciais provocados por três diferentes tipos de interferências: a movimentação do olhar, a movimentação de membros (braços e pernas) e a atenção encoberta. Suas pesquisas apenas compararam o efeito de tipos diferentes de interferências sobre a retenção de informações espaciais. No que se refere a interferência causada pela movimentação do olhar, um dos objetivos de Pearson (2003) era investigar “se os movimentos sacádicos dos olhos podem produzir o mesmo efeito na

capacidade de retenção espacial que um movimento contínuo do olho” (PEARSON, 2003, p. 1098). A pesquisa de Pearson e Sahraie (2003), chegou a mostrar que a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho é mais afetada pela realização de sacadas do que pelo suave movimento do olhar realizado quando se rastreia com o olhar um objeto que se move na tela. Porém, Pearson; Sahraie (2003) apenas compararam o efeito sobre a retenção causado por estes dois tipos diferentes de movimentação do olhar. Não investigaram se um progressivo aumento da movimentação do olhar para um desses dois tipos de movimentação do olhar afetaria a retenção de informações espaciais. Esta investigação será feita nesta tese. Nossa pesquisa difere da realizada por Pearson e Sahraie (2003) não apenas porque investigaremos como o progressivo aumento no ângulo ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) do deslocamento do olhar afeta a retenção de informações espaciais, mas também porque investigaremos se e como isto ocorre com deslocamentos do olhar com amplitude similar aquelas tipicamente praticadas no estudo de materiais instrucionais.

Para garantir que o estudo do efeito do progressivo aumento da amplitude do deslocamento do olhar ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) sobre a retenção de informações espaciais se restrinja aquelas sacadas tipicamente praticadas quando se estuda um material instrucional, mesmo a sacada com maior amplitude ($3\Delta\theta$) deve estar contida dentro dos limites da tela do computador. Para tanto utilizamos sacadas com amplitude de 18° , 36° e 54° que são sacadas que não ultrapassam a área da tela do computador, o que as torna sacadas similares às praticadas quando se estuda um material instrucional neste computador.

Desta forma os resultados deste experimento revelarão não simplesmente o impacto de um progressivo aumento na amplitude ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$) de quaisquer sacadas sobre a retenção, mas revelarão como é este impacto especificamente para aquelas sacadas tipicamente praticadas quando se estuda um material instrucional. Este conhecimento poderá ser útil na elaboração de uma diretriz sobre como posicionar as fontes de informação quando se elaboram materiais instrucionais.

É importante frisar que o objetivo desta pesquisa de verificar a interferência do deslocamento do olhar associado a sacadas similares em amplitude às tipicamente praticadas no estudo de um material instrucional, se refere exclusivamente à interferência de sacadas integrativas, isto é aquelas sacadas que ocorrem entre a extração de informação de uma e de outra fonte, ou seja, sacadas que ocorrem não após o processo de integração das fontes de informação, mas sim durante o processo de integração das fontes de informação de um material instrucional. No caso de nosso experimento, para simularmos as sacadas integrativas realizadas no estudo de um material instrucional, simularemos estas sacadas

inserindo sacadas entre a apresentação de um e de outro bloco de Corsi e não após a apresentação de uma sequência de Blocos de Corsi.

O experimento-teste consiste de 9 séries de 14 testes. Como todas estas séries são semelhantes em muitos aspectos, descreveremos detalhadamente apenas a primeira dessas séries e posteriormente daremos uma visão geral das 9 séries. A descrição desta primeira série é apresentada na subseção seguinte, e a apresentação da descrição de todas as 9 séries de 14 testes será apresentada na subseção 4.3.4.

4.3.3 Procedimento dos testes para sequências de 3 blocos com sacadas entremeadas a apresentação

Esta é a primeira das 9 séries de 14 testes que o participante realiza. Nestes testes desta primeira série ele assiste a uma apresentação de uma sequência de três blocos e em seguida deve reproduzi-la tocando nos mesmo blocos na sequência em que foram apresentados. A novidade deste experimento em relação ao experimento-controle é que entre a apresentação de um e outro bloco, se impõe ao participante que realize sacadas, sendo o objetivo deste experimento, conforme vimos, investigar o efeito dessas sacadas sobre a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho, retenção esta medida pelo desempenho na lembrança correta das sequências dos blocos apresentados.

Para obrigar o participante a realizar sacadas, pede-se ao mesmo que identifique e leia em voz alta uma vogal que aparece longe da área onde os blocos estão sendo apresentados. Para identificar a letra o participante deve necessariamente realizar uma sacada deslocando o seu olhar do bloco até a letra.

Embora a posição da letra seja fixa, a posição do bloco não é fixa pois depende de qual bloco esteja sendo apresentado. Isto significa que o valor do ângulo do deslocamento do olhar, do bloco para a letra, dependerá de qual bloco esteja sendo apresentado no momento em que se inicia o deslocamento do olhar do bloco para a letra. A rigor em nosso experimento estes ângulos deveriam ser medidos levando-se em consideração a posição de cada bloco. Porém, tendo em vista que essas variações no valor do ângulo no deslocamento do olhar são pequenas eis que os blocos se encontram muito próximos uns dos outros (vide figuras 18, 19 e 20), decidimos, para simplificar os procedimentos experimentais, adotar como ângulo do deslocamento do olhar dos blocos até a letra, o ângulo do deslocamento que o olhar faria caso este se deslocasse do centro da matriz invisível até a letra (vide figuras 18, 19 e 20). Este ângulo tem o valor de 18° . Isto significa que em todos os deslocamentos do

olhar neste experimento, do bloco para a letra, ou da letra para o bloco, seja de que bloco for, consideraremos que o olhar se deslocou 18°. Veremos a seguir detalhadamente o procedimento deste experimento que realizamos, o qual envolve a apresentação de sequências de três blocos com sacadas entremeadas a apresentação desses blocos. Nesta primeira série de 14 testes, conforme exposto, consideraremos todas sacadas como de amplitude 18°.

No primeiro momento o participante se depara com uma tela preta com um botão branco onde está escrito a palavra iniciar. O botão branco está localizado no canto esquerdo da tela no centro da área onde posteriormente aparecerão os Blocos de Corsi. Após o participante clicar neste botão, este desaparece, surgindo na tela um conjunto de 9 blocos. Um segundo após o aparecimento dos 9 blocos, se inicia a apresentação do primeiro bloco da sequência de 3 Blocos de Corsi. A apresentação deste primeiro bloco consiste na troca de sua cor (de preto para branco), permanecendo na cor branca por 550 ms (sem apresentar letra alguma em seu interior), enquanto os demais permanecem na sua cor original. Ao final desses 550 ms segundos desaparecem todos os blocos. Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos surge uma vogal (vide figura 15) distante dos blocos, o que obriga o participante a deslocar seu olhar do bloco até esta vogal para lê-la em voz alta. A exigência da leitura em voz alta é para garantir que de fato o olhar do participante se desloca até a vogal²⁶. A vogal permanece visível por 550 ms. Concomitante ao desaparecimento da vogal ressurgem os 9 blocos sendo 8 pretos e um branco (o segundo bloco a ser “apresentado”) devendo o participante deslocar seu olhar da letra para os blocos. Estes 9 blocos permanecem visíveis por 550 ms. Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos aparece uma outra vogal distante dos blocos. A vogal, que deve ser lida em voz alta, permanece visível por 550 ms, após o que concomitantemente desaparece a vogal e reaparecem os 9 blocos sendo 8 pretos e um branco (o terceiro bloco a ser “apresentado”). Estes 9 blocos permanecem visíveis por 550 ms, ao final dos quais desaparecem. Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos surge uma outra vogal distante dos blocos. Esta vogal deve ser lida em voz alta. Esta vogal permanece visível por 550 ms ao final dos quais desaparece. Concomitante ao desaparecimento da vogal reaparecem os 9 blocos. Este reaparecimento dos 9 blocos representa o final do momento da apresentação e o início momento do teste. Para que o participante não fique em dúvida sobre o momento do início

²⁶ No experimento-teste exige-se a leitura da vogal em voz alta. Para que o experimento-controle não difira do experimento-teste neste aspecto, introduzimos a exigência de leitura da vogal em voz alta também no experimento-controle, para que o único fator a diferenciar os dois experimentos seja apenas a existência ou não de sacadas.

do teste, sinalizamos este momento com o aparecimento de uma moldura vermelha ao redor dos 9 Blocos de Corsi (Figura 16). E por último, é oportuno lembrar que em todos os deslocamentos do olhar, seja do bloco para a letra, seja da letra para próximo bloco, consideramos, para efeito de simplificação dos procedimentos, que tenha havido um deslocamento de 18°.

Conforme vimos anteriormente, cada experimento onde se busca memorizar uma determinada sequência de blocos apresenta dois momentos: o momento da apresentação dos blocos e o momento do teste para verificar se o participante lembra da sequência das posições dos blocos apresentados no primeiro momento. No parágrafo anterior descrevemos apenas o procedimento referente ao momento da apresentação dos blocos. A descrição dos eventos do momento do teste para este experimento-teste é idêntica a descrição dos eventos do momento do teste para o experimento-controle (vide subseção 4.2.2.1), não sendo necessário aqui repetir esta descrição. A sequência dos eventos do momento da apresentação dos blocos, descrita nos dois últimos parágrafos, encontra-se resumida na tabela 2.

Tabela 2 - Apresentação cronológica dos eventos descritos no procedimento dos testes envolvendo sequência de três blocos e sacadas de amplitude $\Delta\theta$.

INSTANTE	EVENTOS
t = 0	Momento em que o clique do participante no “botão iniciar” faz surgir na tela preta 9 blocos pretos com molduras brancas.
t = 1000 ms	Apresentação do 1º bloco: um dos 9 blocos pretos muda sua cor tornando-se branco.
t = 1550 ms	Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos aparece uma vogal fora dos blocos que deve ser lida em voz alta.
t = 2100 ms	Apresentação do 2º bloco: todos os 9 blocos reaparecem, sendo 8 na cor preta e um branco.
t = 2650 ms	Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos aparece uma vogal fora dos blocos que deve ser lida em voz alta.
t = 3200 ms	Apresentação do 3º bloco: todos os 9 blocos reaparecem, sendo 8 na cor preta e um branco.
t = 3750 ms	Concomitante ao desaparecimento dos 9 blocos aparece uma vogal fora dos blocos que deve ser lida em voz alta.
t = 4300 ms	Início do teste: concomitante ao desaparecimento da vogal, todos os blocos reaparecem na cor preta. O participante deverá lembrar dos blocos que foram apresentados e clicar nestes na ordem em que foram apresentados.

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

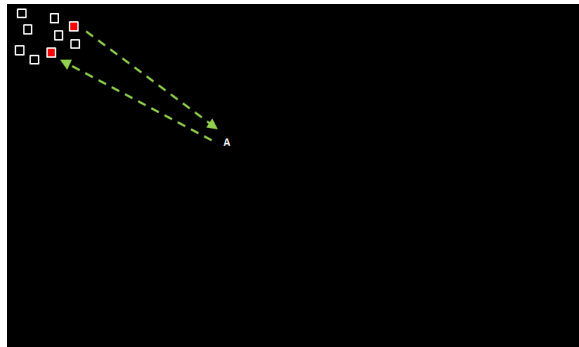
No parágrafo anterior ilustrou-se o procedimento dos testes envolvendo a sequência de três blocos e sacadas de amplitude $\Delta\theta$. É oportuno notar que este procedimento descrito implica na realização de duas sacadas (do bloco para a letra e da letra para o bloco) inseridas:

- a) entre a apresentação do primeiro e do segundo blocos;

- b) entre a apresentação do segundo e do terceiro blocos;
- c) após a apresentação do terceiro bloco (último bloco da sequência).

Ou seja, ocorre a intercalação de duas sacadas entre a apresentação de cada dois blocos consecutivos (vide figura 17). Esta intercalação, conforme vimos anteriormente, visa simular as sacadas integrativas que ocorrem no estudo dos materiais instrucionais.

Figura 17 – Ilustração de como as sacadas são entremeadas às apresentações dos blocos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Como tanto após a apresentação do primeiro como após a apresentação do segundo bloco ocorrem duas sacadas, para que a apresentação do terceiro bloco não diferisse da apresentação do primeiro e segundo bloco decidimos inserir sacadas também após a apresentação do último bloco (no caso, o terceiro bloco). Por isso, o momento do teste se inicia não após a apresentação do último bloco, mas sim após a realização das duas sacadas (do bloco para a vogal e da vogal para os blocos que aparecem no início do teste) que ocorre após a apresentação do último bloco.

E por fim é importante notar que o deslocamento angular total do olhar realizado pelas 2 sacadas que são inseridas entre a apresentação de blocos consecutivos, é a soma do ângulo do deslocamento do olhar que vai do bloco para a letra (18°) mais o deslocamento do olhar que volta da letra para o bloco (18°), o que totaliza 36° . É este deslocamento angular total (36°) que de fato afeta a retenção de informações espaciais, por isso, em nossas análises utilizaremos como valor de $\Delta\Theta$, não o ângulo referente ao deslocamento que vai do bloco para a letra (18°), mas sim o valor do deslocamento que vai e volta do bloco para a letra, portanto o dobro desse valor, utilizaremos como valor de $\Delta\Theta$ o ângulo de 36° .

Nos parágrafos anteriores ilustrou-se apenas o procedimento para os experimentos envolvendo sequências de três blocos e com deslocamento do olhar $\Delta\Theta=36^\circ$ (vide figura 18). Na próxima seção descreveremos o procedimento completo do experimento-teste.

4.3.4 O procedimento completo do experimento teste

No experimento-teste as sacadas são intercaladas as apresentações dos blocos.

As figuras 18, 19 e 20 ilustram essa intercalação de sacadas após a apresentação de cada bloco de uma sequência de blocos. As sacadas são realizadas do bloco para a letra e da letra para o bloco seguinte. Nas figuras 18, 19 e 20 a posição da vogal foi determinada de tal forma que distância entre um bloco e a vogal impusesse ao participante a realização de sacadas de amplitude:

- a) 18° na situação ilustrada na figura 18;
- b) 36° na situação ilustrada na figura 19;
- c) 54° na situação ilustrada na figura 20.

Como o deslocamento total do olhar entre a apresentação de dois blocos sucessivos envolve uma sacada de ida dos blocos para a letra e outra sacada de volta da letra para o bloco tal como ilustrado nas figuras 18, 19 e 20, o ângulo total do deslocamento do olhar produzido por essas duas sacadas deve ter o dobro da amplitude das sacadas dos blocos para as letras referidas nos itens a), b) e c) no parágrafo anterior, ou seja, estes ângulos do deslocamento total do olhar devem ser:

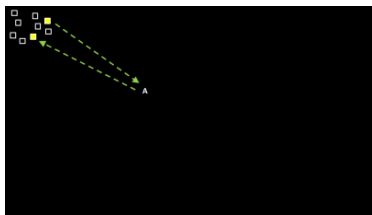
- a) 36° para a situação ilustrada na figura 18;
- b) 72° para a situação ilustrada na figura 19;
- c) 108° para a situação ilustrada na figura 20.

Portanto, 36°, 72 ° e 108° são os deslocamentos angulares que de fato impomos ao olhar do participante e que efetivamente afetam a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Nesta tese, doravante quando em gráficos e tabelas utilizarmos os símbolos $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ estaremos nos referindo aos ângulos $\Delta\theta = 36^\circ$, $2\Delta\theta = 72^\circ$ e $3\Delta\theta = 108^\circ$.

O segundo objetivo do experimento-teste é investigar o que acontece com a retenção de informações espaciais quando se aumenta progressivamente o ângulo do deslocamento do olhar de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$. Prevemos que quanto maior for o ângulo do deslocamento do olhar, maior será o seu impacto sobre a retenção de informações espaciais. Para testarmos nossa conjectura, testamos uma mesma sequência de Blocos de Corsi para cada um desses três ângulos de deslocamentos do olhar. Como são 14 sequências de 3 blocos testaremos cada uma dessas 14 sequências para 36°, 72° e 108°. Assim, testaremos:

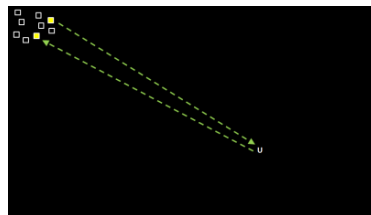
- a) uma série de 14 testes com sequências de 3 blocos intercaladas com deslocamento total do olhar de 36° (vide figura 18);
- b) uma série de 14 testes com sequências de 3 blocos intercaladas com deslocamento total do olhar de 72° (vide figura 19);
- c) uma série de 14 testes com sequências de 3 blocos intercaladas com deslocamento total do olhar de 108° (vide figura 20).

Figura 18 – Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $\Delta\theta$.



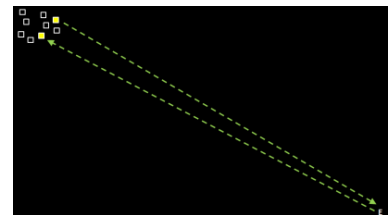
Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Figura 19 - Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $2\Delta\theta$.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Figura 20 - Posicionamento da letra impõe ao olhar um deslocamento total $3\Delta\theta$.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Conforme vimos na subseção 4.3.2 o terceiro objetivo do experimento-teste é investigar se o efeito do progressivo aumento na amplitude das sacadas sobre a retenção de informações, é afetado pelo aumento no número de blocos. Em razão deste objetivo as três séries de 14 testes para 3 blocos referidos nos itens a), b) e c) do parágrafo anterior, serão repetidos para sequências contendo 4 blocos e 5 blocos. Assim devem ser realizados os seguintes testes:

- 1) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\theta$.
- 2) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\theta$.
- 3) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\theta$.
- 4) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\theta$.
- 5) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\theta$.
- 6) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\theta$.
- 7) 14 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\theta$.
- 8) 14 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\theta$.
- 9) 14 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\theta$.

Na subseção 4.3.4 já descrevemos detalhadamente o procedimento experimental para uma sequência de três blocos e um deslocamento angular do olhar de $\Delta\theta=36^\circ$. Como este procedimento, que corresponde ao procedimento do item 1) da série de testes do parágrafo

anterior, é análogo ao procedimento de todas as demais 8 séries de teste, não há necessidade de descreve-las novamente em detalhes.

Descreveremos a seguir, de forma resumida, o procedimento completo do experimento-teste, apresentando a ordem cronológica dos eventos do experimento-teste, estipulando a duração das pausas entre cada série de 14 testes.

- 1) 6 minutos de treinamento.
- 2) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\Theta$.
- 3) 5 minutos de descanso.
- 4) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\Theta$.
- 5) 5 minutos de descanso.
- 6) 14 testes para 3 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\Theta$.
- 7) 15 minutos de descanso ao final dos testes com sequência de 3 blocos
- 8) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\Theta$.
- 9) 5 minutos de descanso.
- 10) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\Theta$.
- 11) 5 minutos de descanso.
- 12) 14 testes para 4 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\Theta$.
- 13) 15 minutos de descanso ao final dos testes com sequência de 3 blocos.
- 14) 14 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $\Delta\Theta$.
- 15) 5 minutos de descanso.
- 16) 4 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $2\Delta\Theta$.
- 17) 5 minutos de descanso.
- 18) 14 testes para 5 blocos com deslocamento do olhar de $3\Delta\Theta$.

Cada série de 14 testes tem seu desempenho avaliado, computando-se o percentual de sequências corretas lembradas na série. 14 sequências corretas representam 100% de acerto. Toda coleta dos dados foi feita automaticamente através de um software em Java, que registra os erros e acertos, a sequência clicada pelo participante e quanto tempo ele demorou em cada teste.

Os testes nos quais o participante, ao ler em voz alta a letra que aparece próximo dos blocos, evidenciou ter se equivocado na correta identificação da letra foram anulados. Os testes onde o participante permaneceu em silêncio no momento em que deveria ler em voz alta a letra também foram anulados. Este controle da correta ou incorreta identificação da letra foi feito pelo examinador que permaneceu na sala com o participante durante o

experimento. Em 0,3% dos testes foram verificados erros na identificação das letras pelos participantes.

4.3.5 A ordem de realização dos testes influi

Conforme vimos anteriormente, na sequência de 18 itens do procedimento se testa o efeito de sacadas com diferentes amplitudes sobre a retenção de informações. Como este teste é feito aumentando-se a amplitude gradativamente, isto resulta num sequenciamento dos testes na seguinte ordem: primeiro se testa o efeito de sacadas com $\Delta\theta$ (vide figura 18) de amplitude, depois com sacadas $2\Delta\theta$ (vide figura 19) e por último com sacadas com $3\Delta\theta$ (vide figura 20) de amplitude. Esta ordem crescente das amplitudes no sequenciamento dos experimentos é seguida nas 9 séries de 14 testes referidas nos 9 itens do parágrafo anterior.

Nossa proposta inicial era que os participantes seguissem esta mesma ordem. Contudo verificamos que adotar essa ordem para todos os alunos poderia mascarar os resultados do experimento eis que os alunos que começam a fazer o Teste dos Blocos de Corsi, por exemplo para 3 blocos, devem inicialmente fazer as 14 sequências de três blocos com deslocamento do olhar $\Delta\theta$ (vide figura 18), para em seguida repetir a mesmas 14 sequências para quando o deslocamento do olhar for $2\Delta\theta$ (vide figura 19) e em seguida repetir as mesmas 14 sequências para $3\Delta\theta$ (vide figura 20). Assim, os alunos quando chegam a fazer o teste que envolve o deslocamento do olhar $3\Delta\theta$, já estão mais treinados e mais cansados do que aqueles que fazem o teste que envolve um deslocamento do olhar de $\Delta\theta$. Como nossa pesquisa é precisamente sobre o efeito dos deslocamentos angulares do olhar sobre a retenção, temos de evitar que um desses fatores (cansaço ou treino) afete desigualmente as séries de testes mascarando o efeito dos deslocamentos do olhar. Por isso criamos dois grupos, onde as mesmas 14 sequências de um determinado número de blocos (por exemplo, 3 blocos) são repetidas três vezes, porém a ordem de apresentação dos ângulos dos deslocamentos do olhar ocorre em ordem crescente em um grupo, e em ordem decrescente no outro. Assim, em nosso experimento a sequência de testes para o grupo 1 será a estabelecida na Tabela 3, e a sequência de testes para o grupo 2 será aquela estabelecida na Tabela 4.

Tabela 3 - Grupo 1: Ordem crescente ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $3\Delta\theta$) de realização dos testes e o formato do arranjo dos Blocos de Corsi.

Número de Testes	Número de Blocos	Ângulo de deslocamento do olhar	Formato do arranjo de Blocos de Corsi
14	3	$\Delta\theta$	Normal
14	3	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertido
14	3	$3\Delta\theta$	Horizontalmente invertido
14	4	$\Delta\theta$	Normal
14	4	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertida
14	4	$3\Delta\theta$	Horizontalmente invertido
14	5	$\Delta\theta$	Normal
14	5	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertido
14	5	$3\Delta\theta$	Horizontalmente invertido

Tabela 4 - Grupo 2: Ordem decrescente ($3\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $1\Delta\theta$) de realização dos testes e o formato do arranjo dos Blocos de Corsi.

Número de Testes	Número de Blocos	Ângulo de deslocamento do olhar	Formato do arranjo de Blocos de Corsi
14	3	$3\Delta\theta$	Normal
14	3	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertido
14	3	$\Delta\theta$	Horizontalmente invertido
14	4	$3\Delta\theta$	Normal
14	4	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertida
14	4	$\Delta\theta$	Horizontalmente invertido
14	5	$3\Delta\theta$	Normal
14	5	$2\Delta\theta$	Verticalmente invertido
14	5	$\Delta\theta$	Horizontalmente invertido

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

4.3.6 Por que utilizamos sequências de 3, 4 e 5 blocos?

Conforme vimos o terceiro objetivo de nosso experimento-teste é verificar se e como o efeito do progressivo aumento na amplitude das sacadas sobre a retenção de informações é afetado pelo aumento no número de blocos e das sacadas associadas a estes blocos. Antes de analisarmos os resultados relativos a este objetivo, iremos esclarecer um outro motivo que nos levou a investigar não apenas testes com sequências de 3 blocos, mas investigar testes com sequências de 4 e de 5 blocos.

Nos experimentos há necessidade de que a capacidade da Memória de Trabalho Espacial seja mantida próxima do ponto de sobrecarga para que quando ocorrer a duplicação e triplicação da amplitude da sacada, isto possa afetar a retenção da Memória de Trabalho Espacial, do contrário, caso a capacidade disponível de recursos da Memória de Trabalho Espacial não sofra redução, pode ocorrer de esta ainda dispor de recursos que possibilitem a retenção das informações espaciais apesar da interferência dos progressivos aumentos no deslocamento do olhar. Como não sabemos onde é este ponto em que a Memória de Trabalho está próxima da sobrecarga, utilizamos as sequências de 3, 4 e 5 blocos, porque com o aumento do número de blocos, cresce a complexidade das sequências a serem memorizadas, de modo que uma sequência de 5 blocos drenará mais recursos da Memória de Trabalho que uma sequência de 3 blocos. Assim testaremos se o maior decaimento da retenção de informações ocorrerá para uma sequência de 3, 4 ou de 5 blocos. Ademais, em razão das diferenças individuais pode ocorrer de, para um aluno o ponto de maior decaimento seja quando se utiliza 5 blocos, enquanto para outro, com menor capacidade espacial, pode ocorrer de ele errar todas as de 5 blocos e seu ponto de maior decaimento seja quando utiliza 4 blocos. Assim, em razão das diferenças individuais, utilizamos em nossos testes as sequências de 3, 4 e 5 blocos.

4.3.7 Resolvendo o problema de se repetir 9 vezes a mesma sequência

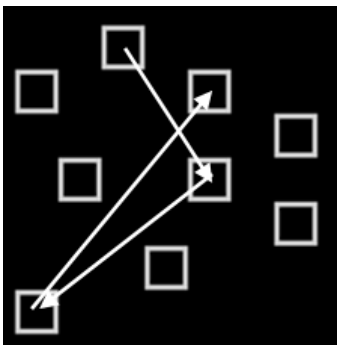
Neste experimento o conjunto de 14 sequências com 4 blocos é obtido a partir do mesmo conjunto de 14 sequências com 5 blocos, pela exclusão do último bloco de cada sequência. O conjunto de 14 sequências com 3 blocos é obtido a partir do mesmo conjunto de 14 sequências para 5 blocos, excluindo-se os dois últimos blocos de cada sequência. A repetição das sequências de 3 blocos nas sequências de 4 blocos e a repetição das sequências de 4 blocos nas sequências de 5 blocos tem por objetivo possibilitar que ao comparar o desempenho em uma determinada sequência que esteja contida nas sequências de 3, 4 e 5 blocos, minimizar as diferenças nos desempenhos devido a diferenças nos desenhos, para que sobressaia um pouco mais as diferenças em razão do número de blocos.

É importante observar que cada uma das 14 sequências será repetida, pelo menos parcialmente, 9 vezes, senão vejamos. No primeiro momento a retenção na memória de uma mesma sequência de Bloco de Corsi será testada para 3 deslocamentos angulares diferentes ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, e $3\Delta\theta$). Cada uma dessas três repetições de uma mesma sequência será repetida outras três vezes em razão de se ter de testar a retenção para as sequências com 3, 4, e

5 blocos, e como a sequência de 3 blocos é igual a de 4 blocos exceto pela exclusão do último bloco, e a sequência de 4 blocos é igual a de 5 blocos exceto pela exclusão do último bloco, temos então que uma mesma sequência será repetida, pelos menos parcialmente, 9 vezes.

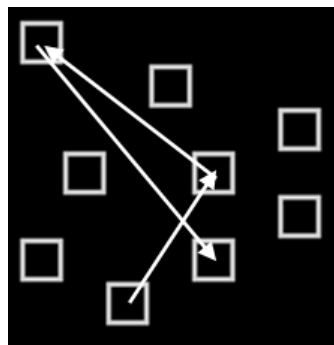
Para evitar que este elevado número de repetições de uma mesma sequência resulte no armazenamento das sequencias na Memória de Longo Prazo²⁷, prejudicando o objetivo do experimento, o arranjo irregular do conjunto de blocos que utilizamos terá sua imagem apresentada sob três formatos diferentes: Normal (Figura 21), com inversão vertical (Figura 22) e com inversão horizontal (Figura 23).

Figura 21 - Arranjo de Blocos similar ao de Orsinis (2001).



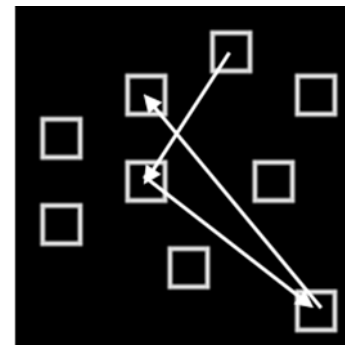
Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Figura 22 - Arranjo de blocos obtido pela inversão vertical da figura 21



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Figura 23 - Arranjo de blocos obtido pela inversão horizontal da Fig. 21



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Observe nas três figuras que as inversões horizontal e vertical feitas na posição da imagem do conjunto de blocos (Figuras 21, 22 e 23), em razão da simetria não alteram a ordem da sequência dos blocos e a figura que se obtém quando se ligam estes blocos, permanece sendo a mesma, embora invertida verticalmente ou horizontalmente, vale dizer, podemos considerar que se trata da mesma sequência, muito embora para o participante pareça ser uma sequência diferente, afastando-se assim o risco de ele vir a memorizá-las. Assim quando testarmos o efeito de uma sacada sobre a retenção de uma dada sequência, quando repetirmos esta mesma sequência para três diferentes amplitudes de sacadas, embora a sequência de blocos seja a mesma, ela será apresentada com imagens diferentes: uma sequência para a imagem normal, a mesma sequência para a imagem com inversão vertical (Figura 22) e a mesma sequência com inversão horizontal (Figura 23). Isto será feito da seguinte forma:

²⁷ É importante registrar que durante os experimentos pilotos, um participante demonstrou ter percebido haver repetição de uma mesma sequência no teste de controle, onde de fato os 3 grupos de 14 testes se repetem. Isso demonstra ser justificável a medida que tomamos de inverter verticalmente e horizontalmente os arranjos de blocos de Corsi usados nos 9 experimentos teste

- a) as 14 sequências de blocos de Corsi com arranjo idêntico ao arranjo original (Figura 21) serão utilizadas para testar o efeito do deslocamento do olhar de $\Delta\theta$;
- b) as 14 sequências de blocos de Corsi com arranjo invertido verticalmente (Figura 22) serão utilizadas para testar o efeito do deslocamento do olhar de $2\Delta\theta$;
- c) as 14 sequências de blocos de Corsi com arranjo invertido horizontalmente (Figura 23) serão utilizadas para testar o efeito do deslocamento do olhar de $3\Delta\theta$.

Assim, as Tabelas 3 e 4 ilustram como ficaram em nosso experimento distribuídos estes diferentes formatos dos arranjos das mesmas 14 sequências de Blocos de Corsi.

E por fim, é oportuno registrar que as inversões verticais e horizontais do arranjo de Blocos de Corsi mostradas nas Figuras 21, 22 e 23, foram produzidas através de um software em Java, alterando-se automaticamente as posições do arranjo original codificadas sobre a matriz 7×7 invisível.

4.3.8 Resultados do experimento-teste e do experimento-controle

Em primeiro lugar é importante destacar que as sacadas que utilizamos de 18° , 36° e 54° , foram capazes de produzir um decaimento na retenção de informações espaciais. Isto é extremamente importante pois demonstra que sacadas com amplitudes similares aquelas utilizadas no estudo de materiais instrucionais são capazes de produzir um decaimento na memória. Veremos a seguir em detalhes os resultados.

O desempenho de cada um dos 13 participantes nas 12 séries de 14 testes encontra-se registrado na tabela 5. Este desempenho é medido da seguinte maneira: cada teste é considerado correto se o participante lembra da sequência de posições dos blocos naquele teste. Como em cada série de testes o participante realiza 14 testes, o desempenho em cada série de 14 testes é computado pelo número de sequências de blocos corretamente lembradas naquela série. Por isso, na tabela 5 o número 14 corresponde a um desempenho de 100%. Esta tabela mostra o número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes, nos testes com nossa versão dos Blocos de Corsi com 3, 4 e 5 blocos, para quando inexistem sacadas ($\Delta\theta = 0$), e para quando as sacadas aumentam de amplitude ($\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$).

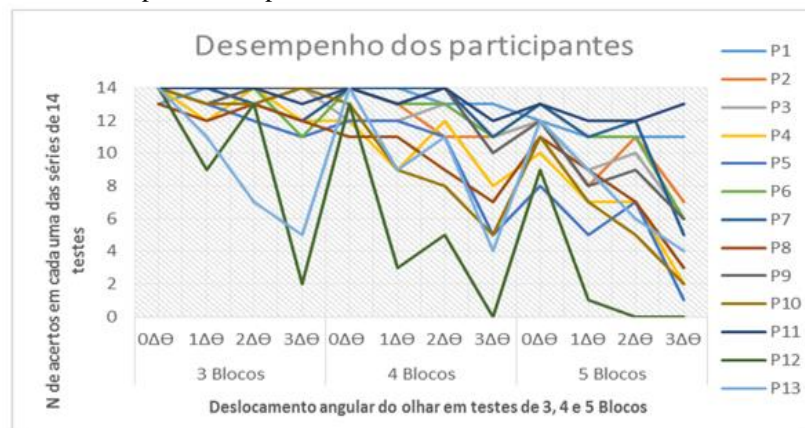
Tabela 5 - Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108° .

Participante	Número de Acertos											
	3 Blocos				4 Blocos				5 Blocos			
	$\Delta\theta=0$	$1\Delta\theta$	$2\Delta\theta$	$3\Delta\theta$	$\Delta\theta=0$	$1\Delta\theta$	$2\Delta\theta$	$3\Delta\theta$	$\Delta\theta=0$	$1\Delta\theta$	$2\Delta\theta$	$3\Delta\theta$
p1	13	14	13	14	14	14	13	13	12	11	11	11
p2	14	14	13	12	14	13	11	11	12	8	11	7
p3	14	14	13	14	12	12	13	11	12	9	10	6
p4	14	12	14	12	12	9	12	8	10	7	7	2
p5	14	13	12	11	12	12	11	5	8	5	7	1
p6	14	13	14	11	14	13	13	11	13	11	11	6
p7	14	14	13	12	14	14	14	11	13	11	12	5
p8	13	12	13	12	11	11	9	7	11	9	7	3
p9	14	13	14	14	14	13	14	10	12	8	9	6
p10	14	13	13	14	13	9	8	5	11	7	5	2
p11	14	14	14	13	14	13	14	12	13	12	12	13
p12	14	9	13	2	13	3	5	0	9	1	0	0
p13	14	11	7	5	14	9	11	4	12	9	6	4

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Os valores do desempenho dos participantes mostrados na tabela 5 foram utilizados para construir o gráfico 2 o qual ilustra o desempenho dos 13 participantes nas 12 séries de 14 testes.

Gráfico 2 - Número de acertos dos 13 participantes varia em função do deslocamento do olhar e do número de blocos. Os valores de $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ correspondem respectivamente a 36° , 72° e 108° .



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No eixo vertical estão os valores referentes ao desempenho dos participantes. O desempenho dos participantes em cada série de 14 testes é computado pelo número de sequências de blocos corretamente lembradas naquela série. Por isso, no eixo vertical, o número 14 corresponde ao desempenho de 100%.

No eixo horizontal estão os valores dos deslocamentos do olhar. Um dos valores no horizontal, o valor $\Delta\theta=0$, representa a inexistência de deslocamentos do olhar, característica esta dos experimentos-controle, pois nestes não se inserem sacadas. No eixo horizontal estão os valores dos deslocamentos do olhar $\Delta\theta=0$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$ realizados nos testes com sequências de 3, 4, e 5 blocos. Assim o gráfico 2 ilustra o desempenho em:

- 1) testes com sequências de 3 blocos para deslocamentos do olhar $\Delta\theta=0$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$.
- 2) testes com sequências de 4 blocos para deslocamentos do olhar $\Delta\theta=0$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$.
- 3) testes com sequências de 5 blocos para deslocamentos do olhar $\Delta\theta=0$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$.

Para uma determinação mais precisa das relações de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e o desempenho dos participantes nos testes de retenção espacial, calculamos a média dos acertos dos 13 participantes nos testes onde o deslocamento do olhar foi $\Delta\theta=0$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ e $3\Delta\theta$, para 3, 4 e 5 blocos. Os valores destas médias de acertos, calculados a partir dos números de acertos de cada um dos treze participantes (vide tabela 6) foram utilizados para construir a tabela 7 e o gráfico 3.

Tabela 6 - Médias de acertos dos 13 participantes associadas aos ângulos de deslocamento do olhar, 0° , 36° , 72° e 108° , para 3, 4 e 5 blocos.

MÉDIAS DOS NÚMEROS DE ACERTOS				
	0°	36°	72°	108°
3 Blocos	13,84	12,76	12,76	11,23
4 Blocos	13,15	11,15	11,38	8,30
5 Blocos	11,38	8,30	8,30	5,07

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A tabela 7 reapresenta as médias de acertos da tabela 6, apresentando-as em percentuais. O percentual de 100% corresponde a 14 sequências de blocos corretamente lembradas em uma série de 14 testes.

Tabela 7- Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para os ângulos de deslocamentos do olhar, 0° , 36° , 72° e 108° , para 3, 4 e 5 blocos.

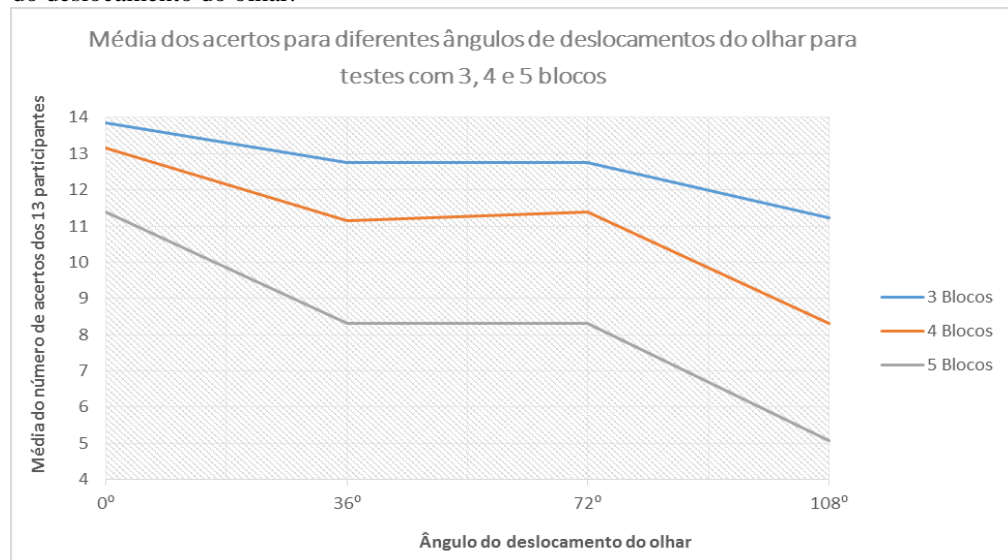
MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE ACERTOS				
	0°	36°	72°	108°
3 Blocos	98,9	91,2	91,2	80,21
4 Blocos	93,9	79,67	81,31	59,34
5 Blocos	81,31	59,34	59,34	36,26

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Os valores das médias de acertos dos 13 participantes da tabela 6 foram utilizados para construir o gráfico 3, o qual mostra como varia o número médio de acertos dos 13

participantes em função tanto do deslocamento do olhar (0° , 36° , 72° e 108°) como do número de blocos (3, 4 e 5 blocos).

Gráfico 3 - Variação do número médio de acertos dos 13 participantes em função do deslocamento do olhar.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Cada uma das três linhas do gráfico 3 mostram como varia o número médio de acertos dos 13 participantes em função do deslocamento do olhar. A linha azul mostra este desempenho dos participantes nos testes de retenção com três blocos, a vermelha mostra o desempenho nos testes com quatro blocos, e a cinza mostra o desempenho nos testes com cinco blocos. Pode-se constatar pelo desenho destas 3 linhas que ocorre uma queda no desempenho dos participantes quando se compara o desempenho nos testes sem deslocamento do olhar ($\Delta\theta=0^\circ$), com o desempenho nos testes com deslocamento do olhar de 36° (duas sacadas de 18° de amplitude). Essas quedas nos desempenhos são evidentes nas três linhas. Pergunta-se: todas estas quedas (diferenças nos valores de número de acertos) são diferenças estatisticamente significativas? Sim, os resultados do teste de Mann-Whitney (vide tabela 8, 9, 10), indicam que todas estas diferenças (as três quedas) são de fato estatisticamente significativas para um intervalo de 95% de confiança eis que a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05.

Com relação aos resultados estatísticos dos testes de Mann-Whitney mostrados nas tabelas 8, 9 e 10, verifica-se ainda que existem diferenças significativas no desempenho não só quando se compara o desempenho nos testes onde inexistem sacadas ($\Delta\theta=0$) com o desempenho quando o deslocamento do olhar é de 36° (duas sacadas de 18° de amplitude) como também existem diferenças estatisticamente significativas quando se compara o

desempenho quando inexistem sacadas ($\Delta\Theta=0$) com o desempenho quando sacadas produzem deslocamentos do olhar de 72° ou 108° . Em suma, em nossos experimentos sempre que sacadas foram introduzidas nos testes, a retenção de informações espaciais, quando comparada aos testes sem sacadas, foi menor. Este é um dos resultados mais importantes de nossos experimentos.

Tabela 8 - Valores p para teste com 3 blocos.

	0°	36°	72°	104°
0°	-	0,004	0,002	0,001
36°	0,004	-	0,891	0,328
72°	0,002	0,891	-	0,22
104°	0,001	0,328	0,22	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Tabela 9 - Valores p para teste com 4 blocos

	0°	36°	72°	104°
0°	-	0,019	0,049	0,000
36°	0,019	-	0,773	0,029
72°	0,049	0,773	-	0,019
104°	0,000	0,029	0,019	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Tabela 10 - Valores p para teste com 5 blocos

	0°	36°	72°	104°
0°	-	0,001	0,005	0,000
36°	0,001	-	0,979	0,017
72°	0,005	0,979	-	0,027
104°	0,000	0,017	0,027	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Ainda com relação ao gráfico 3, fica evidente pelo desenho das três linhas de desempenho mostradas no gráfico, que o desempenho (número de sequências corretamente lembradas em uma série de 14 testes) quando aumentamos o deslocamento do olhar de 36° (duas sacadas de 18° de amplitude) para 72° (duas sacadas de 36° de amplitude) permanece o mesmo. Esta percepção visual de que o desempenho permanece o mesmo se confirma quando observamos os percentuais de acertos mostrados na tabela 11 (extraída da tabela 7).

Tabela 11- Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para os deslocamentos do olhar de 36° e 72° .²⁸

Percentual do desempenho		
	36°	72°
3 Blocos	91,2	91,2
4 Blocos	79,67	81,31
5 Blocos	59,34	59,34

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

O número de acertos quando aumentamos o deslocamento do olhar de 36° para 72° , não é afetado em testes com 3, 4 e 5 blocos. Senão vejamos:

- para testes com 3 blocos os percentuais de acerto para os testes onde ocorrem deslocamentos do olhar de 36° são iguais aos percentuais de acerto para os testes onde ocorrem deslocamentos do olhar de 72° (vide tabela 11).

²⁸ Esta tabela foi extraída da tabela 7.

b) para testes com 5 blocos os percentuais de acerto para os testes onde ocorrem deslocamentos do olhar de 36° são iguais aos percentuais de acerto para os testes onde ocorrem deslocamentos do olhar de 72° (vide tabela 11).

c) para testes com 4 blocos os percentuais de acerto onde ocorrem deslocamentos do olhar de 36° são ligeiramente menores que os percentuais de acerto para os testes onde ocorrem deslocamentos do olhar de 72° (vide tabela 11). Contudo os resultados do teste de Mann-Whitney (vide tabela 9), indicam que esta diferença não é estatisticamente significativa.

Portanto, para os testes com três, quatro e cinco blocos, conclui-se que quando se aumenta o ângulo do deslocamento do olhar de 36° para 72° não há diferenças significativas no número de acertos (número de sequências corretamente lembradas em uma série de 14 testes), ou seja, não ocorre decaimento retenção de informações espaciais. Vejamos agora o que acontece com o número de acertos quando o ângulo do deslocamento do olhar aumenta de 72° para 108°.

Observando-se o desenho das 3 linhas apresentadas no gráfico 3, verifica-se visualmente que ocorre uma queda no desempenho quando se aumenta o deslocamento do olhar 72° para 108°. Esta queda no desempenho, observada visualmente no desenho das três linhas (testes de 3, 4 e 5 blocos), pode ser também numericamente constatada na tabela 12 (extraída da tabela 7).

Tabela 12- Média dos percentuais de acertos dos 13 participantes para os deslocamentos do olhar de 72° e 108°.

Percentual do desempenho		
	72°	108°
3 Blocos	91,2	80,21
4 Blocos	81,31	59,34
5 Blocos	59,34	36,26

Fonte: Elaborada pelo autor (2015)

A análise dos dados da tabela 12 através do teste de Mann-Whitney (vide tabelas 8, 9 e 10), confirma que as diferenças no número de acertos quando se aumenta o deslocamento do olhar de 72° para 108°, são de fato estatisticamente significativas, segunda análise estatística do teste de Mann-Whitney aplicada nos testes com 3 blocos (vide tabela 8), 4 blocos (vide tabela 9) e 5 blocos (vide tabela 10).

4.4 Análise e discussão dos resultados

Analisando-se o gráfico 3 verifica-se que a linha azul (desempenho nos testes de 5 blocos) está acima da linha laranja (desempenho nos testes de 4 blocos) que por sua vez está acima da linha cinza (desempenho nos testes de 3 blocos). Isto significa que nos testes com 3 blocos (linha azul), 4 blocos (linha laranja) e 5 blocos (linha cinza) quando se considera uma mesma sacada (ou $\Delta\Theta$, ou $2\Delta\Theta$, ou $3\Delta\Theta$) os percentuais de acerto nos testes com 5 blocos são inferiores aos percentuais de acertos nos testes com de 4 blocos, que por sua vez são inferiores aos percentuais de acertos nos testes com 3 blocos. Atribuímos estes resultados ao fato de armazenar 5 blocos demandar mais capacidade da Memória de Trabalho do que armazenar 4 blocos, que por sua vez demanda mais capacidade cognitiva que armazenar 3 blocos. Os testes com maior número de blocos por serem os que demandam maior capacidade da memória são, por isso mesmo os que apresentam o menor número de acertos. Além de investigar o impacto dos blocos sobre o número de acertos, investigamos também o impacto da amplitude dos deslocamentos do olhar sobre o número de acertos. Veremos a seguir como isto foi feito.

Até onde é do nosso conhecimento, nos experimentos relatados na literatura onde já se investigou a interferência do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais não foram utilizados deslocamentos do olhar, similares na amplitude e na natureza, aqueles praticados no estudo de materiais instrucionais. Um dos objetivos desta tese é precisamente verificar se deslocamentos de olhar similares aqueles tipicamente praticados no estudo de um material instrucional são capazes de afetar a retenção de informações espaciais. Em nossos experimentos para que os deslocamentos do olhar fossem de fato similares aqueles praticados no estudo de um material instrucional, sacadas integrativas foram utilizadas para gerar estes deslocamentos do olhar.

Os resultados experimentais que obtivemos mostraram que deslocamentos do olhar de 36° , 72° e 108° , produzidos por 2 sacadas integrativas (uma sacada indo do bloco para a letra e outra voltando da letra para o bloco) de amplitudes de 18° , 36° e 54° , portanto deslocamentos do olhar compatíveis com os realizados em estudos de materiais instrucionais, foram capazes de produzir um decaimento na retenção de informações espaciais.

Estes resultados foram obtidos fazendo-se a comparação entre o número de acertos do experimento-controle (quando não se inserem sacadas nos testes) com os do experimento-teste (quando se inserem sacadas nos testes). Com relação aos resultados estatísticos do teste Mann-Whitney mostrados nas tabelas 8, 9 e 10, verifica-se que, tanto nos testes de 3, 4 e 5

blocos, existem diferenças estatisticamente significativas no desempenho sempre que se compara o desempenho quando inexitem sacadas ($\Delta\Theta=0$) com o desempenho quando existem sacadas sejam estas de amplitude 18°, 36°, ou 54°. Ou seja, nossos resultados revelaram que sempre existirão diferenças significativas quando se compara o desempenho com e sem sacadas, não importando a amplitude das sacadas. Em suma, em nossos experimentos sempre que sacadas foram introduzidas nos testes, o número de acertos nos testes de retenção, quando comparada aos testes sem sacadas, foi sempre significativamente menor.

Quais as implicações desse primeiro resultado do nosso experimento para o Efeito da Atenção Dividida? Podemos propor que os deslocamentos do olhar produzidos por sacadas são um dos fatores responsáveis pelo Efeito da Atenção Dividida? O fato de não termos utilizado materiais instrucionais com texto em nosso experimento torna inválida a proposta de que as sacadas são um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida? Não, o fato de as sacadas afetarem a retenção de informações espaciais é um fator que independe das circunstâncias em que ocorrem estas sacadas. Esta relação de causa e efeito entre sacadas e a retenção ocorrerá independentemente de as sacadas ocorrerem entremeadas a apresentação de Blocos de Corsi ou entremeadas a leitura do que texto que acompanha uma figura (sacadas integrativas). Apenas pode acontecer de, para as situações que envolvem o estudo de materiais instrucionais com texto, a magnitude do efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais ser diferente da magnitude do efeito do deslocamento produzido por sacadas entremeadas a apresentação dos Blocos de Corsi. Ou seja, concluímos que o efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção é sim um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida, apenas faltando definir experimentalmente a extensão deste efeito para materiais instrucionais onde as figuras são acompanhadas de textos com conteúdo espacial. No capítulo da conclusão apresentaremos outras três razões que fundamentam esta nossa conclusão e a implicação deste nosso resultado experimental para a explicação do Efeito da Atenção Dividida.

Outro objetivo desta tese foi verificar o que acontece com a retenção de informações espaciais quando se aumenta progressivamente o ângulo do deslocamento do olhar ($\Delta\Theta$, $2\Delta\Theta$, e $3\Delta\Theta$) através das sacadas. Nossa expectativa era de que nossos resultados experimentais revelassem que a medida que o deslocamento do olhar fosse aumentando (36°, 72° e 108°), a retenção de informações espaciais iria gradativamente decaindo. Antes de confrontarmos esta nossa expectativa com os resultados que de fato obtivemos, vejamos

preliminarmente porque esperávamos que o aumento do deslocamento do olhar provocasse um gradual decaimento na retenção de informações espaciais.

Em nossos experimentos as duas sacadas que impomos entre a apresentação de dois blocos consecutivos impedem tanto a recitação pela movimentação espontânea dos olhos (BADDELEY, 1986; JOHANSSON, 2012) como a recitação baseada na atenção (AWH; JONIDES, 2001; AWH; ARMSTRONG; MOORE, 2006).

Estas sacadas impedem a recitação pela movimentação dos olhos, pois não é fisicamente possível que os olhos tenham simultaneamente dois movimentos diferentes. A movimentação forçada dos olhos pela realização de duas sacadas durante o intervalo de retenção suprime a possibilidade de, por movimentação espontânea, ocorrer a recitação baseada no sistema oculomotor.

Esta realização forçada das sacadas impede também a recitação pela atenção, pois durante a realização das sacadas o foco da atenção espacial do participante está concentrado na realização da sacada, não podendo se desviar para a lembrança da posição do último bloco de Corsi apresentado, sob pena de o participante se desconcentrar na sacada e errar a questão. Em nosso experimento esta indisponibilidade da atenção e da movimentação dos olhos para a recitação produz uma supressão da recitação. Como o tempo de duração da sacada é o tempo de duração da supressão que esta causa, quanto maior for o tempo de duração da sacada maior será o intervalo de tempo da supressão. Pode-se obter o tempo “T” de duração da sacada a partir do valor da sua amplitude “A”, utilizando-se a equação de Carpenter (1988): $T = 2.2A + 21$. Utilizando esta fórmula prevemos que para sacada de 18° a duração da sacada deve ser de 60,6 ms. Ou seja, durante estes 60,6 ms ocorrerá a supressão da recitação. Contudo como são duas as sacadas de 18° entremeadas aos Blocos de Corsi (uma sacada do bloco para a letra e outra sacada da letra para um novo bloco) durante o intervalo de retenção, temos que o tempo de duração destas duas sacadas juntas será de 121,2 ms. Assim teremos que dos 550 ms destinados a recitação, 121,2 ms são suprimidos, o que significa uma redução 22% no tempo de recitação pela introdução das duas sacadas de 18°.

Além das sacadas de 18° de amplitude, utilizamos sacadas de 36° e 54° de amplitude. A sacada de 36° e a sacada de 54° têm respectivamente a duração de 100,2 ms e 139,8 ms²⁹. Como são duas as sacadas inseridas no intervalo de recitação, teremos que as duas sacadas de

²⁹ Estes tempos de duração das sacadas foram calculados através da fórmula de Carpenter (1988), $T = 21 + 2,2\theta$. Esta fórmula é aplicável a um largo intervalo de amplitudes. Por exemplo, em artigo publicado na Nature Neuroscience por Morrone; Ross e Burr (2005) a fórmula de Carpenter (1988) foi utilizada para calcular duração de sacadas com amplitude de 10°, 20°, 30°, 40°, e 50°. Em nossa pesquisa utilizamos a fórmula de Carpenter (1988) para calcular o valor da duração de sacadas de 18°, 36° e 54°.

36° causarão uma supressão de 200,4 ms e as duas sacadas de 54° causarão uma supressão dentro do intervalo de recitação de 279,6 ms. Isto significa que as duas sacadas de 36° produzirão uma redução de 36,4% nos 550 ms destinados a recitação, e as duas sacadas de 54° produzirão uma redução de 51% nos 550 ms destinados a recitação. Note que não descontamos do tempo destinado a recitação o intervalo de tempo onde também ocorre a supressão da recitação quando se desvia a atenção durante a identificação e leitura da letra. Caso o fizéssemos o impacto das sacadas seria ainda maior. Não o fizemos por dois motivos: não tínhamos como medir o tempo gasto na identificação e leitura da letra e também porque este intervalo de tempo, por ser sempre o mesmo em todos os experimentos, não se torna um fator diferencial, em razão dessa constância.

Nossa expectativa era de que a medida que as amplitudes das sacadas fossem aumentando, o aumento na duração das sacadas aumentaria o tempo de supressão da recitação, diminuindo dos 550 ms disponíveis para a recitação, a duração da supressão. Esta diminuição no tempo de recitação provocada pelo gradual aumento nas amplitudes das sacadas deveria provocar um gradual decaimento no número de acertos nos testes de retenção. Os nossos resultados experimentais em testes com 3, 4 e 5 blocos indicaram que:

- a) quando passamos de experimentos sem sacadas ($\Delta\Theta=0^\circ$) para experimentos com deslocamento do olhar de 36° (duas sacadas de 18°) ocorreu um decaimento estatisticamente significativo no número de acertos nos testes de retenção de informações espaciais, confirmando nossa expectativa;
- b) quando o deslocamento do olhar aumentou de 36° para 72° o número de acertos nos testes de retenção de informações permaneceu o mesmo. Estes dados contrariam nossa expectativa;
- c) quando o deslocamento do olhar aumentou de 72° para 108° voltou a haver um decaimento estatisticamente significativo no número de acertos nos testes de retenção de informações, confirmando nossa expectativa. Os resultados dos itens a), b) e c) estão sintetizados no gráfico 3.

Os resultados dos itens a) e c) estão em concordância com nossa expectativa de que um aumento no ângulo do deslocamento do olhar produziria um decaimento no número de acertos nos testes de retenção de informações. Contudo, o resultado do item b) contrariou as nossas expectativas. Quando o deslocamento do olhar aumentou de 36° para 72°, o número de acertos em testes de retenção de informações não decaiu conforme esperávamos. Permaneceu o mesmo. Levantamos aqui a hipótese de que o número de acertos nos testes de retenção para

os deslocamentos do olhar de 36° e 72° permaneceu constante nos experimentos com 3, 4 e 5 blocos porque a variável “nível de retenção” (número de acertos em testes de retenção) se comporta como uma função degrau, não variando continuamente com o aumento do ângulo do deslocamento do olhar. Assim, em razão de a relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e o nível de retenção de informações espaciais (medido pelo número de acertos nos testes de Blocos de Corsi) se comportar como uma função degrau, o nível de retenção correspondente aos ângulos de deslocamentos de olhar 36° e 72° seriam os mesmos pois “pertenceriam ao mesmo degrau”, enquanto o nível de retenção correspondente ao ângulo de deslocamento de 108° seria maior, pois pertenceria ao “degrau seguinte”.

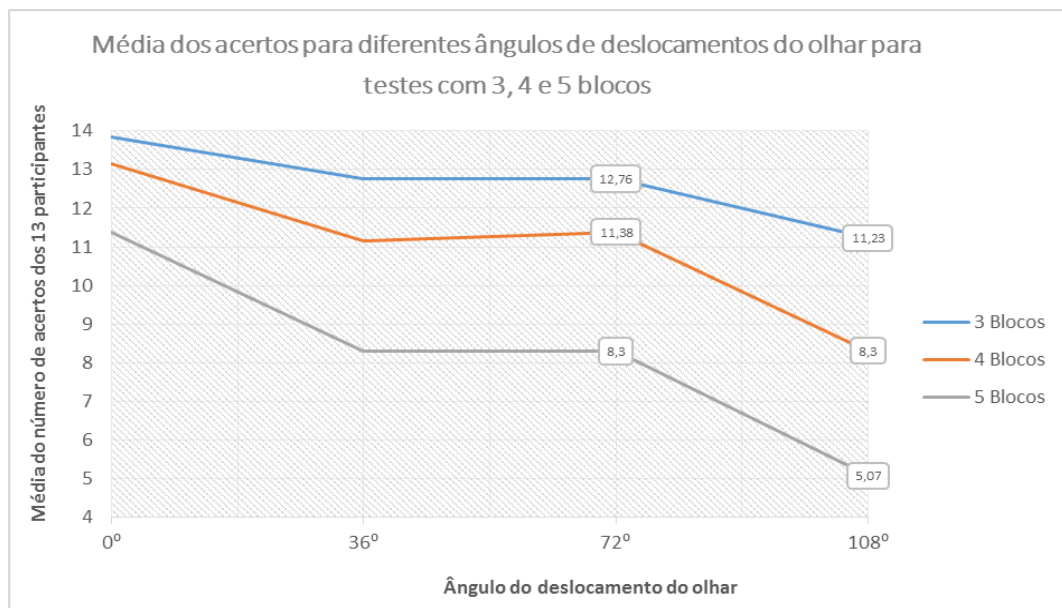
Embora em nosso experimento tenhamos verificado que a variável “número de acertos nos testes de retenção” se comporta como uma função degrau, nosso experimento não detectou exatamente “onde começa e onde termina cada degrau”. Para uma delimitação mais precisa do intervalo dos valores de amplitude que produzem o mesmo número de acertos em testes de retenção, experimentos futuros, ao invés de usar sacadas com amplitude de 18°, 36° e 54° deverão utilizar 5 sacadas sendo uma de amplitude 11° e as outras de amplitude 22°, 33°, 44° e 55°. Este maior número de sacadas e com intervalos de amplitudes menores (11°) que os intervalos de amplitude que usamos em nosso experimento (18°) permitirão uma melhor delimitação do intervalo dos valores de amplitude que produzem o mesmo número de acertos em testes de retenção, delimitando melhor esta função degrau.

Nesta a subseção verificamos que não ocorre o decaimento no número de acertos quando o deslocamento do olhar aumenta de 36° para 72°. Analisaremos na próxima subseção as situações (ângulos de deslocamento do olhar) em que ocorre o decaimento no número de acertos. Antes, porém cumpre informar que em nossos experimentos sempre após a apresentação de um bloco ocorrem 2 sacadas (uma indo do bloco para a letra e outra voltando da letra para o bloco). Por este motivo nos testes com 3 blocos ocorrem 6 sacadas, nos testes com 4 blocos ocorrem 8 sacadas e nos testes com 5 blocos ocorrem 10 sacadas, ou seja, o número de sacadas realizadas em um teste é sempre o dobro do número de blocos daquele teste.

4.4.1 O decaimento da retenção de informações espaciais

O gráfico 4 reapresenta o gráfico 3 que descreve o desempenho dos participantes em nossos experimentos. O gráfico 4 apresenta três linhas. As linhas azul, laranja e cinza se referem respectivamente ao desempenho nos testes com três, quatro e cinco blocos. O desenho de cada uma das três linhas do gráfico mostra como decaem o número de acertos.

Gráfico 4 – Médias de acertos para testes com 3, 4 e 5 blocos para deslocamentos do olhar de 72° e 108°.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os decaimentos no número de acertos que se observa em testes com o mesmo número de blocos são sempre provocados pelo aumento no ângulo dos deslocamentos do olhar. Pode-se questionar:

- estes decaimentos não estariam também sendo provocados pelo número de blocos?
- estes decaimentos não estariam também sendo afetados pelo aumento no número de sacadas, eis que conforme vimos quanto maior o número de blocos maior o número de sacadas que são intercaladas a estes blocos³⁰? Por exemplo, em testes com 3 blocos temos 6 sacadas intercaladas, e em testes com 4 blocos temos 8 sacadas intercaladas.

³⁰ Conforme explanado anteriormente, em razão de se intercalar 2 sacadas entre a apresentação de dois blocos consecutivos, existe uma associação entre o número de sacadas e o número de blocos, sendo que nos testes com 3 blocos ocorrem 6 sacadas, nos testes com 4 blocos ocorrem 8 sacadas e nos testes com 5 blocos ocorrem 10 sacadas.

A resposta a ambas perguntas é não. Vejamos por que não.

a) Resposta ao item a):

Vejamos porque não através do seguinte exemplo. A linha cinza (cinco blocos) mostra como varia o número de acertos em todos os testes com cinco blocos quando se varia o ângulo do deslocamento do olhar. Como o número de blocos será sempre o mesmo (cinco) em todos os experimentos relativos a linha cinza, as variações observadas no desenho da linha cinza não podem ser imputadas ao número de blocos.

b) Resposta ao item b):

O aumento no número de sacadas também não pode ser um dos fatores responsáveis pelas variações no número de acertos observadas no desenho da linha cinza. Conforme demonstramos anteriormente, em nossos testes de retenção o número de sacadas é sempre o dobro do número de blocos. No caso da linha cinza, sendo 5 o número de blocos, 10 são o número de sacadas entremeadas a estes 5 blocos. Ora como linha cinza se refere a testes com 5 blocos, o número de blocos (5) e o número de sacadas (10) deve permanecer o mesmo quer a amplitude das sacadas seja $\Delta\theta=0^\circ$, $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$ ou $3\Delta\theta$, não podendo, portanto, também se imputar ao número de sacadas as variações observadas no desenho da linha azul (variações no número de acertos), eis que este número de sacadas (10) permanece constante para todos os experimentos qualquer que seja a amplitude das sacadas utilizadas. Em suma, para todos os testes que apresentam o mesmo número de blocos, não existem variações no número de sacadas e por isso apenas as variações nos ângulos do deslocamento do olhar são responsáveis pelas variações no número de acertos entre testes.

De certo que quando se consideram testes com diferentes números de blocos, o número de blocos e de sacadas passam a ser fatores que afetam o número de acertos nos testes de retenção. Porém, nesta análise preliminar, apenas compararemos os resultados de testes que apresentam o mesmo número de blocos (e conseqüentemente mesmo número de sacadas), para focarmos apenas naquelas variações no número de acertos em testes de retenção de informações espaciais causadas exclusivamente pelas variações nos ângulos dos deslocamentos do olhar.

Analisemos um exemplo concreto onde nossos dados registraram o decaimento no número de acertos nos testes de retenção em função de um aumento no deslocamento do

olhar. No gráfico 4 verifica-se que nos testes de 4 blocos nos quais o deslocamento do olhar foi de 72°, o número de acertos foi de 11,38 (vide gráfico 4), enquanto nos testes de 4 blocos em que o deslocamento do olhar foi de 108°, o número de acertos foi 8,3. Quedas semelhantes a esta queda nos números de acertos em razão do aumento do ângulo de deslocamento do olhar, ocorreram também nos testes com 3 e 5 blocos conforme indicam os valores dos números de acertos apresentado no gráfico 4.

Os resultados de nossos experimentos revelaram situações onde o aumento no ângulo de deslocamento do olhar produziu uma diminuição do número de acertos nos testes de retenção, tal como ilustrado no parágrafo anterior, mas revelaram também situações em que o aumento no deslocamento do olhar não afetou o número de acertos nos testes de retenção. A relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e o número de acertos nos testes de retenção, que nosso experimento verificou se comportar como uma função degrau, nos impõe uma pergunta: nas situações em que ocorre de o aumento no deslocamento do olhar resultar em uma diminuição no número de acertos, tal como exemplificado no parágrafo anterior, qual o mecanismo que medeia esta relação de causa e efeito? Embora as três hipóteses explicativas que apresentaremos não consigam explicar porque a relação entre os deslocamentos do olhar e o nível de retenção de informações apresentou em nossos experimentos a característica de uma função degrau, no entanto estas hipóteses se propõe a explicar as “diferenças de nível entre os degraus”, ou seja, propõe explicar, com relação as situações onde se verificou que o aumento no deslocamento do olhar provocou efetivamente uma diminuição no número de acertos, quais foram os mecanismos que mediarão esta relação de causa e efeito.

4.4.1.1 Hipótese explicativa Nº 1; a sacada como supressora da recitação

Como esta hipótese já foi apresentada anteriormente, apenas apresentaremos aqui um resumo da mesma. De acordo com esta hipótese durante o tempo de realização de uma sacada ocorreria a supressão da recitação e como a duração de uma sacada aumenta com a sua amplitude, quanto maior fosse a amplitude da sacada, maior seria o tempo de supressão da recitação, sobrando assim menos tempo disponível para a realização da recitação pelo sujeito, além do que, durante a supressão da recitação, a ausência de recitação tornaria as informações armazenadas mais suscetíveis a um decaimento pelo transcurso do tempo. Esta hipótese, aplicável apenas as situações onde o aumento do deslocamento de fato resulta em uma queda no número de acertos, explica porque quanto maior a amplitude da sacada entremeada as

apresentações das sequências de blocos, maior será o decaimento no número de acertos nos testes de retenção destas sequências de blocos.

4.4.1.2 Hipótese explicativa Nº 2: a sacada como geradora de carga cognitiva

Conjecturamos que a realização de uma sacada demanda um esforço cognitivo da Memória de Trabalho Espacial e que este esforço cognitivo será tanto maior quanto maior for a amplitude da sacada. Como a realização da sacada é entremeada a apresentação da sequência de blocos, a carga gerada pela sacada ao se impor sobre a Memória de Trabalho Espacial³¹ competirá pelos mesmos recursos cognitivos que as informações da sequência de posições dos blocos que estão sendo armazenadas na Memória de Trabalho³². Assim, para testes com mesmos números de blocos, quanto maior for a amplitude da sacada, maior será a sua carga sobre a memória de trabalho, o que produzirá um maior decréscimo no número de informações armazenadas na Memória de Trabalho. Assim, nossa conjectura explica porque nos testes em que o deslocamento do olhar é de 108° (duas sacadas de 54°) o número de acertos, para testes de 3 blocos é menor que o número de acertos nos testes onde o deslocamento do olhar foi de 72° (duas sacadas de 36°), o mesmo ocorrendo para testes com 4 e 5 blocos, quando se comparam os números de acertos entre aqueles testes com deslocamento do olhar de 108° e 72° conforme indicam os valores dos números de acertos apresentados no gráfico 4³³.

Esta nossa conjectura de que sacadas possam gerar uma carga cognitiva capaz de afetar o armazenamento de informações na Memória de Trabalho Espacial, se alinha com:

[...] a bem estabelecida visão que concebe a capacidade da Memória de Trabalho como um conjunto de recursos cognitivos compartilhados entre as duas funções de processamento e armazenamento [...], a proposta [...] de Barrouillet et al. (2004) de que a manutenção e o processamento da informação na Memória de Trabalho não são independentes, mas dependem do mesmo limitado recurso, que é a atenção. [...] Atenção é, portanto, um recurso comum compartilhado entre processamento e armazenamento (BARROUILLET, 2011, p. 6).

³¹ Conforme vimos anteriormente a realização de sacadas tem sido considerada uma tarefa clássica espacial, vale dizer, que afeta predominantemente a Memória de Trabalho Espacial.

³² Outra possibilidade para explicar como as sacadas interferem no armazenamento de informações espaciais seria considerar que, além da carga cognitiva que a sua realização imporia a Memória de Trabalho Espacial, a realização de sacadas também demandaria os mesmos recursos utilizados no processo de armazenamento das informações espaciais. Contudo, esta possibilidade não foi investigada nesta tese.

³³ Contudo é importante repetir aqui, que esta conjectura não se aplica as situações onde o ângulo do deslocamento do olhar varia de 36° para 72°, onde se observa a variável “nível de retenção” (número de acertos em testes de retenção) ter o comportamento de uma função degrau, permanecendo o nível de retenção o mesmo para os testes com deslocamentos do olhar de 36° e 72°.

Segundo esta visão, como o recurso cognitivo da Memória de Trabalho é limitado e é compartilhado entre as funções de armazenamento e processamento, então se a maior parte desses recursos cognitivos for demandada pelo processamento menos recursos cognitivos restarão disponíveis para o armazenamento, e por outro lado, se a maior parte dos recursos cognitivos for destinada ao armazenamento, menos recursos cognitivos restarão disponíveis para o processamento. Vejamos como esta visão de que na Memória de Trabalho existe um recurso comum compartilhado entre processamento e armazenamento ajuda a explicar porque os recursos cognitivos utilizados para o manter o armazenamento de informações das sequências de posições dos Blocos de Corsi, pode ser afetado pela realização de sacadas entremeadas a apresentação destes blocos.

Conjecturamos que a realização de sacadas demanda recursos cognitivos tanto para o armazenamento de informações (precisa-se, por exemplo, armazenar a informação da posição final da sacada) quanto para o processamento (a execução da sacada planejada). Este consumo desses recursos cognitivos pode fazer decair o recurso global (recurso comum compartilhado entre armazenamento e processamento³⁴) da Memória de Trabalho. Como por esse recurso global da Memória de Trabalho competem tanto os recursos demandados para a realização de sacadas como os recursos demandados para o armazenamento das informações das sequências de posições dos Blocos de Corsi, pode ocorrer, de a realização de sacadas reduzir estes “recursos globais”, tornando-os insuficientes para a manutenção do armazenamento de todas as informações das sequências de posições, ocorrendo assim o decaimento no armazenamento de algumas das informações das sequências de posições de blocos.

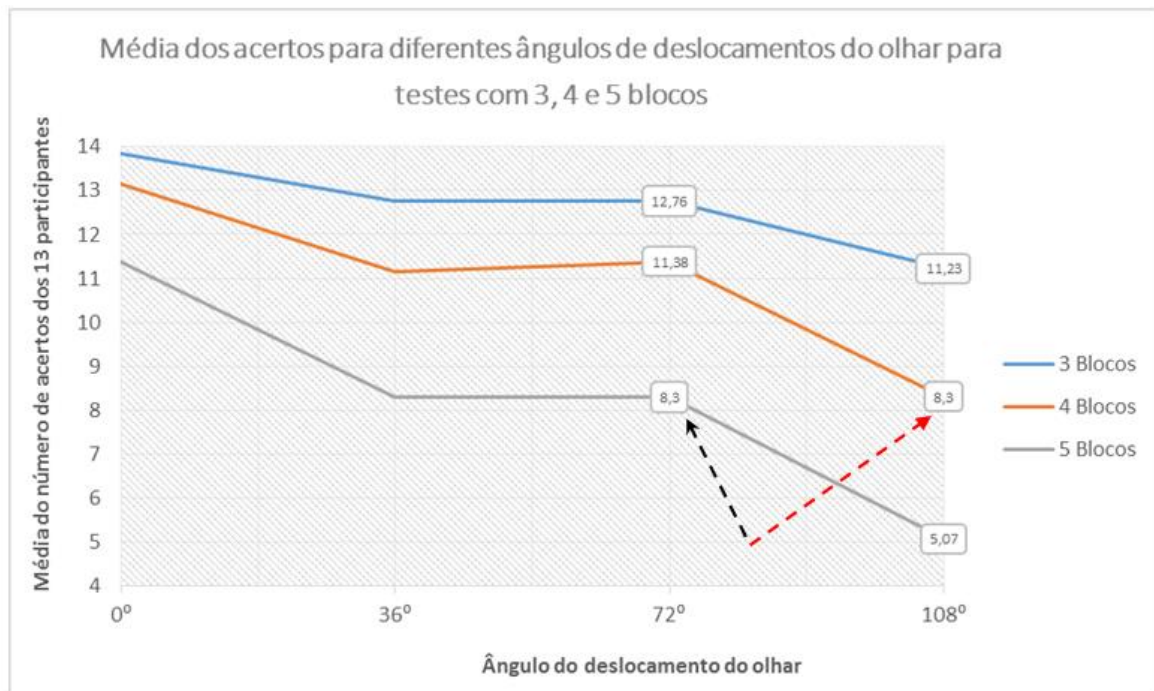
Esta hipótese Nº 2, que explica o decaimento no número de acertos em nossos testes de retenção como sendo decorrente da carga cognitiva sobre a Memória de Trabalho imposta pela realização das sacadas, é útil pois nos permitirá explicar alguns dos resultados obtidos em nossos experimentos que pareciam contradizer os resultados experimentais tradicionalmente obtidos em testes com Blocos de Corsi.

Por exemplo, no gráfico 5 verifica-se que o número de acertos em testes indicados pela seta preta e pela seta vermelha foi exatamente o mesmo, muito embora os testes indicados pela seta preta sejam testes com 5 blocos enquanto os testes indicados pela seta vermelha sejam testes com 4 blocos. Como a quantidade de informações a ser armazenada em um teste de cinco blocos é superior a quantidade de informações a ser armazenada em um teste com

³⁴ “Just e Carpenter (1992) também presumiram que a mesma capacidade [...] é compartilhada entre o processamento e o armazenamento” (BARROUILLET, 2011, p. 35).

quatro blocos, era de se esperar que o teste com 5 blocos, por consumir mais recursos cognitivos da Memória de Trabalho, apresentasse um número menor de acertos que o teste com 4 blocos, no entanto os testes com 4 blocos indicados pela seta vermelha apresentam o mesmo número de acertos que os testes com 5 blocos indicados pela seta preta. Por que?

Gráfico 5 - Setas indicam o mesmo número de acertos em testes com 4 e 5 blocos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Nos testes tradicionais dos Blocos de Corsi o único fator gerador de carga cognitiva é o número de blocos. Quanto maior o número de blocos maior o número de informações sobre a sequência de posições a ser armazenado na Memória de Trabalho, portanto quanto maior o número de blocos maior a carga imposta a Memória de Trabalho. Contudo em nossa versão do Teste dos Blocos de Corsi o número de blocos não é a única fonte de carga cognitiva imposta a Memória de Trabalho. Em nossa versão as sacadas são intercaladas a apresentação dos Blocos de Corsi. Assim em nossa versão do Teste dos Blocos de Corsi temos dois fatores geradores de carga sobre a Memória de Trabalho; o número de blocos em um teste e a amplitude das sacadas intercaladas no teste. Quanto maior a amplitude da sacada maior o esforço cognitivo para realiza-la, portanto, maior será a carga cognitiva que a sacada impõe sobre a memória de Trabalho. Vejamos como o fato de em nossa versão do Teste de Blocos de Corsi existirem dois fatores geradores de carga cognitiva (número de blocos e a amplitude

das sacadas) explica porque a média de acertos para os testes com 4 blocos indicados pela seta preta, é igual a média de acertos para os testes com 5 blocos indicados pela seta vermelha.

Os testes indicados pela seta vermelha no gráfico 5 são testes com 4 blocos e com sacadas de amplitude 108°. Embora estes testes tenham um menor número de blocos que os testes com 5 blocos e com sacadas de 72° de amplitude (testes indicados pela seta preta no gráfico 5) ainda assim conseguem obter a mesma média de número de acertos que os testes com 5 blocos indicados pela seta preta conforme indica o gráfico 5. Isto ocorre, porque embora o armazenamento de 4 blocos demande uma menor carga cognitiva que o armazenamento de 5 blocos, no entanto nos testes com 4 blocos e sacadas de amplitude 108°, o fato de a amplitude das sacadas nesses testes ser maior que a amplitude das sacadas nos testes com 5 blocos e amplitude de 72°, compensa o fato de nos testes com 4 blocos e sacadas de amplitude 108°, a carga cognitiva decorrente do armazenamento ser menor, em razão do menor número de blocos. Admitindo-se que esta compensação seja tal que a carga cognitiva total seja a mesma para os testes com 4 blocos e sacadas de amplitude 108° e para os testes 5 blocos e sacadas de amplitude 72°, explica-se porque estes testes têm o mesmo número de acertos apesar de terem número diferentes de blocos.

A situação que acabamos de descrever não é o único caso onde testes com número maior de blocos não resultam em menor número de acertos que testes com menor número de blocos. Pode-se constatar no próprio gráfico 5 que o número de acertos em testes com 3 blocos e sacadas de amplitude 108°, é paradoxalmente menor que o número de acertos em testes com 4 blocos e sacadas de amplitude de 72°, muito embora o número de blocos dos testes com 3 blocos e sacadas de amplitude 108° seja menor que nos testes com 4 blocos e sacadas com amplitude de 72°. O fato de o teste com 3 blocos e sacadas com amplitude de 108° ter menor número de acertos que o teste com 4 blocos e sacadas de 72° só pode ser explicado pelo fato de a amplitude da sacada ser maior no teste com menor número de blocos. Assim como esta, existem outras situações similares.

Verifica-se que a conjectura desta segunda Hipótese explicativa, de que a realização de sacadas impõe carga sobre a Memória de Trabalho é bem frutífera, pois nos permitiu explicar alguns resultados obtidos em nossos experimentos que pareciam contradizer os resultados que tradicionalmente se obtém nos Testes de Blocos de Corsi.

Outra situação que consegue ser explicada quando se admite que a realização de sacadas gera carga cognitiva, verifica-se quando observamos o percentual de queda nos acertos em testes de retenção quando aumentamos a amplitude do deslocamento do olhar de 72° para 108°. Verifica-se que para este aumento da amplitude do deslocamento do olhar, o

percentual de decréscimo no número de acertos aumenta quando aumentamos o número de blocos sendo de:

- a) 10,99% para 3 blocos;
- b) 21,97% para 4 blocos;
- c) 23,08% para 5 blocos.

Como explicar isto? Como explicar que o percentual de queda nos acertos quando aumentamos a amplitude das sacadas de 72° para 108° seja maior para testes com 5 blocos do que para testes com 4 blocos, e maior para testes com 4 blocos do que para testes com 3 blocos?

Muito embora o aumento na amplitude do deslocamento do olhar de 72° para 108° em testes com 3, 4 ou 5 blocos gere um mesmo aumento de carga cognitiva nesses três testes, no entanto, o impacto deste mesmo aumento de carga cognitiva será maior nos testes com 5 blocos que nos testes com 4 ou 3 blocos pois nos testes com 5 blocos a capacidade disponível da Memória de Trabalho é menor que nos testes com 4 ou 3 blocos, pois quando aumentamos o número de blocos, aumenta a carga cognitiva sobre a memória, reduzindo-se assim a capacidade da memória disponível.

Situação similar ocorre quando se aumenta o ângulo do deslocamento do olhar de 0° para 36° . Este aumento no deslocamento do olhar produz um decréscimo no percentual de acertos nos testes de retenção que cresce quando aumentamos o número de blocos, sendo neste caso de:

- a) 7,7% para testes com 3 blocos;
- b) 14,2% para testes com 4 blocos;
- c) 21,97% para testes com 5 blocos.

A esta situação aplica-se a mesma explicação que acabamos de utilizar para explicar quando o deslocamento do olhar aumentava de 72° para 108° .

E por fim é importante destacar que a ideia de que a realização de uma sacada demanda um esforço mental (hipótese explicativa N^o 2) pode ser usada não apenas para explicar a interação entre sacadas e a retenção de informações espaciais que observamos em nossos experimentos como também pode ser utilizada para explicar porque a relação entre os deslocamentos do olhar e o nível de retenção de informações apresentou em nossos experimentos a característica de uma função degrau, senão vejamos.

Uma possível explicação para o fato de não haver diferença em número de acertos nos testes de retenção entre testes com apresentações de blocos intercalados com sacadas de 18° de amplitude e testes intercalados com sacadas de 36° de amplitude, seria o fato de a posição onde a letra aparece quando o olhar se desloca 18° dos blocos até a letra, e a outra posição onde aparece a letra quando o olhar se desloca 36° dos blocos até a letra, serem posições equidistantes em relação ao centro da tela. Considerando que o pescoço do participante é mantido imóvel de forma que o foco frontal do olhar coincida com o centro da tela, seria igualmente fácil para o olho encontrar essas letras, em razão de ambas se encontrarem em posições equidistantes do centro da tela, mesmo tendo como ponto de partida da sacada os blocos localizados no canto superior esquerdo. Por ser igualmente fácil encontrar estas duas letras o esforço mental, ou seja, a carga cognitiva gerada pela sacada de 18° e pela sacada de 36° seriam aproximadamente iguais, explicando-se assim porque o número de acertos nos testes associados a essas sacadas, não apresentou diferenças estatísticas significantes.

Para testar se esta hipótese está correta, futuros experimentos deverão refazer os testes feitos nesta tese. Nestes novos testes o participante não deverá mais posicionar seu pescoço e olhos de forma centralizada em relação ao centro da tela. Deverá se sentar de modo a centralizar seu pescoço e olhos em relação ao lado esquerdo da tela do computador, ou seja, o foco frontal do seu olhar deve coincidir com o lado esquerdo do computador. Desta forma as posições das letras referidas no parágrafo anterior não serão mais equidistantes em relação ao foco frontal dos olhos, devendo a busca feita com o olhar para encontra-las, gerar esforços mentais distintos. Caso isto ocorra, prevemos que o gráfico que obteremos, deixará de ser uma função degrau.

4.4.1.3 Hipótese Nº 3: a sacada como geradora de carga cognitiva e supressora da recitação

Como a primeira e a segunda hipóteses não são mutuamente excludentes, cumpre criar uma hipótese que resulte da combinação de ambas. Nesta hipótese híbrida conjecturamos que a realização de uma sacada acarreta duas consequências: a sacada não apenas suprime a recitação como também a sua realização impõe uma carga cognitiva sobre a Memória de Trabalho. Como as hipóteses não são excludentes, tudo que foi dito para ambas vale aqui para esta nossa hipótese que combina as duas.

4.4.2 Desvio Padrão da Média por tipo de teste

Na tabela 13 encontramos na penúltima linha a média aritmética do número de acertos dos 13 participantes em uma determinada série de testes. Contudo como a simples média

aritmética dos dados obtidos pode não nos fornecer uma visão da confiabilidade dos dados obtidos, para tal recorreremos à mais usual das medidas de dispersão que é o desvio padrão, que é obtido pelo cálculo da raiz quadrada do valor da variância, sendo essa última o indicativo de quanto os valores estão “distantes” da média.

Tabela 13 - Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes e a média aritmética dos 13 participantes em um determinado teste e o desvio padrão dessa média.

Participante	Número de Acertos											
	3 Blocos				4 Blocos				5 Blocos			
	0°	36°	72°	108°	0°	36°	72°	108°	0°	36°	72°	108°
p1	13	14	13	14	14	14	13	13	12	11	11	11
p2	14	14	13	12	14	13	11	11	12	8	11	7
p3	14	14	13	14	12	12	13	11	12	9	10	6
p4	14	12	14	12	12	9	12	8	10	7	7	2
p5	14	13	12	11	12	12	11	5	8	5	7	1
p6	14	13	14	11	14	13	13	11	13	11	11	6
p7	14	14	13	12	14	14	14	11	13	11	12	5
p8	13	12	13	12	11	11	9	7	11	9	7	3
p9	14	13	14	14	14	13	14	10	12	8	9	6
p10	14	13	13	14	13	9	8	5	11	7	5	2
p11	14	14	14	13	14	13	14	12	13	12	12	13
p12	14	9	13	2	13	3	5	0	9	1	0	0
p13	14	11	7	5	14	9	11	4	12	9	6	4
Média por tipo de teste	13,85	12,77	12,77	11,23	13,15	11,15	11,38	8,31	11,38	8,31	8,31	5,08
Desvio Padrão	0,36	1,42	1,76	3,51	1,03	2,93	2,59	3,71	1,50	2,84	3,31	3,63

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Legenda:

Amarelo: Valor abaixo do intervalo de confiabilidade

Azul: Valor acima do intervalo de confiabilidade

Se estimarmos como intervalo de confiabilidade o compreendido entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão, verificamos a regularidade dos dados da pesquisa, uma vez que mais de 82% dos dados pesquisado se situaram, dentro desse intervalo. Os dados que se situaram fora do intervalo de confiabilidade estão destacados com cores em amarelo e em azul. Verifique a legenda abaixo da tabela 13, para identificar quais os dados que estão acima e quais os dados que estão abaixo do intervalo de confiabilidade.

4.4.3 Relacionando a capacidade disponível da Memória de Trabalho com os valores de desvio Padrão das médias aritméticas dos acertos de cada aluno

O gráfico 5 nos informa que o número de acertos do participante p12 (linha verde) no tradicional Teste de Blocos de Corsi (testes sem sacadas), é aproximadamente igual ao número de acertos dos demais participantes no teste com 3 Blocos e 4 blocos. Contudo

quando o participante p12 realiza os demais testes (com sacadas), verifica-se que seu desempenho na retenção de informações, quando comparado aos dos demais participantes passa a ser o pior. Isto nos leva a questionar até que ponto os resultados obtidos nos tradicionais Testes de Blocos de Corsi, refletem melhor a capacidade de retenção de informações espaciais de um sujeito do que Testes de Blocos de Corsi com sacadas intercaladas.

Por este motivo, calculamos a média de acertos de cada participante em todos os testes (com e sem sacadas), julgando que esta média reflita melhor a capacidade da Memória de Trabalho Espacial de cada participante, do que os resultados obtidos apenas através do tradicional Teste de Blocos de Corsi (sem sacadas).

Assim na tabela 14 a penúltima coluna do lado direito, apresenta para cada participante, a média de acertos deste participante em todos os testes. A apresentação desta média no desempenho mostrada na tabela 14 tem por objetivo disponibilizar um indicador da Capacidade de Memória de Trabalho Espacial de cada participante. Esta média, conforme veremos a seguir, nos forneceu um resultado interessante.

Tabela 14 - Número de acertos de cada participante nas 12 séries de 14 testes e a média aritmética dos números de acertos por participante (penúltima coluna) e o desvio padrão dessa média (última coluna).

Participante	Número de Acertos												Média do número de acertos para todos os testes por participante	Desvio Padrão
	3 Blocos				4 Blocos				5 Blocos					
	0°	36°	72°	108°	0°	36°	72°	108°	0°	36°	72°	108°		
p1	13	14	13	14	14	14	13	13	12	11	11	11	12,75	1,164
p2	14	14	13	12	14	13	11	11	12	8	11	7	11,67	2,173
p3	14	14	13	14	12	12	13	11	12	9	10	6	11,67	2,285
p4	14	12	14	12	12	9	12	8	10	7	7	2	9,92	3,353
p5	14	13	12	11	12	12	11	5	8	5	7	1	9,25	3,832
p6	14	13	14	11	14	13	13	11	13	11	11	6	12,00	2,160
p7	14	14	13	12	14	14	14	11	13	11	12	5	12,25	2,454
p8	13	12	13	12	11	11	9	7	11	9	7	3	9,83	2,853
p9	14	13	14	14	14	13	14	10	12	8	9	6	11,75	2,681
p10	14	13	13	14	13	9	8	5	11	7	5	2	9,50	3,926
p11	14	14	14	13	14	13	14	12	13	12	12	13	13,17	0,799
p12	14	9	13	2	13	3	5	0	9	1	0	0	5,75	5,309
p13	14	11	7	5	14	9	11	4	12	9	6	4	8,83	3,484

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

É interessante notar que dos treze participantes, sete (p12, p13, p5, p10, p8, p4, p2) obtiveram menor média de acertos que os outros seis participantes (p3, p9, p6, p7, p1, p11). A

tabela 14 revela que dos 13 participantes, coincidentemente os 7 (p12, p13, p5, p10, p8, p4, p2) que obtiveram menor média de acertos (menor média de retenção de informações espaciais), também apresentaram maior desvio padrão (vide última coluna da tabela 14) que os 6 participantes (p3, p9, p6, p7, p1, p11) que obtiveram a maior média de retenção de informações. Como se explica esta coincidência? Explicamos este resultado partindo da premissa de que o grupo dos 7 (p12, p13, p5, p10, p8, p4, p2), por ter apresentado menor desempenho nos testes de retenção de informações espaciais tenha uma menor capacidade de Memória de Trabalho Espacial. Esta menor capacidade da memória faz aumentar a probabilidade desses participantes errarem, aumentando também em razão desta maior probabilidade de erro, a incerteza quanto ao resultado esperado em relação à média, o que se reflete na maior dispersão, em relação à média, explicando-se assim o maior desvio padrão para o grupo dos 7 (p12, p13, p5, p10, p8, p4, p2) que obtiveram menor média.

5 CONCLUSÃO

Um ensino no qual a aprendizagem demanda um esforço mental que pode ultrapassar as limitações de capacidade da memória de trabalho prejudicará a aprendizagem. Deve-se, portanto, especialmente na aprendizagem de assuntos complexos, buscar sempre que possível reduzir a carga cognitiva na aprendizagem (SOUZA, 2014). Uma das formas de se reduzir a carga cognitiva associada a aprendizagem é através da elaboração de materiais instrucionais onde se minimize as situações de atenção dividida. Isto pode ser obtido substituindo-se o formato não integrado pelo formato integrado. A redução da busca visual em razão desta mudança de formato faz reduzir a carga cognitiva associada a busca visual entre as fontes correspondentes. Nesta tese investigamos se o fato de a busca visual afetar a quando a busca visual afeta carga cognitiva associada a busca visual seria em parte decorrente dos deslocamentos do olhar podem afetar a retenção de informações na memória de trabalho espacial.

Conforme vimos os experimentos de Pearson e Saharie (2003) e de Postle et al, (2006) demonstraram que um deslocamento do olhar provoca queda na retenção de informações, porém demonstraram isto para deslocamentos de ângulo muito superiores aqueles praticados no estudo de materiais instrucionais. Eles não investigaram se deslocamentos similares em amplitude aqueles praticados no estudo de materiais instrucionais são também capazes de afetar a retenção de informações. Eles também não investigaram como um aumento gradativo no deslocamento do olhar afeta a retenção de informações (SOUZA, 2015). Até onde é do nosso conhecimento, não existem relatos na literatura de que essas duas investigações tenham sido realizadas por outros pesquisadores.

Antes de realizar este experimento receávamos que as sacadas que utilizaríamos, por serem de amplitude bem menor que as utilizadas por Pearson e Saharie (2003) e Postle et al. (2006), eis que sacadas similares em amplitude as sacadas praticadas no estudo de um material instrucional, não fossem capazes de produzir um decaimento na retenção de informações na Memória de Trabalho. Apesar do nosso receio, os resultados de nosso experimento, demonstraram que mesmo as sacadas com amplitude de 18°, quando intercaladas a apresentação dos blocos em nosso experimento, foram capazes de provocar um decaimento de 14% no número de acertos para testes com 4 blocos, decaimento este considerado significativo por nossas análises estatísticas.

Buscamos simular os deslocamentos do olhar praticados no estudo de materiais instrucionais não apenas simulando deslocamentos do olhar com amplitudes similares as utilizadas no estudo de materiais instrucionais, mas também inovamos quando simulamos

como as sacadas são intercaladas as fontes de informação que integram em um material instrucional, intercalando a apresentação de dois Blocos de Corsi consecutivos, com sacadas, do bloco para a letra e da letra para o próximo bloco.

Para explicar como as sacadas interferem com a retenção de informações propusemos que as sacadas estariam interferindo tanto com a recitação quanto com o armazenamento. Propusemos que a recitação é suprimida pelas sacadas porque durante a realização das sacadas inviabiliza-se a livre utilização da atenção e a livre movimentação dos olhos. Propusemos que também o armazenamento de informações é afetado por sacadas em razão de a realização das sacadas demandar esforço mental, o que aumentaria a carga cognitiva sobre Memória de Trabalho afetando o armazenamento das informações espaciais, ou seja, afetando a retenção. Verificamos que esta hipótese de as sacadas gerarem carga cognitiva foi muito frutífera na medida em que diversas relações de causa e efeito entre os deslocamentos de olhar produzidos por sacadas e a retenção de informações espaciais, apenas conseguiram ser explicadas com a utilização desta hipótese. Experimentos futuros deverão ser elaborados especificamente para tentar detectar se de fato pelo menos parte do efeito das sacadas sobre a retenção pode ser atribuído a geração de carga sobre a Memória de Trabalho Espacial no ato de realização da sacada.

Nossos experimentos revelaram também como um aumento gradativo no deslocamento do olhar afeta a retenção de informações. Verificou-se que em algumas situações o aumento do deslocamento do olhar provocou uma diminuição na retenção de informações espaciais. Por exemplo, nos testes com 5 blocos, o percentual de acertos foi de 59,34% para deslocamentos do olhar de 36°, diminuindo para 32,26 % quando o deslocamento do olhar aumentou para 108°. Contudo, o aumento no ângulo do deslocamento do olhar nem sempre provocou uma diminuição do número de acertos. Por exemplo, nos testes com cinco blocos os participantes obtiveram o mesmo percentual de acertos (59,34%) tanto para o ângulo de 36° quanto para o ângulo de 72°. Contudo, quando comparamos as situações em que ocorreram sacadas com as situações em que não ocorreram sacadas verificamos que sempre que ocorreram sacadas a retenção de informações espaciais, independentemente da amplitude das sacadas. Quais são as implicações destes resultados para a explicação do efeito da atenção dividida?

Como em nosso experimento temos de memorizar as posições dos blocos, e como a tarefa de memorizar um conjunto de itens (a sequência de posições dos blocos no caso) é classificada como o mais baixo nível da aprendizagem na hierarquia da taxonomia de Bloom revisada (ANDERSON; KRATHWOHI, 2001), então pode-se afirmar que o deslocamento do

olhar quando afeta a capacidade de memorizar uma sequência de blocos, está afetando a aprendizagem em seu nível mais baixo. Ora como o Efeito da Atenção Dividida é o fato de a atenção dividida afetar a aprendizagem, então podemos concluir que, em nosso experimento, o deslocamento do olhar, por decorrer de uma situação de atenção dividida e afetar a aprendizagem³⁵, se caracteriza como um fator que contribui para o Efeito da Atenção Dividida. Esta nossa conclusão baseada em nossos resultados experimentais contradiz a Teoria da Carga Cognitiva, senão vejamos.

Para os teóricos da Teoria da Carga Cognitiva o fator que contribui para o Efeito da Atenção Dividida é a quantidade de busca entre as fontes correspondentes. Assim se duas fontes de informação correspondentes estão ligadas através de uma seta, é irrelevante se a distância que as separa é grande ou pequena pois como já existe uma sinalização indicando que ambas são fontes correspondentes, não há diferença na quantidade de busca pelo fato de as fontes estarem distantes ou próximas, não devendo a distância entre as fontes afetar a aprendizagem. Porém, contrariamente a este entendimento, nossos experimentos mostraram, que mesmo quando duas fontes correspondentes já estão indicadas através de uma seta, pode não ser irrelevante para a aprendizagem o fato de a distância entre as fontes de informação ser grande ou pequena. Por exemplo, conforme já vimos, em nosso experimento detectamos diferença na retenção de informações espaciais entre testes onde o participante tinha de deslocar seu olhar 36° e testes onde ele tinha de deslocar seu olhar 108°.

A interação entre o deslocamento do olhar e a retenção de informações espaciais que encontramos em nossos experimentos, esperamos também encontrar em outras situações onde o deslocamento do olhar também ocorra durante a retenção de informações espaciais. Por exemplo, em uma aprendizagem por imitação onde se aprende observando um vídeo, o deslocamento do olhar entre o local onde um vídeo é apresentado e o local onde está localizada a imagem ou estrutura sobre a qual o sujeito tenta replicar a sequência de informações espaciais mostradas no vídeo, pode afetar a retenção dessas informações espaciais. Vejamos cinco exemplos de situações deste tipo:

- 1) a sequência de posições dos dedos da mão esquerda no violão, mostradas por outra pessoa (em vídeo ou presencialmente) ao tocar uma sequência de acordes.
- 2) a sequência de passos para se dar um nó na gravata, mostradas por vídeo ou presencialmente.
- 3) a sequência de passos de um determinado tipo de dança.

³⁵ Afeta a aprendizagem não apenas em seu nível mais baixo (lembrar itens), mas também afeta aquela aprendizagem que depende da retenção destas informações.

- 4) a sequência de passos mostradas através de vídeo sem áudio no *YouTube*³⁶ sobre como se usa ou se conserta um aparelho, ou sobre como se usa um *software*.
- 5) uma sequência de movimentos corporais em um aparelho de ginástica.

Quando a sequência das informações espaciais estiver sendo apresentada em um local, e a repetição da sequência das informações espaciais estiver sendo feita pelo participante em outro local, deve-se, para evitar que o deslocamento do olhar entre esses dois locais possa produzir um significativo decaimento na retenção de informações, ter como diretriz manter os dois locais o mais próximo possível evitando-se assim grandes deslocamentos do olhar. Por exemplo, para alguém que ainda é um iniciante na aprendizagem de violão, caso ele vá assistir um vídeo que mostre como devem ir sendo posicionados os dedos no braço do violão para formar uma sequência de acordes, sugerimos que ele posicione a parte do braço do violão onde posicionará seus dedos, o mais próximo possível do local onde o vídeo estará sendo apresentado, para evitar que grandes deslocamentos do olhar afetem a retenção das informações sobre as posições dos dedos. É oportuno registrar que também nas situações em que o aluno desloca o seu olhar do quadro para o caderno para fazer anotações de uma aula, experimentos confirmaram a ocorrência do efeito da Atenção Dividida. Conjecturamos Contudo analisaremos essa situação específica mais adiante, quando tratarmos de situações envolvendo textos.

Outro exemplo de situação onde conjecturamos possam as sacadas decorrentes da atenção dividida afetar a aprendizagem de conteúdos espaciais é na aprendizagem de tarefas procedimentais de Ciências ou de Matemática apresentadas através de material instrucional com formato não-integrado. As sacadas interfeririam com a aprendizagem dos conteúdos espaciais de uma tarefa procedimental.

Conforme vimos, em situações onde as informações espaciais retidas na Memória de Trabalho foram extraídas da apresentação de sequências de Blocos de Corsi, assim como em situações similares, o deslocamento do olhar é um fator que pode afetar o Efeito da Atenção Dividida. Pergunta-se: O fato de não termos utilizado materiais instrucionais com texto em nosso experimento torna inválida a proposta de que o deslocamento do olhar seja um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida também em situações onde as informações espaciais retidas na Memória de Trabalho tenham sido extraídas de textos? Não. Esta relação de causa e efeito entre o deslocamento do olhar e o decaimento na retenção das

³⁶ Vídeos sem áudio mostrando algum procedimento são comumente encontrados no *you tube*. Estes vídeos apresentam texto apenas no seu título.

informações espaciais na Memória de Trabalho deve permanecer válida independentemente de qual seja a fonte de onde foram extraídas as informações espaciais, vale dizer, as informações espaciais retidas na Memória de Trabalho serão afetadas da mesma forma pelo deslocamento do olhar, quer estas informações espaciais tenham sido extraídas da leitura de um texto com conteúdo espacial, quer estas informações tenham sido obtidas da observação de uma apresentação de uma sequência de posições de Blocos de Corsi. Portanto, podemos concluir que o deslocamento do olhar é um fator que contribui para o Efeito da Atenção Dividida também mesmo em situações onde as fontes das informações retidas na Memória de Trabalho tenham sido extraídas de textos com conteúdo espacial.

Porém, pode acontecer de, em razão da dinâmica da realização das sacadas (frequência, momento de realização da sacada, amplitude, etc) envolvidas na extração de informações da apresentação de uma sequência de Blocos de Corsi, ser diferente da dinâmica da extração de informações de um texto com conteúdo espacial, o impacto do efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais oriundas da leitura de textos, ter uma magnitude diferente do impacto que tem sobre as informações espaciais provenientes das sequências de posições de blocos em nossos experimentos. Portanto, nossa conclusão tem uma ressalva. Concluímos que o efeito do deslocamento do olhar produzido por sacadas é sim um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida, faltando apenas determinar experimentalmente a extensão do impacto deste fator em materiais instrucionais.

Outros dois argumentos que fundamentam nossa conclusão de que o efeito do deslocamento do olhar é um fator que contribui para o Efeito da Atenção Dividida são os seguintes:

- 1) Pazzaglia, De Beni e Meneghetti (2007) demonstraram que, o *tapping* espacial, que é uma tarefa espacial, interfere com a retenção de informações oriundas de textos espaciais, logo pode-se supor que o deslocamento do olhar durante o estudo de materiais instrucionais com texto e figura, que também é uma tarefa espacial, deve também interferir com a retenção de informações espaciais extraídas destes textos.
- 2) A interferência dos deslocamentos do olhar sobre a retenção de informações espaciais provenientes de textos com conteúdo espacial³⁷, já encontra suporte empírico em Postle et al. 2006), muito embora eles tenham utilizado um deslocamento do olhar de 144°, portanto maior que os praticados no estudo de materiais instrucionais.

³⁷ É importante registrar que os textos com conteúdos espaciais em Postle et al. (2006) não eram materiais instrucionais típicos. Estes textos apenas indicavam a sequência de posições em um tabuleiro.

Existe uma outra evidência de que um dos fatores a contribuir com o Efeito da Atenção Dividida são os deslocamentos do olhar provocados pelas sacadas. Como estas sacadas afetam a retenção de textos com conteúdo espaciais, então prevê-se que os deslocamentos do olhar apenas devem contribuir para o Efeito da Atenção Dividida quando os textos utilizados nestes experimentos contiverem alto nível de conteúdo espacial. Um indício de que esta nossa previsão está correta, é o fato de os textos utilizados em vários dos experimentos que confirmaram o Efeito da Atenção Dividida, coincidentemente serem textos com alto nível de conteúdo espacial. Vejamos alguns exemplos desses experimentos onde encontramos textos com conteúdo espacial:

a) no experimento de Chandler e Sweller (1991, p. 319) encontramos, por exemplo, os seguintes trechos de texto com conteúdo espacial: “Sangue vindo dos pulmões flui para átrio esquerdo [...] Quando os ventrículos se contraem o sangue é expulso do ventrículo direito para a artéria pulmonar.”;

b) no experimento de Mayer e Anderson (1994) encontramos o seguinte texto com conteúdo espacial:

Quando o motorista pisa no pedal do freio um pistão se move para frente dentro do cilindro. O pistão do freio expulsa o fluido através dos tubos para os cilindros da roda. Nos cilindros da roda, o aumento da pressão do fluido faz um conjunto de pistões menores se mover para fora. Estes pistões menores ativam as sapatas dos freios. Quando as sapatas do freio pressionam o tambor, a roda para ou fica mais lenta (MAYER; ANDERSON, 1992, p. 446).

c) em Tindall-Ford; Chandler e Sweller (1997, p.253) encontramos diversos trechos de texto semelhantes ao seguinte trecho: “Retire o fio terra do pino ativo e coloque-o no pino neutro. Pressione o botão de teste novamente.”;

d) no experimento de Sweller e Chandler (1994, p. 215) encontramos o seguinte texto: “Estas teclas movem o cursor para a primeira letra da próxima palavra. Estas teclas movem o cursor para a primeira letra da palavra anterior.”. Em outro experimento relatado no mesmo artigo encontramos diversos trechos semelhantes ao seguinte trecho: “Desenhe uma linha desde a posição (31, 31) até a posição (40, 40)” (SWELLER; CHANDLER, 1994, p. 200).

Sugerimos aqui que nos experimentos referidos nos itens a), b), c) e d), as sacadas decorrentes das situações de atenção dividida criadas nestes experimentos, contribuíram para a geração do Efeito da Atenção Dividida em razão de os textos destes experimentos apresentarem conteúdo espacial.

Outra situação onde também prevemos que possa ocorrer a interação do deslocamento do olhar com a informação espacial retida na Memória de Trabalho é quando um aluno ao assistir uma aula, desloca o seu olhar das anotações feitas pelo professor no quadro até o seu caderno onde deve registrar suas observações. Existem alguns experimentos que tem confirmado a existência do Efeito da Atenção Dividida quando os alunos fazem anotações da aula que assistem (RICKARDS et al., 1997; PIOLAT; OLIVE; KELLOGG, 2005). Contudo nessas pesquisas não se cogita da possibilidade de o próprio deslocamento do olhar ser um dos fatores que contribuem para o Efeito da Atenção Dividida. Pesquisas futuras deverão buscar evidências de que o efeito da atenção dividida em situações onde o aluno faz anotações durante uma aula, pode ser explicado, em parte como sendo resultante de as sacadas do quadro para o caderno e do caderno para o quadro, interagirem com o conteúdo espacial por ventura existente no material instrucional apresentado pelo professor.

É importante registrar que no âmbito da Teoria da Carga Cognitiva, embora o Efeito da Atenção Dividida já tenha sido demonstrado por centenas de experimentos, a hipótese que explica este efeito ainda precisa ser demonstrada experimentalmente. Segundo esta hipótese explicativa, o Efeito da Atenção Dividida ocorre em razão da carga cognitiva despendida na busca pelas fontes correspondentes. Contudo, inexistente uma demonstração experimental comprovando ser a carga cognitiva despendida na busca o fator responsável pelo Efeito da Atenção Dividida. Isto é precisamente o que Ayres (2012), um dos principais teóricos da Teoria da Carga Cognitiva revela:

Os teóricos da Teoria da Carga Cognitiva argumentam que um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da carga cognitiva durante a atenção dividida é a quantidade de busca que deve ser feita para relacionar e integrar as várias fontes de informação. Embora esta explicação seja altamente plausível, o papel da busca não foi ainda verificado independentemente. Um desafio permanente para a TCC tem sido fornecer evidências que deem suporte ao argumento da busca (AYRES; PAAS, 2012, p. 137).

Antes de explicar, nossa proposta de utilizar o efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais para explicar o Efeito da Atenção Dividida é oportuno transcrever aqui, uma declaração de apoio a minha pesquisa, em uma mensagem gravada que me foi enviada por John Sweller criador da Teoria da Carga Cognitiva e descobridor do Efeito da Atenção Dividida, mensagem esta que compartilhei no dia da Defesa desta Tese.

Tenho me comunicado com Nelson por algum tempo sobre as influências das sacadas na cognição. Existe alguma evidência de que durante as sacadas os processos cognitivos são suprimidos. Nelson e eu estamos no momento investigando procedimentos nesta possibilidade interessante que Nelson sugeriu.guardo com expectativa esta colaboração. Caso isto seja correto, este achado pode se constituir em um fator causal para o Efeito da Atenção Dividida. (SWELLER, 2015, não paginado).

Nossa conclusão de que o deslocamento do olhar pode ser um fator contribuinte para o efeito da Atenção Dividida inclusive para situações envolvendo o estudo de materiais instrucionais pode explicar em parte como surge o Efeito da Atenção Dividida. Defendemos que existem dois tipos de carga geradas durante a busca. Aquela gerada pelo esforço cognitivo para a realização das sacadas durante a busca, e aquela gerada pelo esforço cognitivo que se faz quando se testa se duas fontes são ou não fontes correspondentes. Ou seja, defendemos que durante a busca são gerados dois tipos diferentes de cargas: uma carga gerada em razão da busca física (expressa em termos do número de sacadas e de suas amplitudes) e uma carga gerada em razão da busca semântica (verificação, na busca pela fonte correspondente, se determinada fonte é ou não uma fonte correspondente).

Nesta tese apenas investigamos experimentalmente a carga cognitiva gerada pela busca física. O fato de não termos investigado se existe uma carga cognitiva gerada em razão da busca semântica, não nos permite descartar a priori esta possibilidade. Portanto, não podemos considerar nossa explicação para o Efeito da Atenção Dividida, que se refere exclusivamente ao aspecto físico da busca, como sendo uma explicação integral, mas sim uma explicação parcial deste efeito.

Nossa hipótese explicativa decorre do resultado mais importante obtido em nossos experimentos. Verificamos que sempre que sacadas foram inseridas na apresentação dos Blocos de Corsi, fosse qual fosse a sua amplitude, o número de acertos nos testes de retenção foi sempre estatisticamente significativamente inferior quando comparado ao número de acertos nos testes em que não houve a inserção de sacadas na apresentação dos blocos. Este resultado confere um papel especial para as sacadas na explicação do Efeito da Atenção Dividida, senão vejamos.

O Efeito da Atenção Dividida é o fato de se aprender mais eficientemente quando se estuda a partir de um material que apresenta formato integrado ao invés de um material que possua formato não-integrado. Vejamos como o Efeito da Atenção Dividida pode ser explicado parcialmente como sendo decorrente do esforço cognitivo para realizar as sacadas durante a busca física.

Quando um material instrucional é apresentado em formato não-integrado, a busca pela fonte correspondente é aleatória. Isto significa que no estudo deste material diversas fontes eventualmente serão testadas antes que efetivamente se encontre a fonte correspondente. Como no material instrucional em formato integrado já existe uma sinalização indicando quais são as fontes correspondentes, o número de sacadas realizadas no estudo de materiais integrados deverá ser menor do que o número de sacadas realizadas no estudo de materiais com formato não integrado. Como um maior número de sacadas resulta em um maior deslocamento do olhar, e como o maior deslocamento do olhar produz um maior decaimento na retenção de informações espaciais, pode-se concluir que no estudo de materiais instrucionais com conteúdo espacial, a quantidade de informações espaciais que se conseguirá memorizar será maior caso o material a ser estudado seja apresentado em formato integrado ao invés de formato não-integrado.

Como a memorização é considerada como aprendizagem de baixo nível hierárquico na taxonomia de Bloom, o deslocamento do olhar ao afetar a memorização estará afetando a aprendizagem em seu nível mais baixo. Além disso, quando se afeta a memorização não apenas se afeta a aprendizagem de mais baixo nível como também se afeta a aprendizagem de mais alto nível que dependa dessa memorização. Assim, como no estudo de materiais com formato integrado, o número de sacadas praticadas é menor que no estudo de materiais com formato não-integrado, a aprendizagem relacionada a memorização de informações espaciais deve ser mais eficiente quando se aprende a partir de materiais instrucionais com formato integrado do que quando se aprende através de materiais com formato não-integrado, explicando-se assim o Efeito da Atenção Dividida.

Esta é uma explicação parcial³⁸ pois esta explicação não abrange o efeito da busca semântica, se restringindo apenas ao efeito da busca física (efeito da carga cognitiva e da supressão da recitação decorrentes do deslocamento do olhar). É também uma explicação parcial, pois se refere apenas aqueles materiais instrucionais com conteúdo predominantemente espacial, pois o esforço cognitivo e a supressão de recitação que tem origem nas sacadas afetam predominantemente, a retenção de informações na Memória de Trabalho Espacial, em razão das sacadas serem tarefas espaciais clássicas.

Em suma, o Efeito da Atenção Dividida que é o fato de se aprender mais eficientemente a partir do estudo de materiais instrucionais com conteúdo espacial e com

³⁸ A explicação integral deve envolver não apenas o esforço cognitivo e a supressão da recitação produzidos na realização de sacadas (busca física) como também o esforço cognitivo associado a busca semântica. Esta tese, embora proponha de forma genérica a existência de uma busca semântica, restringe o foco de sua investigação à busca física.

formato integrado ao invés de formato não-integrado, pode ser explicado como sendo devido ao menor número de sacadas praticadas no estudo do material instrucional com formato integrado do que com formato não-integrado. Isto significa que as sacadas têm um papel central na explicação do Efeito da Atenção Dividida relativo a aprendizagem de materiais com conteúdo predominantemente espacial.

Contudo esta explicação, embora em princípio seja possível, eis que conforme demonstramos o deslocamento do olhar é sempre um fator que contribui para o efeito da Atenção dividida, o seu domínio de validade somente poderá ser de fato estendido para materiais instrucionais, caso verifiquemos experimentalmente que o impacto das sacadas tipicamente praticadas no estudo de materiais instrucionais é suficiente para afetar significativamente a retenção das informações espaciais extraídas de um material instrucional. Num futuro próximo, realizaremos experimentos com materiais instrucionais com conteúdo espacial para determinar se a extensão do impacto do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais nos possibilitará generalizar para experimentos envolvendo materiais instrucionais, o efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais que obtivemos com experimentos envolvendo apenas Blocos de Corsi.

Por fim, com relação a esta possibilidade de fazermos esta generalização, é importante registrar que, durante os debates que se seguiram após a minha apresentação dos resultados experimentais desta tese no 8º Congresso Internacional da Teoria da Carga Cognitiva na Colorado State University de Fort Collins³⁹, John Sweller, autor da Teoria da Carga Cognitiva e descobridor do Efeito da Teoria da Carga Cognitiva, comentou que será espetacular se eu conseguir fazer esta generalização, pois isto poderia ser utilizado para explicar o Efeito da Atenção Dividida. Para participar destas futuras investigações, convidamos o Dr John Sweller, que aceitou cooperar nesta pesquisa, já tendo inclusive sugerido ideias gerais sobre para este futuro experimento que realizaremos.

Caso no futuro consigamos demonstrar que os resultados que obtivemos com os experimentos desta tese podem ser generalizados para experimentos com materiais instrucionais, isso nos permitirá:

- a) propor que seja incorporado ao Princípio da Atenção Dividida a recomendação de, ao se elaborar um material instrucional, buscar reduzir a distância entre as fontes de informação. Isso significa que, ainda quando exista uma sinalização indicando quais

³⁹ Maiores detalhes do trabalho que apresentei neste congresso sobre os resultados de minha tese podem ser encontrados em:< <http://www.iclta.net/icltc2014photos/ICLTC2015%20Handbook.pdf>>.

são as fontes correspondentes, ainda assim, a distância entre estas fontes deverá ser reduzida para minimizar os deslocamentos do olhar;

b) explicar que a aprendizagem é mais eficiente quando se estuda a partir de materiais instrucionais com formato integrado ao invés de formato não integrado, explicando que o número de sacadas é maior no formato não integrado que no formato integrado.

E por fim, observando-se o gráfico verifica-se que o desempenho do participante p12 (linha verde escuro) foi muito pior que o desempenho de todos os 13 participantes em todos os testes onde foram entremeadas sacadas a apresentação dos Blocos de Corsi. Contudo, o desempenho do participante p12 melhora sensivelmente em relação aos demais participantes, naqueles testes onde a mesma sequência de blocos é apresentada, porém sem a intercalação de sacadas. Este melhor desempenho nos testes sem sacadas se verifica especialmente nos testes sem sacadas com 3 blocos, onde o participante p12 obtém 100% de acertos e nos testes sem sacadas com 4 blocos onde também seu número de acertos está entre os melhores da turma. Isto demonstra o imenso impacto que as sacadas têm na retenção de informações espaciais em nossa versão dos Blocos de Corsi. Caso em experimentos futuros consigamos fazer a generalização dos resultados dos nossos experimentos (com Blocos de Corsi) para experimentos com materiais instrucionais, poderemos afirmar que alunos com desempenho semelhante ao de p12, terão também dificuldades no estudo de materiais instrucionais com formato não-integrado, onde o número de sacadas é bem maior que o número de sacadas do formato integrado. Neste caso, será bastante útil particularmente para alunos com este perfil, a recomendação de que o professor se certifique de que nos materiais instrucionais que disponibiliza para seus alunos as fontes correspondentes sejam identificadas através da sinalização (formato integrado) e que as distâncias entre todas as fontes correspondentes já estejam reduzidas.

Contudo, não cabe apenas ao professor evitar que os alunos utilizem materiais que tenham formato não-integrado, isto cabe também aos próprios alunos. É oportuno registrar que na Austrália, onde todos os alunos de todas as escolas possuem *tablets*, existem experimentos recentes onde, tendo em vista o Efeito da Atenção Dividida, se ensina ao próprio aluno a detectar e modificar formatos que induzam a atenção dividida em materiais instrucionais. Estes experimentos realizados na Austrália têm confirmado ser esta uma medida que favorece a aprendizagem (GORDON et al., 2015).

É importante notar que nossa versão do Teste dos Blocos de Corsi apresenta uma vantagem em relação a versão tradicional dos Testes dos Blocos de Corsi. Conforme vimos, quando comparamos a diferença no desempenho dos alunos mostrada no gráfico 5

verificamos que nos testes onde os alunos não realizam sacadas as diferenças de desempenho entre os alunos são menores se tornando acentuadamente maiores quando estes realizam testes com sacadas. Ora, como os testes sem sacadas são os tradicionais Testes de Blocos de Corsi, pode-se concluir que nossa versão dos Testes de Blocos de Corsi onde inserimos sacadas, por mostrarem uma diferenciação mais acentuada no desempenho dos 13 participantes é mais precisa do que o tradicional Blocos de Corsi na “percepção” das diferenças individuais no que diz respeito a retenção de informações espaciais na Memória de Trabalho. Pesquisas futuras deverão confirmar esta nossa interpretação dos resultados.

Enfim, em linhas gerais concluímos que a utilização dos Blocos de Corsi como instrumento de medida da retenção de informações espaciais, ao permitir mensuração dos efeitos dos deslocamentos do olhar produzidos por sacadas similares as utilizadas no estudo de materiais instrucionais, nos revelaram não apenas que estas sacadas são capazes de afetar a retenção de informações espaciais como também nos revelaram como a variação no deslocamento do olhar produzida por sacadas de 18° 36° e 54° afeta a retenção das informações espaciais. Estes resultados contribuem para avançar a pesquisa em Neurociência sobre a relação entre o deslocamento do olhar produzido por sacadas e a retenção de informações espaciais.

Estes resultados também têm implicações para a explicação do Efeito da Atenção Dividida e para o Princípio da Atenção Dividida. Caso os resultados de nossos experimentos tivessem demonstrado que sacadas de amplitudes (18°, 36° e 54°) compatíveis com as amplitudes das sacadas praticadas no estudo de materiais instrucionais não são capazes de afetar a retenção de informações espaciais isto invalidaria de pronto qualquer pretensão de se pesquisar a possibilidade de o efeito do deslocamento do olhar ser considerado o fator causal do Efeito da Atenção Dividida no estudo de materiais instrucionais. Por isso, os resultados de nossos experimentos, na medida em que validaram a possibilidade de o efeito do deslocamento do olhar ser um fator causal para o Efeito da Atenção Dividida em materiais instrucionais com conteúdo espacial, tem o mérito de validar e inaugurar esta linha de pesquisa onde se busca explicar o Efeito da Atenção Dividida como sendo causado pelo efeito do deslocamento do olhar sobre a retenção de informações espaciais. Continuaremos a perseguir esta linha de pesquisa que inauguramos, agora com a colaboração já acordada com o próprio descobridor do Efeito da Atenção Dividida, John Sweller.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Ed.). **A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition**, New York: Longman, 2001.

AYRES, P.; SWELLER, J. The split-attention principle in multimedia learning. In: MAYER, R. E. (Ed.). **Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005. p. 135-147.

AYRES, P.; VAN GOG, T. State of the art research into Cognitive Load Theory. **Computers in Human Behavior**, n. 25. p. 253-257, 2009.

AYRES, P.; PAAS, F. New directions and challenges to Cognitive Load Theory. **Applied Cognitive Psychology**, v. 26, n. 6, p. 827-894, 2012.

ARANHA, G.; FRANCO, A. **Caminhos da Neuroeducação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciências e Cognição, 2012.

AWH, E., JONIDES, J.; REUTER-LORENZ, P. A. Rehearsal in spatial working memory. **Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance**, v.24, n. 3, p.780 -790, 1998.

AWH, E.; JONIDES, J. Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 5, n. 3, p. 119–126, 2001.

AWH, E.; ARMSTRONG, K. M.; MOORE, T. Visual and oculomotor selection: links, causes and implications for spatial attention. **Trends in Cognitive Sciences**, n. 10, p.124–130, 2006.

BADDELEY, A. D. et al. Imagery and visual working memory. In: RABBITT, P. M. A.; DORNIC, S. (Ed.). **Attention and Performance**. London: Academic Press, 1975. p. 205–217.

BADDELEY, A. Working memory. **Science**, v. 255, p. 556-559, 1992.

_____. Working memory: looking back and looking forward. **Nature Reviews: Neuroscience**, v. 4, p. 829-839, 2003.

_____. **Working Memory thought and action**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

BADDELEY, A.; EYSENCK, M.; ANDERSON, M. **Memory**. New York: Psychology Press, 2009.

BARROUILLET, P.; PORTRAT, S.; CAMOS, V. On the law relating processing to storage in working memory. **Psychological Review, American Psychological Association**, v.118, n. 2, p.175-92, 2011.

BAUHOFF, V.; HUFF, M.; SCHWAN, S. Distance matters: spatial contiguity effects as trade-off between gaze switches and memory load. **Applied Cognitive Psychology**, n. 26, p. 863-871, 2012.

BRUKEN, R. et al. Assessment of cognitive load in multimedia learning using dual-task methodology. **Experimental Psychology**, n. 49, p. 109-119, 2002.

BUCHSBAUM, B. R.; D' ESPOSITO, M. **The Oxford Handbook of Cognitive Neuroscience**. Oxford: Oxford University Press, 2013. v. 1.

CARPENTER, R. H. **Movements of the Eyes**. London: Pion, 1988.

CHANDLER, P.; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. **Cognition and Instruction**, n. 8, v. 4, p. 293-332, 1991.

CLARK, R. C.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load**. San Francisco: John Wiley & Sons, 2006.

CLARK, R. C.; MAYER, R. **E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning**. 2. ed. San Francisco: John Wiley, 2009.

COOPER, G. **Research into cognitive load theory and instructional design at UNSW, 1998**. Disponível em: <<http://dwb4.unl.edu/Diss/Cooper/UNSW.htm>>. Acesso: 10 maio 2013.

COWAN, N. The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. **The Behavioral and Brain Sciences**, n. 24, p. 87-185, 2001.

_____. The magical mystery four: how is working memory capacity limited, and why. **Current Directions in Psychological Science**, n. 19, p. 51-57, 2009.

CROOKS, S. et al. Modality and cueing in multimedia learning: examining cognitive and perceptual explanations for the modality effect. **Computers in Human Behavior**, n. 28, p. 1063-1071, 2012.

DAVIES G. M.; LOGIE, R. H. **Memory in everyday life**. Amsterdam. New Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1993.

DE BENI, R. et al. Visuospatial working memory and mental representation of spatial descriptions. **European Journal of Cognitive Psychology**, v. 17, n. 1, p. 77-95, 2005.

DE JONG, T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. **Instructional Science**, v. 38, n.2, p. 105-134, 2009.

DEYZAC. E.; LOGIE R. H.; DENIS, M., Visuospatial working memory and the processing of spatial descriptions. **British Journal of Psychology**, v. 97, n.2, p. 217–243, 2006.

DE RENZI, E.; NICHELLI, P. Verbal and non-verbal short-term memory impairment following hemispheric damage. **Cortex**, v.4, n. 11, p. 341-54, 1975.

DELLA SALA et al., Pattern span: A tool for unwelding visuo-spatial memory. **Neuropsychologia**, n. 37, p. 1189–1199, 1999.

DELLA SALA, S.; ANDERSON, M. **Neuroscience in education: the good, the bad, and the ugly**. New York: Oxford University Press, 2012.

FARAH, M. J. Is Visual Imagery Really Visual? Overlooked Evidence From Neuropsychology. **Psychological Review**, v. 95, n. 3, p. 307-317, 1988.

FENESI, B. et.al. Reconceptualizing Working Memory in Educational Research. **Educational Psychology Review**. v.27, n.2, p.333-351, 2015.

FEYNMAN, R. P. **The Feynman Lectures on Physics**. Massachusetts: Addison-Wesley; Reading, 1964.

FLORAX, M.; PLOETZNER, R. What contributes to the split-attention effect? The role of text segmentation, picture labeling, and spatial proximity. **Learning and Instruction**, n. 20, p. 216-224, 2010.

GALERA, C.; GARCIA, R.; VASQUES R. Componentes funcionais da memória visuoespacial. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, 2013.

GINNS, P. Meta-analysis of the modality effect. **Learning and instruction**, n. 15, p. 313-331, 2006.

GORDON, C. et al. Learning from instructor managed and self-managed split-attention materials. **Applied Cognitive Psychology**, 2015.

GYSELINCK, V.; JAMET, E.; DUBOIS, V. The role of working memory components in multimedia comprehension. **Applied Cognitive Psychology**, n. 22, p. 353-374, 2008.

HEGARTY, M. Mental animation: Inferring motion from static displays of mechanical systems. **Journal of Experimental Psychology: learning, memory, and cognition**, n. 18, p. 1084 -1102, 1992.

JOHANSSON, R. et al. Eye movements during scene recollection have a functional role, but they are not reinstatements of those produced during encoding. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance**, v. 38, n. 5, p.1289–1314, 2012.

JONES, S. et al. Productivity in educational Psychology journals from 2003 to 2008. **Contemporary Educational Psychology**, v. 35, n.1, p. 11-16, 2010.

KALYUGA, S.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. **Applied Cognitive Psychology**, n. 13, p. 351-371, 1999.

KLAUER, K., ZHAO, Z. 2004. Double dissociations in visual and spatial short-term memory. **Journal of Experimental. Psychology**: n.133, p. 355–81, 2004.

LAWRENCE, B. M.; MYERSON, J.; OONK, H. M. The effects of eye and limb movements on working memory. **Memory**, n. 9, p. 433-444, 2001.

LAWRENCE, B.; MYERSON, J.; ABRAMS, R. Interference with spatial working memory: an eye movement is more than a shift of attention. **Psychonomic Bulletin & Review**, v.11, n. 3, p. 488-494, 2004.

LOGIE, R.; DELLA SALA, S. **England handbook of memory disorders**. England: John Wiley & Sons, 2002.

LOGIE, R. H.; MARCHETTI, C. Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive? In: LOGIE, R. H.; DENIS, M. (Ed.) **Mental Images in Human Cognition**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 105-115.

MARCUS, N.; COOPER, M.; SWELLER, J. Understanding Instructions. **Journal of Educational Psychology**. v.88, n.1, p.49-63, 1996.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. Cambridge: University Press, 2009.

MAYER, R. E.; ANDERSON, R. The Instructive Animations: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. **Journal of Educational Psychology**, v.84, n. 4, p. 444-452, 1992.

MERRIENBOER, J.; SWELLER, J. Cognitive Load theory and complex learning: recent developments and future directions. **Educational Psychology Review**, v. 17, n. 2, p. 147-176, 2005.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, n. 63, p. 81-97, 1956.

MILNER, B. Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. **British Medical Bulletin**, n. 27, p. 272-277, 1971.

MORRONE, C.; ROSS, J; BURR, D. Saccadic eye movements cause compression of time as well as space. **Nature Neuroscience**, v.8, n. 7, p. 950-954, 2005.

OH, S.H.; KIM, M. K. The role of spatial working memory in visual search efficiency. **Psychonomic Bulletin & Review**, v.11, n.2, p. 275-281, 2004.

OI, Y. et al. Fixation Effects on Forward and Backward Recall in Spatial Working Memory Task. **Psychology**, n. 5, p. 727-733, 2015.

OLSEN, R. et al. The relationship between delay period eye movements and visuospatial memory. **Journal of Vision**, v. 14, n.8, p. 1-11, 2014.

ORSINI, A., PASQUADIBISCEGLIE, M.; PICONE, L. Factors which influence the difficulty of the spatial path in Corsi Block-Tapping Test. **Perceptual Motor Skills**, p. 732-738. 2001.

PAAS, F. et al. Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. **Educational Psychologist**, v.38, p. 63-71, 2003.

PASSARO, A. et al. Explorations of object and location memory using fMRI. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 7, p. 105, 2013.

PAZZAGLIA, F.; DE BENI, R.; MENEGHETTI, C. The effects of verbal and spatial interference in the encoding and retrieval of spatial and nonspatial texts. **Psychological Research**, v. 71, p. 484-494, 2007.

PAZZAGLIA, F.; CORNOLDI, C. The role of distinct components of visual-spatial working memory in the processing of texts. **Memory**, n. 7, p. 19-41, 1999.

PEARSON, D.; BALL, T.; SMITH, D. Oculomotor preparation as a rehearsal mechanism in spatial working memory. **Cognition**, n.132, p.416-428, 2014.

PEARSON, D.; SAHARIE, A. Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v. 7, n. 56, p. 1089-1111, 2003.

PEARSON, G.; LOGIE, R.; GILHOOLY, K. Verbal representations and spatial manipulation during mental synthesis. **European Journal of Cognitive Psychology**, v.11, n.3, p.295-314, 1999.

PETERSON, L.; PETERSON, M. Short-term retention of individual verbal items. **Journal of Experimental Psychology**, n.58, p.193, 1959.

PIOLAT, A., OLIVE, T.; KELLOGG, R.T. Cognitive effort during note taking. **Applied Cognitive Psychology**, n.19, 291-312, 2005.

POSTLE, B. et al. The selective disruption of spatial working memory by eye movements. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 59, n.1, p.100–120, 2006.

PURVES, D. **Neuroscience**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2001.

QUINN, J. G. Towards a clarification of spatial processing. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.47, p.465–480, 1991.

QUINN, J. G.; RALSTON, G. E. Movement and attention in visual working memory. **The quarterly Journal of experimental Psychology**, v.38, n.4, p.689-703, 1986.

REPOVS, G.; BADDELEY, A. The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. **Neuroscience**, n. 139, p. 5-21, 2006.

RICKARDS, J. P. et al. Signaling, note taking, and field independence-dependence in text comprehension and recall. **Journal of Educational Psychology**, v. 89, n.3, p.408–417, 1997.

ROMERO, K.; SILVERTRI, L. The role of mental practice in the acquisition and performance of motor skills. **Journal of Instructional Psychology**, n.17, 218-221, 1990.

SCHMIDT-WEIGAND, F.; SCHEITER, K. The role of spatial descriptions in learning from multimedia. **Computers in Human Behavior**, n. 27, p. 22-28, 2011.

SCHMIDT - WEIGAND, F., KOHNERT, A.; GLOWALLA, U. A closer look at split visual attention in system- and self-paced instruction in multimedia learning. **Learning and Instruction**, n. 20, p. 100-110, 2010.

SCHNOTZ, W. An integrated model of text and picture comprehension. In: MAYER, R. E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Cambridge: University Press, 2005. p. 49-69.

SCHUELER, A.; SCHEITER, K.; GERJETS, P. Does the modality effect in multimedia learning appear only with text containing spatial information? **Zeitschrift für Pädagogische Psychologie**, n. 25, p. 257-267, 2011.

SCHÜLER, A.; SCHEITER, K.; GERJETS, P. The role of the visuo-spatial sketchpad in multimedia learning: Do spatial text contents interfere with picture processing? In:

SCHUELER, A. et al. The role of working memory in multimedia instruction: is working memory working during learning from text and pictures? **Educ. Psychol. Review**, n. 23, p. 389-411, 2011.

SMYTH, M.; PEARSON, N. PENDLETON, L. Movement and working memory: patterns and positions in space. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v.40, p. 497-514, 1988.

SMYTH, M.; PENDLETON, L. Working memory for movements. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, p. 235-250, 1989.

SOUZA, N. **Teoria da carga cognitiva: origem, desenvolvimento e diretrizes de aplicação ao processo ensino aprendizagem**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ensino de Matemática) - Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SOUZA, N.; VALENTE, A. Debatendo a Eficiência da Metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas. Uma proposta de solução: a transição de metodologias. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013. Águas de Lindóia, SP. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1384-1.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2013.

SOUZA, N.; VALENTE, A. Aprendizagem completamente dirigida versus aprendizagem minimamente dirigida: uma solução conciliatória. *Ciências & Cognição*, v. 19, n 1, p. 76-85, 2014. Disponível em <http://www.cienciasecognicao.org>

SOUZA, N. et al. The Effect of Gaze Motion on the Retention of Spatial Information: implications for the Split Attention Effect. In: COGNITIVE LOAD THEORY INTERNATIONAL CONFERENCE, State University em Fort Coliins, 2015. Disponível em: <<http://www.iclta.net/icltc2014photos/ICLTC2015%20Handbook.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2013.

SWELLER, J. et al. Cognitive load and selective attention as factors in the structuring of technical material. **Journal of Experimental Psychology**, p. 176-192, 1990.

SWELLER, J. **Instructional design in technical areas**. Victoria, Australia: Council for Educational Research; Camberwell, 1999.

SWELLER, J.; CHANDLER, A. Why some materials are difficult to learn. **Cognition and instruction**, v. 12, n. 3, p. 185-233, 1994.

SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: MAYER, R. E. (Ed.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge: University Press, 2005. p. 19-30.

SWELLER, J.; MERRIENBOER, J.; PAAS, F. Cognitive architecture and instructional design. **Educational Psychology Review**, n.10, p.251-296, 1998.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive Load Theory**. New York: Springer, 2011.

SWELLER, J. Human cognitive architecture. In: DRISCOLL, M. P. **Handbook of Research on Educational Communications and Technology**. New York: Lawrence, 2008.

SWELLER, J. O Efeito da Atenção Dividida [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <colocar e-mail > enviada em 19 mar. 2014.

SWELLER, J. O Efeito da Atenção Dividida [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <npc Coelho@yahoo.com> enviada em 8 nov. 2014.

TAATGEN, N. A.; VAN RIJN, H. (Ed.). **Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society**. Austin, TX: Cognitive Science Society. 2009. p. 2704-2709.

TARMIZI, R.; SWELLER, J. Guidance during mathematical problem solving. **Journal of Educational Psychology**, n. 80, p. 424-436, 1988.

TINDALL - FORD, S.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. When Two Sensory Modes Are Better Than One **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 3, n. 4, p. 257-287, 1997.

TRESCH, M. C.; SINNAMON, H. M.; SEAMON, J. G. Double dissociation of spatial and object visual memory: Evidence from selective interference in intact human subjects. **Neuropsychologia**, v. 31, p. 211-219, 1993.

VITO, E. et al. Eye movements disrupt spatial but not visual mental imagery. **Cognitive Processing**, v. 15, n. 4, p. 543-549, 2014.

ZHAO, Z. **Functional dissociation between visual and spatial temporary maintenance**. 2004. 189 f. (Dissertation). Universität Freiburg, China, 2004.

WOODMAN, G.; VOGEL, K.; LUCK, S. Visual Search remains efficient when visual working memory is full. **Psychological Science**, n. 12, p. 219-224, 2001.

WOODMAN, G. F; LUCK, S. J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. **Psychonomic Bulletin and Review**, v. 11, p. 269-274. 2004.