

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

RITA DOS SANTOS DE CARVALHO PICININI

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O IMPACTO DA ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM TAREFA DE
MULTIPLICAÇÃO**

São Paulo

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RITA DOS SANTOS DE CARVALHO PICININI

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O IMPACTO DA ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM TAREFA DE
MULTIPLICAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada
á Universidade Presbiteriana
Mackenzie para obtenção do Grau de
Mestre em Distúrbios do
Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio

São Paulo

2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Instituto Presbiteriano Mackenzie

P593e Picinini, Rita dos Santos de Carvalho
Estudo preliminar sobre o impacto da estimulação transcraniana por corrente contínua em tarefa de multiplicação / Rita dos Santos de Carvalho Picinini –São Paulo, 2009
141 f. : il. ; 30 cm + CD ROM

Dissertação (Mestrado em Distúrbio do Desenvolvimento) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio.
Referências bibliográficas : f. 110.

1. Multiplicação. 2. Córtex Parietal. 3. Discalculia.
4. Córtex pré-frontal. 5. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) I. Título

CDD 612.825

RITA DOS SANTOS DE CARVALHO PICININI

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O IMPACTO DA ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM TAREFA DE
MULTIPLICAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada
á Universidade Presbiteriana
Mackenzie para obtenção do Grau de
Mestre em Distúrbios do
Desenvolvimento.

Aprovada em _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio (Orientador)
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Orlando Francisco Amodeo Bueno
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP-SP

Este trabalho é dedicado ao meu marido Willians por entender, respeitar e incentivar minhas atividades tanto durante o período de aulas quanto na etapa de escrita desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus pela força e coragem que me concedeu para finalizar este projeto permanecendo ao meu lado nesta caminhada.

Aos meus filhos Mariana e Thiago que, apesar de seus 8 e 4 anos de vida, tiveram paciência nos momentos em que estive ausente.

Aos meus pais, por me apoiarem desde o início, por me ensinarem o caminho certo, mostrar que sou capaz e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus irmãos e cunhadas pelo apoio e carinho.

A toda minha família, em especial minhas tias Maria Rita e Kléria por suas orações, força e por se alegrarem com minhas conquistas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio por persistir, incentivar e confiar neste projeto. Por me aceitar com todas minhas restrições e limitações quanto aos conhecimentos de Neurociências, pela sua paciência, pela orientação crítica e desafiadora. Pela sua competência em me proporcionar novos conhecimentos relacionados a este projeto.

A Camila Campanhã por desde o início ter me estendido sua mão amiga, pela sua generosidade em compartilhar comigo seus projetos e pela sua paciência por me ensinar o que ainda não sabia. Além de estar sempre me incentivado nos momentos mais difíceis e por ter se tornado uma amiga muito especial.

A Adriana Badra Zogbi e a Aline Wiesel da Silva pela ajuda na coleta de dados que realizaram de forma responsável e competente.

A Claudia Valasek e Larissa Canguero que, além de ajudarem na coleta de dados, preocuparam-se em providenciar todos os materiais necessários para realização da coleta, além de terem ajudado na correção dos Subtestes.

Aos amigos Alexandre F. Rosa, Andréa Ladeira, Anna Carolina Cassiano, Cintia Perez Duarte, Darlene Godoy de Oliveira pelo acolhimento e pelas ricas discussões sobre o projeto.

A Nathalia I. Baptista que, pelo pouco tempo de convívio, tornou-se uma pessoa importante na fase final deste projeto mostrando-se responsável e competente.

Aos Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo e Prof. Dr. Orlando Francisco Amodeo Bueno pelas relevantes contribuições e comentários apresentados durante o exame de qualificação que me proporcionou excelentes reflexões sobre o projeto.

Aos professores e funcionários da Pós-Graduação Mackenzie, pela colaboração à realização deste trabalho.

Aos voluntários, essenciais para a realização deste projeto, pela participação na pesquisa.

Ao MACKPESQUISA pela oportunidade para o desenvolvimento desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da **CAPES** e do Instituto Presbiteriano Mackenzie, por intermédio do **MACK PESQUISA**.

“A viagem mais longa
é sempre ao nosso interior.
A viagem até a nossa casa
para nos encontrarmos
dura a vida toda....
e talvez ainda um pouco mais.”

Jürgen Moltmann

RESUMO

Diferentes habilidades matemáticas vêm sendo investigadas ao longo dos tempos e, com o avanço das técnicas de neuroimagem, como PET (Tomografia por emissão de Pósitrons) e *f*MRI (Ressonância Magnética Funcional) componentes centrais no processamento aritmético vêm sendo identificados em córtex parietal e pré-frontal. Além do avanço das técnicas de neuroimagem, outras técnicas como de modulação cerebral não-invasiva também vêm sendo estudadas, como Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) no envolvimento das funções cognitivas com a área de cálculo. Este estudo teve como objetivo investigar o impacto da ETCC anódica quando aplicada no Córtex Pré-Frontal Dorsolateral (CPFDLE), Córtex Parietal Direito (CPD), Córtex Parietal Esquerdo (CPE) no desempenho em operações de multiplicação. Quinze voluntários saudáveis, estudantes de psicologia, com faixa etária entre 18 e 30 anos, realizaram subtestes do WAIS III e a tarefa de multiplicação. Os resultados desse estudo mostraram que a ETCC anódica aplicada no CPD melhorou o desempenho dos homens em relação ao número de acertos. A influência da ETCC em participantes com pior desempenho em Aritmética se deu em tarefa simples de multiplicação, mas não complexa, ao passo que a influência da ETCC em participantes com melhor desempenho em Aritmética se deu em tarefa complexa de multiplicação, mas não em simples. Tais resultados sinalizam que os efeitos da estimulação em uma determinada função dependem dos valores de linha de base de cada participante. As outras condições de estimulações, CPFDLE e CPE não resultaram em efeitos significativos. A ETCC pode produzir um efeito benéfico em tarefas de cálculo, dependendo da intensidade, polaridade, tempo e localização da estimulação, podendo resultar em aumento ou diminuição na excitabilidade do córtex.

Palavras-chaves: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), Operação de Multiplicação, Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo (CPFDLE), Córtex Parietal Direito (CPD), Córtex Parietal Esquerdo (CPE) e Discalculia.

ABSTRACT

Different mathematical skills have been investigated over time and, with the advance of neuroimaging techniques, such as PET (Positron Emission Tomography) and *f*MRI (functional Magnetic Resonance), central components of arithmetical processing have been identified in the parietal and the pre-frontal cortices. Besides the advances of the neuroimaging techniques, other techniques such as non-invasive brain modulation have also been studied such as the transcranial magnetic stimulation (TMS) and the transcranial direct current stimulation (TDCS) in the involvement of cognitive functions in the area of calculation. This study aimed at investigating the impact of anodal TDCS applied over the left dorsolateral pre-frontal cortex (LDLPFC), right parietal cortex (RPC), left parietal cortex (LPC) while the subject was performing multiplication operations. Fifteen healthy volunteers, students of psychology, aged between 18 and 30 years old, have held subtests of the WAIS III and the multiplication task. The results showed that the anodal TDCS over the RPC improved the performance of men regarding the number of rightness. The influence of TDCS on volunteers who had worse performance took place not on complex tasks, but simple arithmetical ones. Besides, the influence of TDCS on volunteers who had better performance was in complex tasks, not simple ones. These results show that the effects of the TDCS on a certain function depend on the baseline values of each volunteer. The other stimulation conditions over the LDLPFC and LPC did not show any significant results. The TDCS can bring a beneficial effect in calculation tasks, depending on the intensity, polarity, time and location of stimulation, resulting in the increased or diminished cortex excitability.

Key words: Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS), Multiplication, left dorsolateral pre-frontal cortex (LDLPFC), right parietal cortex (RPC), left parietal cortex (LPC), Dyscalculia.

Lista de Ilustrações

Figura 1	Exemplos da distinção piagetiana entre símbolos e sinais.....	20
Figura 2	Escala de Desenvolvimento de Aritmética proposto por Butterworth (2005).....	22
Figura 3	Classificação das dificuldades em matemática.....	25
Figura 4	Phonological and visual working memory in mental addition.....	31
Figura 5	Modelo mental para resolver problemas não verbais de dois termos.....	34
Figura 6	Teste de Marco Numérico.....	36
Figura 7	Figura simplificada Modelo do Triplo Código de processamento de número.....	39
Figura 8	Distribuição anatômica proposta das três representações de números cardinais na visão externa dos hemisférios direito e esquerdo.....	40
Figura 9	As três regiões envolvidas no processamento numérico proposto por Dehaene et al, 2003.....	41
Figura 10	Diagrama dos processos de informações envolvidos no processamento de dígitos arábicos durante tarefas aritméticas.....	43
Figura 11	The neural substrate of arithmetic operations and procedure complexity.....	44
Figura 12	Esquema do Estudo.....	67
Figura 13	Esquema de Apresentação da Tarefa de Multiplicação.....	69
Figura 14	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo.....	71
Figura 15	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Parietal Esquerdo e Supra-orbital Direito.....	72
Figura 16	Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Arit*ETCC*Nível.....	82
Figura 17	Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Dígitos*ETCC*Nível.....	84
Figura 18	Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Vocabulário*ETCC*Nível.....	85
Figura 19	Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Cubos*ETCC*Nível.....	87
Figura 20	Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Gênero*ETCC*Nível.	89
Figura 21	Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Arit*ETCC*Nível.....	92
Figura 22	Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Nível.....	94
Figura 23	Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Vocabulário.....	96
Figura 24	Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Cubos.....	97
Figura 25	Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Gênero.....	99

Lista de Tabelas

Tabela 1	Caracterização da amostra - * Média e \pm DP.....	78
Tabela 2	ANOVA de medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Aritmética.....	81
Tabela 3	Análise <i>post hoc</i> Fischer LSD para a Interação Arit*ETCC*Nível.....	82
Tabela 4	Variação percentual no número de acertos em comparação ao Placebo considerando desempenho em Aritmética.....	83
Tabela 5	ANOVA de medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Dígitos.....	83
Tabela 6	ANOVA de medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Vocabulário.....	85
Tabela 7	Anova de medidas repetidas para acertos considerando desempenho em Cubos.....	86
Tabela 8	ANOVA de medidas repetidas para acertos considerando o fator Gênero.....	87
Tabela 9	Análise <i>post hoc</i> com Fischer LSD para a Interação Gênero*ETCC*Nível.....	88
Tabela 10	Variação percentual dos acertos em comparação ao placebo considerando Gênero	89
Tabela 11	ANOVA de medidas repetidas para Tempo de reação considerando desempenho em aritmética.....	90
Tabela 12	Análise <i>post hoc</i> com teste de Fischer para Interação ETCC*Aritm em Tempo de reação.....	91
Tabela 13	Variação percentual do tempo de reação em comparação ao placebo considerando desempenho em Aritmética.....	92
Tabela 14	ANOVA de medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em dígitos.....	93
Tabela 15	ANOVA de medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em vocabulário.....	95
Tabela 16	ANOVA de medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em cubos.....	96
Tabela 17	ANOVA de medidas repetidas para tempo de reação considerando o fator Gênero.....	98

Lista de Abreviaturas

AG	Giro Angular Esquerdo
ANOVA	Análise de Variância
AVC	Acidente Vascular Cerebral
Arit	Aritmética
Arit_{inferior}	Aritmética Inferior
Arit_{superior}	Aritmética Superior
BAI	Inventário de Ansiedade de Beck
BDI	Inventário de Depressão de Beck
CPF	Córtex Pré-Fontal
CPD	Córtex Parietal Direito
CPE	Córtex Parietal Esquerdo
CPFDL	Córtex Pré-frontal Dorsolateral
CPFDLE	Córtex Pré-frontal Dorsolateral Esquerdo
cm	Centímetro
cm²	Centímetro ao quadrado
Cubos_{inferior}	Cubos Inferior
Cubos_{superior}	Cubos Superior
Dig	Dígito
Dig_{inferior}	Dígito Inferior
Dig_{superior}	Dígito Superior
DD	Discalculia do Desenvolvimento
DP	Desvio Padrão
DSM-IV	Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais, Publicado Academia Americana de Psiquiatria
EEG	Eletroencefalograma
EMT	Estimulação Magnética Transcraniana
EMTr	Estimulação Magnética Transcraniana de Repetição
ETCC	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
ETCC_{ativa}	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Ativa
ETCC_{placebo}	Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Placebo
fMRI	Ressonância Magnética Funcional
HD	Hemisfério Direito
HE	Hemisfério Esquerdo
HIPS	Segmento Horizontal do Sulco Intra Parietal;
IPS	Sulco Intra Parietal Bilateral
M1	Córtex Motor Primário (M1)
mA	Milliamperes
min	Minutos
ms	Milissegundos
MRI	Ressonância Magnética
Multiplicação_{simples}	Multiplicação Simples
Multiplicação_{complexa}	Multiplicação Complexa
PET	Tomografia por Emissão de Pósitrons
PSPL	Lobo Parietal Superior Posterior
sec	Segundos

SPECT	Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único
TC	Tomografia Computadorizada
TDHA	Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade
V1	Córtex Visual Primário
VEPs	Potenciais Evocados Visuais
VMI	Integração Visuo-Motor
Voc_{inferior}	Vocabulário Inferior
Voc_{superior}	Vocabulário Superior
WISC III	Teste de Escala de Inteligência Wechsler para Crianças
WAIS III	Teste de Escala de Inteligência Wechsler para Adultos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	BREVE HISTÓRICO SOBRE CONCEITO DE NÚMEROS.....	19
2.2	FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS ENVOLVIDAS NO PROCESSAMENTO NUMÉRICO.....	27
2.3	CIRCUITOS NEURAIS ENVOLVIDOS NO PROCESSAMENTO NUMÉRICO.....	38
2.4	ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA.....	46
3	OBJETIVO.....	58
3.1	OBJETIVO GERAL.....	59
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	59
4	MÉTODO.....	60
4.1	SUJEITOS.....	61
4.1.1	Crítérios de Inclusão	61
4.1.2	Crítérios de Exclusão.....	62
4.2	INSTRUMENTOS.....	63
4.2.1	Procedimentos.....	66
4.2.2	Aplicação da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua...	70
4.2.3	Aspectos Éticos.....	72
4.2.4	Segurança do uso da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua.....	73
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	76
5.1	RESULTADOS.....	77
5.1.1	Caracterização da Amostra.....	77
5.1.2	Tarefa de Cálculo	78
5.1.2.1	Acertos.....	81
5.1.2.2	Tempo de Reação.....	90
6	DISCUSSÃO.....	100
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
	REFERÊNCIAS	110
	ANEXOS.....	111

“O avanço do conhecimento se dá com dois propósitos: primeiro para aumentar nosso próprio conhecimento e depois para permitir a transmissão desses conhecimentos a outros.”

John Locke

1. INTRODUÇÃO

A resolução de um problema matemático, segundo Polya (2006), deve-se a quatro importantes etapas: compreensão do problema, construção de uma estratégia, execuções dessa estratégia e revisão da solução. A compreensão do problema é o entendimento das partes principais, como os dados, a incógnita e as condições presentes; na construção de uma estratégia é necessário encontrar as conexões entre os dados e a incógnita; e a partir da execução vem a revisão da solução, ou seja, a análise da solução encontrada.

Atualmente, as etapas de resolução de problemas matemáticos vêm sendo investigadas com o auxílio de técnicas de neuroimagem, que trazem importantes informações sobre os circuitos neurais envolvidos no processamento numérico. Tais conhecimentos podem ser observados em estudos como de Dehaene & Cohen (1995), que propõem o Modelo de Código Triplo, sendo este uma explicação de como se elabora a solução de um problema matemático. A sugestão deste modelo surgiu de discussões sobre código verbal na facilitação, decodificação e recuperação da estocagem de fatos especialmente aritméticos (por exemplo, adição e multiplicação); e do envolvimento de estruturas cerebrais, como a região frontal inferior esquerda do cérebro, e diferentes estruturas do córtex parietal.

Neste sentido, novos estudos indicam maneiras de se modular a atividade cerebral, que interferem em funções cognitivas. Por exemplo, as técnicas de estimulação cerebral não-invasiva, como ferramentas capazes de realizar esse papel. Uma destas técnicas é a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), que realiza estimulação cortical indolor, segura, não invasiva e de fácil aplicação, vem se mostrando eficaz na modulação de função executiva (Kincses et al., 2004), memória operacional (Fregni et al., 2005), tomada de decisão (Fecteau et al. 2007), entre outras. Entretanto, até o momento, nenhum estudo foi realizado a respeito do impacto da ETCC em habilidades matemáticas.

Desta forma, este estudo tem como objetivo investigar o impacto da ETCC em operações de multiplicação, mais especificamente, investigar o impacto dos efeitos da

modulação cortical produzidos pela ETCC Anódica no desempenho em tarefas de operações de multiplicação quando aplicada em Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo, Córtex Parietal Direito, Córtex Parietal Esquerdo e Placebo.

“Como a nossa confiança, assim é a nossa capacidade”.

William Hazlitt

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve Histórico sobre Conceito de Números

Os números sempre desempenharam uma importante função nas atividades da vida cotidiana dos indivíduos. Desde sua utilização em situações do dia a dia como a identificação das horas e de números de telefones, cálculo de preços, determinação de pesos, cálculo do orçamento doméstico até seu impacto na vida profissional em diferentes áreas como a Economia, Administração de Empresas, Engenharia, entre outras.

Nesta direção, Boyer (1996) discute que o conceito do número foi devido a necessidade de expressar algo. O homem pré-histórico, por exemplo, poderia expressar um conjunto de quatro objetos utilizando com facilidade os dedos de uma mão; acima de cinco objetos, utilizaria os dedos das duas mãos. Com os dedos das mãos e dos pés poderiam representar até no máximo 20 objetos. Acima deste valor os objetos eram representados por quantidades de pedras ou marcas em bastões ou pedras. Para o autor a matemática deriva da idéia do conceito de números.

E devido à necessidade de expressar algo, Piaget (1966) e Inhelder (1969), apud Kamii (2004), considerando a aquisição do conceito de números sugerem que estes se distinguem entre símbolos e sinais. Os símbolos seriam os risquinhos, os desenhos, os dedos para representar a quantidade numérica e os sinais seriam as palavras falada ou numeral. E que a construção destes conhecimentos sintetiza um conhecimento lógico-matemático como pode ser observado na Figura 1.

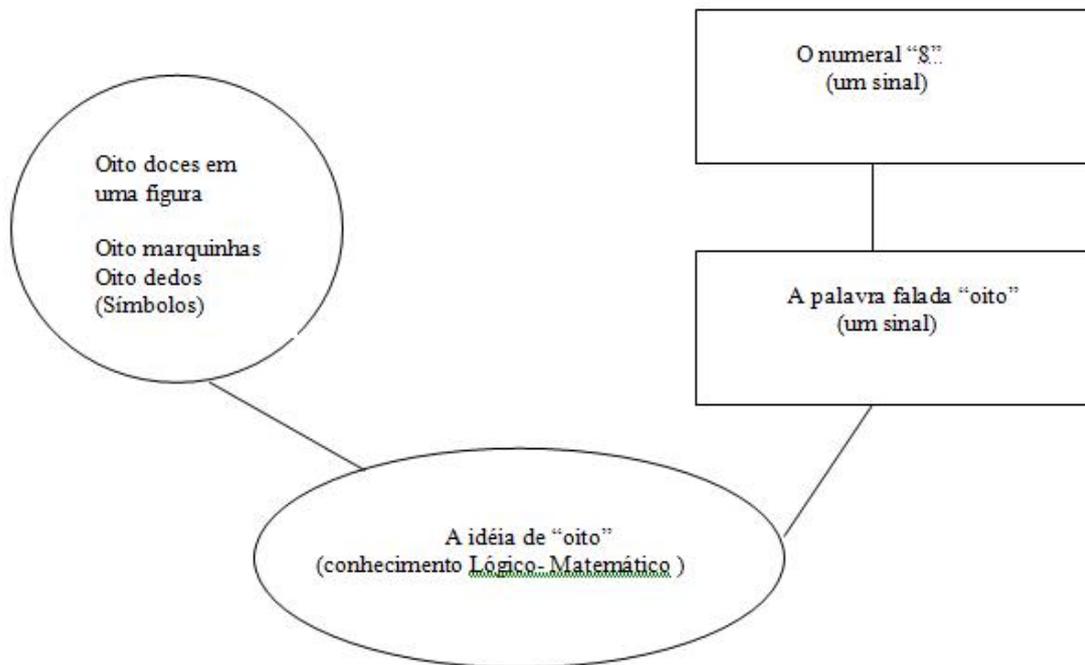


Figura 1 - Exemplos da distinção piagetiana entre símbolos e sinais, e seu relacionamento independente na expressão do conhecimento lógico-matemático (extraído Aritmética: Novas Perspectivas Implicações da Teoria de Piaget, Kamii C., Papirus, Campinas, 9ª edição, 2004, p.29)

Assim, em um primeiro momento a criança depende da observação ou contagem dos itens (por exemplo, número de doces em uma bandeja), mas apresenta dificuldades na representação do número. Portanto, o conceito do número é considerado por Piaget (1966) e Inhelder (1969), apud Kamii (2004), como sendo construído individualmente pela criança por meio da abstração construtiva e que a partir deste o conhecimento lógico matemático acaba sendo elaborado pela criança por meio da relação simples que ela cria com o objeto (por exemplo, doces).

Ardila e Roselli (2002), consideram que o sistema de símbolos implicados no cálculo podem ser do tipo *logográfico* compreendendo números de 0 a 9 e *fonográfico* que fornece o nome verbal do número. Para os autores os números da escrita apareceram mais cedo que o desenvolvimento da escrita, a representação de quantidades, o desenvolvimento do

sistema numérico, as habilidades aritméticas. Além disso, ressaltam ainda que o uso das operações aritméticas se constrói a partir de valores culturais gerados por grupos diferentes, ou seja, que a contribuição dos vários povos permitiu uma evolução dos números no decorrer de outras épocas. Por exemplo, os Incas desenvolveram um sistema de representação numérica de base decimal organizado com base em seixos ou marcas ou nós para contar o número de animais, pessoas, casas, etc; já os Maias desenvolveram a base de contagem vinte envolvendo para isso todos os dedos das mãos e todos os dedos dos pés correspondendo a “uma pessoa”; por sua vez, os egípcios desenvolveram um sistema de numeração baseado no número dez, sendo que depois dos nove números usavam múltiplos de dez.

Atualmente, adotamos um sistema de representação numérica de base decimal e consideramos as quatro operações básicas simples da aritmética pelos seguintes sinais: adição (+), subtração (-), multiplicação (x), divisão (\div). Estes sinais indicam que tipo de operação deve ser utilizado entre os números para resolver uma operação aritmética e cada uma apresenta um tipo específico de estratégia para ajudar na solução.

Diversos autores vêm investigando o papel de habilidades inatas, assim como o os processos de desenvolvimento relacionados ao aprendizado dessas operações. Butterworth (2005) investigou, por exemplo, a correlação entre faixa etária e habilidades aritméticas. O autor propôs que a capacidade aritmética da criança seria inata, pois mesmo na primeira semana de vida o bebê parece já discriminar disposições visuais quanto à números de objetos. Além disso, estabelece uma seqüência de estágios de desenvolvimento considerando faixa etária e complexidade na compreensão e manipulação das informações. A Figura 2 apresenta a escala proposta.

Idades	
0;0	Pode discriminar numerais pequenos (Antelle Keatin, 1983)
0;4	Pode somar e diminuir 1(Wynn, 1992)
0;11	Discrimina seqüências numerais crescentes e decrescentes (Brammon, 2002)
2;0	Começa a aprender a contar palavras em seqüência (1992) Pode fazer correspondência um a um em tarefa compartilhada (Potter e Levy, 1998)
2;6	Reconhece que palavras numéricas significam mais que um (Wynn, 1990)
3;0	Conta em voz alta pequeno número de objetos (Wynn, 1990)
3;6	Pode somar e subtrair 1 com objetos e palavras numéricas(Starkey e Gelman, 1982) Pode usar o princípio cardinal para estabelecer quantidades na cena (Gelman, 1978)
4;0	Pode usar os dedos para ajudar a contar (Fusone Kwon, 1992)
5;0	Pode somar pequenos números se estar hábil para somar em voz alta (Starkeye Gelman, 1982)
5;6	Compreende comutatividade de de adição e conta a partir do maior (Carpenter, 1982)
6;0	“Conversa” números (Piaget, 1952)
6;6	Compreende complementaridade de adição e subtração (Bryant et al., 1999) Pode Contar corretamente até 80 (Fuson, 1998)
7;0	Lembra alguns fatos aritméticos de memória

Figura 2- Escala de Desenvolvimento de Aritmética proposto por Butterworth (2005) e adaptado por (Bastos, 2006, pág 198).

Huttenlocher et al. (1994) também investigou a relação entre faixa etária e desenvolvimento de habilidades necessárias para resolver problemas aritméticos.

Butterworth (2005) verificou que o desenvolvimento da habilidade de calcular torna-se mais evidente a partir dos dois anos e meio de idade e que o desempenho nos

problemas não verbais está relacionado com as competências intelectuais das crianças. Além disso, verificou diferenças significativas no desempenho das crianças com 3 anos de idade em escolas regulares e em classes especiais.

Nunes (2002) também investigou o assunto e observou que ao iniciar a primeira série a maioria das crianças, entre cinco e seis anos de idade, já apresentam um conhecimento básico do sistema de numeração e uma capacidade para agrupar e separar objetos em uma contagem.

Ardila e Roselli (2002) também relatam que a aquisição do conceito de números é encontrada em crianças na fase pré-escolar. Além disso, sinalizam que as informações mais complexas dependem de um processo de aprendizagem mais elaborado e dependem da pré-aquisição de conhecimentos básicos. Os autores também sinalizam que os diferentes estágios na aquisição de conceitos numéricos estão associados com linguagem, percepção e desenvolvimento do processo cognitivo geral.

Para Ardila e Roselli (2002), a habilidade de cálculo em crianças menores de dois anos pode estar relacionada com quantidades pequenas compostas de três a seis itens. A partir dos dois anos a criança começa a utilizar alguns nomes numéricos e, geralmente, desenvolver os conhecimentos básicos dos princípios da contagem.

De acordo com esses autores, dos três aos cinco anos de idade a criança adquire estratégias de cálculo (adição). Já entre os cinco e seis anos, as crianças adquirem a compreensão da relação inversa entre subtração e adição assim como desenvolvem estratégias diferentes para solucionar problemas dessa natureza (por exemplo, utilizar os dedos para contar). Já o princípio da multiplicação e da divisão é geralmente compreendido entre oito e nove anos e depende da memorização das tabelas de multiplicação.

O desempenho apropriado nas operações aritméticas básicas depende do reconhecimento numérico, que, por sua vez, envolve processos verbais e de reconhecimento perceptual (Ardila & Roselli, 2002).

Assim, para resolver operação aritmética simples de adição ($34 + 26 = 60$) é necessário ao indivíduo evocar, recuperar e manipular as informações necessárias para a obtenção da solução. (Ardila & Roselli, 2002).

Considerando que todas as etapas necessárias a aquisição das habilidades matemáticas foram cumpridas, espera-se que para os adultos as competências de cálculo incluam leitura, escrita, produção e compreensão de números (nos formatos arábicos e palavras numéricas, conversão de números nesses formatos), realização de operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, além de resolução de problemas aritméticos (Bastos 2006, pág. 199).

Infelizmente, existem também alterações nos processos de aprendizagem das habilidades matemáticas com impacto, até mesmo, no uso das quatro operações aritméticas básicas. Essas alterações podem estar relacionadas a fatores como a metodologia de ensino utilizada, baixo grau de escolaridade, a capacidade intelectual limitada, disfunções do sistema nervoso central e lesões em determinadas regiões cerebrais relacionadas com redes neurais envolvidas no raciocínio lógico matemático.

A Figura 3 ilustra de forma esquematizada os diferentes fatores que podem interferir na aquisição de conhecimentos matemáticos segundo Bastos (2006).

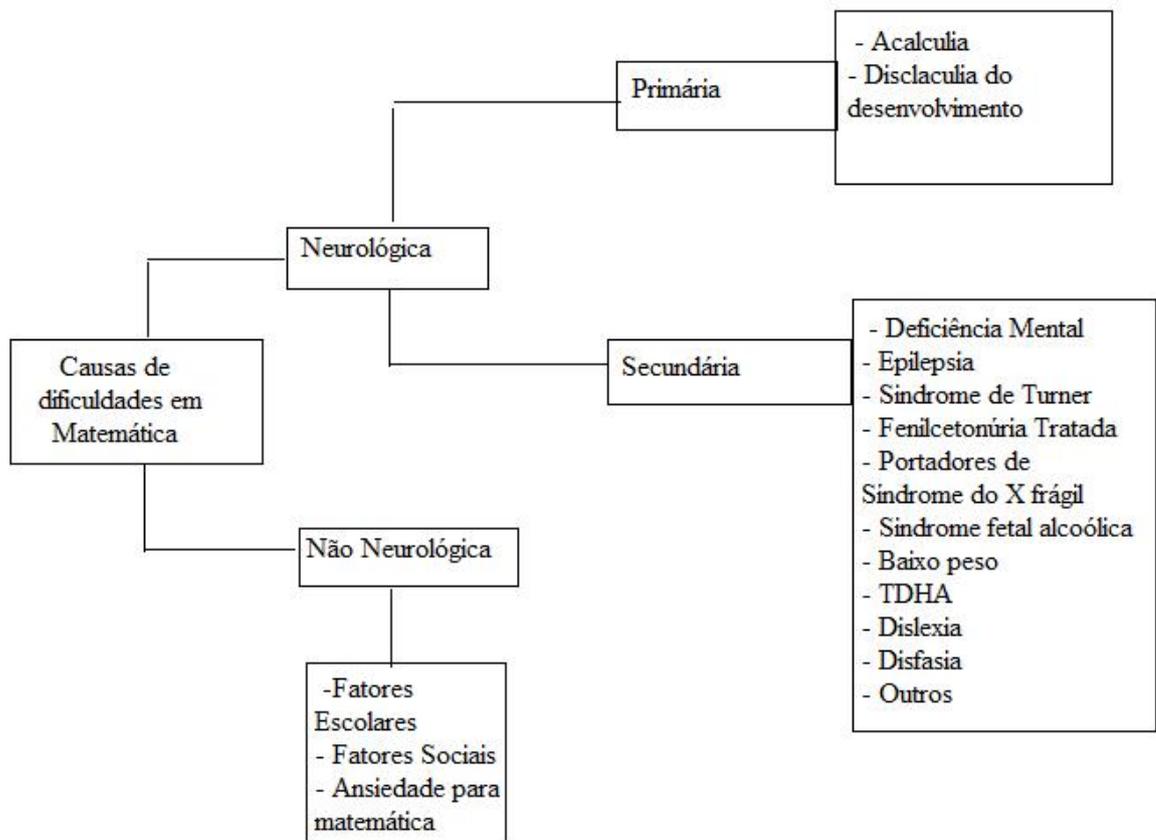


Figura 3- Classificação das dificuldades em matemática (extraído Discalculia: transtorno específico da habilidade em matemática. Bastos J. A. in Transtorno de Aprendizagem – Abordagem Neurobiológica e Multidisciplinar, Rotta N. et al. Porto Alegre: Artmed, 2006, p.203)

As causas de dificuldade nas habilidades matemáticas relacionadas com o sistema neurológico podem ser do tipo *Primária* (Acalculia ou Discalculia do Desenvolvimento) e *Secundária* (Deficiência Mental, Epilepsia, Síndrome de Turner, Fenilcetonúria Tratada, Portadores de Síndrome do X frágil, Síndrome fetal alcoólica, Baixo peso, Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDHA), Dislexia, Disfasia, entre outros).

De acordo com o Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais (DSM-IV), Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - Fourth Edition,

publicado Academia Americana de Psiquiatria- 1994 a Discalculia do Desenvolvimento (DD) é conhecida como F81.2 - 315.1 TRANSTORNO DA MATEMÁTICA - DSM.IV F81.2, considerada como uma dificuldade em aprender matemática, e falhas para adquirir habilidades adequadas neste domínio cognitivo. Alguns estudos indicam prevalência de 3 a 6% na população.

Os sintomas mais frequentes da DD são erros na formação de números que frequentemente ficam invertidos, inabilidade para efetuar somas simples, inabilidade para reconhecer sinais operacionais e para usar separações lineares, dificuldade para ler corretamente o valor de números com vários dígitos, déficit na memória para fatos numéricos básicos, dificuldade em posicionar números para local adequado na realização de cálculos, ordenação e espaçamento inapropriados dos números em multiplicação e divisão (Bastos, 2006, pág 202).

As alterações observadas na discalculia do desenvolvimento têm sido relacionadas a estruturas como o córtex parietal. Mais especificamente, Price et al. (2007), em um estudo com neuroimagem, verificaram que em crianças com diagnóstico de discalculia do desenvolvimento, o sulco intraparietal do hemisfério direito não é modulado em resposta a solicitações de processos numéricos. A verificação de alteração no padrão de recrutamento de estruturas cerebrais específicas durante processos numéricos em pacientes com discalculia do desenvolvimento indica à necessidade de estudos que sejam eficazes em modular ou precondicionar a atividade cerebral dessas regiões e com isso modular o desempenho em tarefas de cálculo ou melhorar os processos de aprendizagem de habilidades matemáticas.

Como será visto posteriormente, a modulação de estruturas cerebrais têm se tornado uma realidade com o uso de ferramentas de estimulação cerebral não-invasiva como a estimulação transcraniana por corrente contínua.

2.2 - Funções neuropsicológicas envolvidas no processo das Habilidades

Matemáticas

Há tempos que, a preocupação com as habilidades matemáticas surgiu. Henschen (1925, apud Ardila & Roselli, 2002), já se preocupava com a dificuldade em executar cálculo, definindo esta como acalculia. Ainda naquele ano, o autor por meio de uma revisão na literatura, de 305 casos, relacionados a distúrbios na matemática, identificou que o giro angular e fissuras interparietais das áreas cerebrais participavam da leitura numérica, e o giro angular em especial resgatava as estruturas cerebrais responsáveis por números escritos.

Por sua vez, Lindquist (1936), apud Ardila & Roselli, 2002, distinguiu os diferentes tipos de acalculia associadas a lesões em áreas cerebrais diferentes.

Nos últimos anos, a quantidade de estudos relacionados a dificuldades em cálculo tem aumentado e contribuído para uma melhor compreensão das áreas cerebrais envolvidas no processamento de cálculo.

Algumas destas pesquisas têm demonstrado que mesmo em operações simples, vários mecanismos cognitivos são ativados, tais como: processamento verbal e/ou gráfico da informação, percepção, reconhecimento e produção de números, representação número/símbolo, discriminação viso-espacial, memória de curto e longo prazo, raciocínio sintático e atenção. (BASTOS, 2006).

No processamento verbal (alça fonológica, função semântica e não semântica), a compreensão, utilizada para solução de problemas aritméticos, está relacionada à apreensão ou nomeação dos termos, ao reconhecimento ou leitura dos símbolos aritméticos e à transformação de um problema escrito em um símbolo matemático (GIL, 2005).

Ao passo que, a memória está envolvida no resgate de informações sobre como resolver uma adição, multiplicação, divisão ou subtração, dentre outras informações importantes (KOLB, 2002). Este mecanismo cognitivo também auxilia no desenvolvimento de estratégias, para resolução das tarefas que envolvam informações já adquiridas como: compreensão de normas e regras, saber nomear os símbolos, contar objetos, conservar e armazenar informações, etc. (CORRÊA, 2008).

O desenvolvimento de estratégias matemáticas, para Durand et al. (2005), engloba habilidade verbal e não verbal, memória fonológica e velocidade de processamento. Portanto, o processo para resolver um problema aritmético envolve etapas básicas como: aquisição, armazenamento e resgate de informações. Ou seja, o indivíduo planeja, executa, avalia e organiza as informações para solucionar uma questão aritmética. Assim, a Memória Operacional¹ exerce uma importante função no processo de resolução de problemas aritméticos. Esta tem como função, armazenar temporariamente e manipular as informações necessárias para a solução de tarefas complexas (compreensão da linguagem, aprendizado e argumentação).

¹ Memória Operacional implica em um sistema para manutenção temporária de informações durante o desempenho de uma série de tarefas cognitivas, como compreensão, aprendizagem e raciocínio. (Baddeley, 1996)

Partindo deste pressuposto, Imbo et al. (2007) investigaram o envolvimento da memória operacional na estratégia de seleção, execução e adaptação em tarefas de cálculo mental, em setenta e dois estudantes universitários.

Neste estudo, os participantes tiveram que fornecer estimativas sobre os resultados em tarefas de operações multiplicativas, de dois dígitos. O estudo demonstrou que a memória operacional influencia no desempenho aritmético complexo. Portanto, os autores sugerem que a capacidade desse mecanismo cognitivo pode ser diferenciada dependendo da função a ser exercida.

No campo da neuropsicologia, os pesquisadores procuram compreender: a partir de que faixas etárias as habilidades aritméticas são desenvolvidas, a fase da resolução de problemas matemáticos, o processo de atualização da memória em problemas de aritmética mental, a função da linguagem nas habilidades matemáticas, além dos distúrbios cognitivos relacionados ao processamento aritmético.

Em relação ao processo de atualização da memória em problemas de aritmética mental, Deschuyteneer et al (2006), investigaram se atualização da memória e a seleção de respostas são exigidas no processo de cálculo, de somas simples, e em operações de multiplicação. Foram realizados dois experimentos, no primeiro, tarefas relacionadas às somas foram averiguadas em 21 estudantes de psicologia com idade média de 18.6 anos. No segundo, investigaram tarefas de operações de multiplicação, em 20 estudantes de psicologia com idade média de 18.9 anos.

Os autores descobriram que a atualização da memória é exigida para rever e substituir informações já adquiridas na memória operacional, e é considerada uma função importante no cálculo de um problema aritmético. Quanto ao processo de seleção da resposta, observaram que as experiências dos participantes podem estar presentes na maior parte das estratégias de recuperação, utilizadas para resolver os problemas aritméticos.

Assim, os autores concluíram que os resultados indicaram que atualização da memória esta envolvida na seleção da resposta, e no cálculo de aritméticas mentais simples, de somas e de produtos.

Sendo assim, por meio dos estudos mencionados anteriormente pode-se observar que a memória operacional é fundamental no armazenamento temporário e manipulação de informações, e está envolvida nos processos cognitivos. Foi possível notar que, existem aspectos filogenéticos relacionados a habilidades aritméticas da criança, e, entretanto o desenvolvimento destas habilidades também está condicionado ao processo de aquisição da linguagem.

Alguns autores se interessaram pelo papel da linguagem nas habilidades matemáticas, entre eles estão os estudos de Trbovich et al. (2003); Rasmussen et al. (2005); Johansson (2005) e Lonnemann et al. (2008).

Trbovich et al. (2003) investigaram o envolvimento dos subsistemas fonológico e viso-espacial, da memória operacional, na solução de problemas aritméticos. Participaram do estudo 96 adultos com idades entre 18 e 51 anos. Os participantes resolveram

72 problemas de adição sendo que 48 participantes resolveram problemas apresentados na horizontal (duas maneiras diferentes) e 48 participantes resolveram problemas apresentados na vertical (duas maneiras diferentes).

No formato de problemas na horizontal a primeira alternativa era com os primeiros dígitos duplos, por exemplo, $34 + 7$, a segunda alternativa era com o primeiro dígito simples, por exemplo, $7 + 34$. Já o formato de problemas verticais era apresentado num primeiro momento primeiro dígito duplo, figura 4.a e no segundo momento com primeiro dígito simples, figura 4.b (TRBOVICH et al. (2003)).

$$\begin{array}{r} 34 \\ + 7 \\ \hline \end{array}$$

Figura 4.a.

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 34 \\ \hline \end{array}$$

Figura 4.b

Figura 4 - Extraída TRBOVICH PL, LEFEVRE JA. Phonological and visual working memory in mental addition. Mem Cognit., 31(5):738-45, Jul. 2003.

Os dados indicaram que, os participantes resolveram os problemas apresentados no formato vertical mais rapidamente que os problemas apresentados em um formato horizontal. E ainda, os participantes resolveram primeiro, os problemas de dois dígitos, por exemplo, $52 + 3$, e mais rapidamente que o reverso, por exemplo, $3 + 52$. Somente quando os problemas foram apresentados horizontalmente, que o desempenho foi pior na condição fonológica do que na condição visual, entretanto, quando os problemas foram apresentados verticalmente, o desempenho foi pior na condição visual que na condição

fonológica. Além disso, os problemas apresentados no formato vertical exigiram mais recursos visuais que os problemas apresentados no formato horizontal, enquanto os problemas apresentados no formato horizontal exigiram mais recursos fonológicos, que os problemas apresentados no formato vertical (TRBOVICH et al. (2003)).

Trbovich et al. (2003), concluíram que os problemas apresentados horizontalmente possivelmente implicam em códigos fonológicos, visto que os problemas apresentados verticalmente pareceram ativar códigos visuais. Ou seja, aspectos fonológicos e visuais da memória operacional estão envolvidos nos problemas de aritmética mental, mas que cada um destes aspectos dependerá de fatores como, a complexidade dos problemas e do formato da apresentação.

Partindo do pressuposto da participação da memória operacional em problemas de aritmética, Rasmussen et al. (2005) investigaram se o modelo mental, proposto na figura 5, requer memória operacional. Um total de 63 crianças participou do estudo, sendo que 34 crianças eram da pré-escola, com idade média de cinco anos e três meses e 29 eram da Grade 1, com média de idade de seis anos e 11 meses.

Neste estudo, os problemas aritméticos apresentados nas crianças da pré-escola envolviam operando de dois a sete e respostas entre três e oito, enquanto que para as crianças da Grade 1 o operando eram também de dois a sete mas as respostas eram de seis a doze. Os problemas aritméticos foram apresentados de forma verbal, não verbal e com informações irrelevantes (RASMUSSEN et al. (2005)).

Problemas aritméticos na forma verbal eram apresentados desta forma: “Você tem três maçãs e eu te dou mais cinco maçãs. Quantas maçãs você tem agora?”; problemas não verbais eram demonstrados assim: o experimentador colocava ficha em cima da mesa

pedia para criança olhar, depois cobria a ficha com uma caixa. Com um furo em uma das extremidades da caixa, acrescentava mais fichas, e em seguida pedia á criança para mostrar quantas fichas estavam na caixa, usando outras fichas. Os problemas aritméticos de informações irrelevantes eram apresentados desta maneira: o experimentador colocava na mesa algumas fichas verdes, cobriam-as com uma caixa e através do furo, em uma das extremidades, adicionava fichas amarelas (informação irrelevante) em seguida pedia a criança que mostrasse quantas fichas vermelhas estavam na caixa, usando outras fichas. (RASMUSSEN et al. (2005)).

Sendo assim, Rasmussen et al. (2005), verificaram que as crianças da pré-escola resolveram o problema aritmético não verbal, utilizando um modelo mental para representar objetos e manipulá-los e este processo pode estar conectado a capacidade visoespacial, além disso, os problemas aritméticos verbais eram mais complicados para estas crianças. Quanto aos problemas aritméticos de informações irrelevantes, apresentados na forma verbal, as crianças apresentaram dificuldades em recordar as informações do problema, isto pode estar relacionado ao limite na alça fonológica. Já a respeito das crianças na Grade 1, os autores concluíram que, nos problemas aritméticos não verbais elas os resolveram utilizando procedimentos para representar os problemas, de uma maneira que minimizasse a carga da memória operacional. Quanto aos problemas aritméticos verbais as crianças codificaram e resolveram verbalmente, utilizando-se dos componentes executivos centrais e fonológicos da memória operacional. Por fim, a respeito dos problemas aritméticos de informações irrelevantes, apresentados verbalmente, há uma ligação com o desempenho do executivo central.

Portanto as expectativas dos autores foram confirmadas, ou seja, as relações entre os problemas de aritmética e memória operacional dependem das características dos

problemas aritméticos, dos componentes da memória operacional exigidos por estes problemas, e das maneiras com as quais as crianças, mais novas e mais velhas, resolvem os problemas aritméticos apresentados.

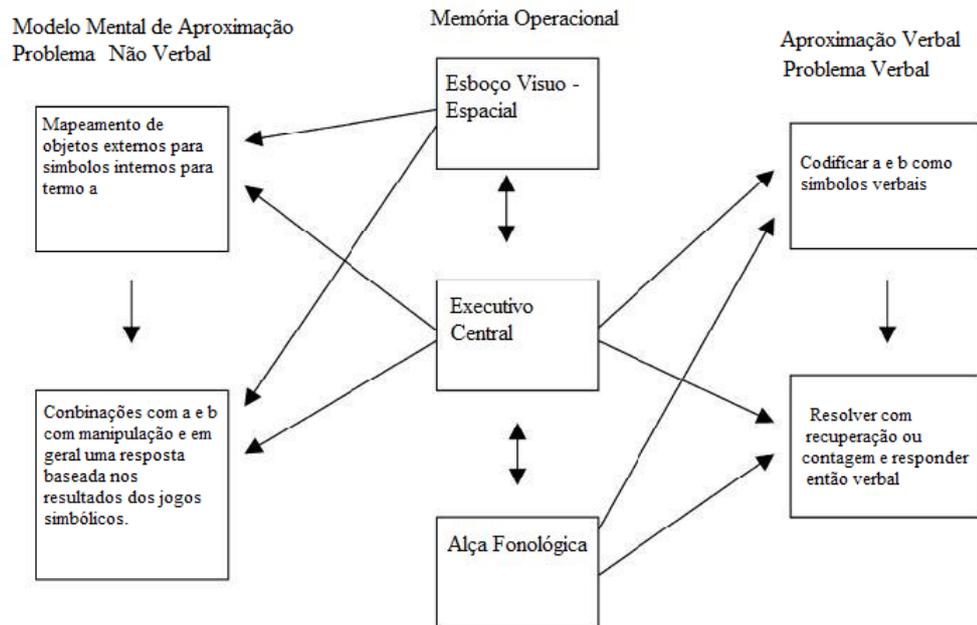


Figura 5 - Modelo mental para resolver problemas não verbais de dois termos ($a+b$), problema verbal comparado a solução de abordagem verbal, e a relação abordada com componentes da memória operacional. Extraído RASMUSSEN C, BISANZ J. Representation and working memory in early arithmetic. *J Exp Child Psychol.*, 91(2):137-57, Jun. 2005.

Johansson (2005) estudou sobre a habilidade de contar na seqüência numérica, ser um procedimento eficiente para resolver problemas aritméticos. Foram realizados dois experimentos, no primeiro, participaram 61 meninas e 65 meninos, na faixa etária de quatro a oito anos, nestes aplicaram dois testes de habilidade com seqüência numérica (contagem crescente e decrescente), seguidos de tarefas simples de adição e de subtração, ao final de cada tarefa era solicitado, à criança, explicar como, a mesma, resolveu o problema. No segundo, participaram 129 crianças, sendo que 93 eram crianças de pré-escola com faixa etária entre cinco e seis anos, e 36 crianças com sete anos de idade. Este experimento foi

realizado através da contagem regressiva, e de testes com operações de adição e subtração usando números idênticos, como por exemplo, $4+4$.

A partir do primeiro experimento, o autor verificou que as habilidades na seqüência da palavra numérica são um procedimento eficiente, tanto para a resolução de problemas, como no uso de estratégias para resolver estes problemas. E ainda, que a habilidade na seqüência da palavra numérica estaria em um estágio inicial nestas crianças. Enquanto no segundo experimento, o autor acredita que a característica estrutural para resolver os problemas com números idênticos, depende da habilidade na seqüência da palavra numérica, ou ainda que, o nível de habilidade, na seqüência da palavra numérica, determina a facilidade que pode ser usada como uma ferramenta para a solução. Portanto, Johansson (2005) concluiu que, habilidades na seqüência da palavra numérica contribuem nas soluções de problemas aritméticos.

Em recente estudo Lonnemann et al. (2008), foi descrita a relação entre representações espaciais de números e habilidades de cálculo. Neste estudo, investigaram possíveis relações entre distâncias espaciais numéricas e habilidades de cálculo, entre meninos e meninas em 118 crianças (66 do sexo feminino), com idade média de 8 anos e meio da Grade 3. Para distâncias espaciais numéricas, foi utilizado o Teste do Marco Numérico, já para habilidades viso-espacial foi utilizado o Teste Desenvolvimento Berry-Buktenica de Integração Viso-Motor, e, para Habilidades de Cálculo foram apresentados problemas de adição e subtração.

O Teste do Marco Numérico explora habilidades viso-espacial e de cálculo, entre intervalo numérico e espacial. Deve-se classificar esse teste em três condições: Neutra, Congruente e Incongruente, devido à distância numérica entre um número médio e outros números, e, a correlação com a distância espacial. Caso o intervalo das distâncias espaciais

seja idêntico, trata-se da Condição Neutra; porém, se a distância espacial do primeiro intervalo for maior que a segunda distância, trata-se de Condição Congruente; e se a distância espacial do primeiro intervalo for menor que a segunda, tratar-se de Condição Incongruente, ver figura 6 (LONNEMANN et al. (2008)).

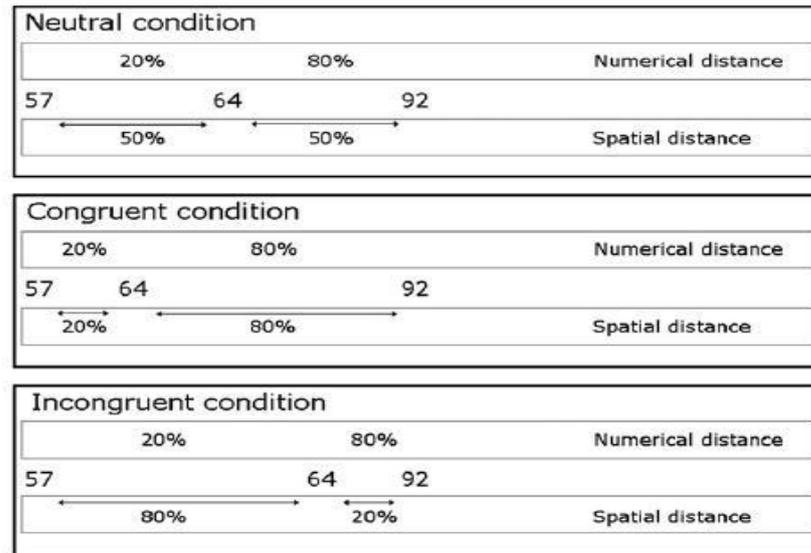


Figura 6. – Teste de Marco Numérico. Extraído LONNEMANN J, KRINZINGER H, KNOPS A, WILLMES K. Spatial representations of numbers in children and their connection with calculation abilities. Cortex,44(4):420-8, Apr. 2008.

O Teste Desenvolvimento Berry-Buktenica de Integração Visuo-Motor (VMI) é constituído por tarefas, de cópia de números de 13 -27 (Tarefa Cópia-VMI), e de ordenar em seqüência os números mencionados, de 14-27, (Tarefa de Discriminação Visual-VMI) (LONNEMANN et al. (2008)).

A atividade relacionada a Habilidades de Cálculo consistia em nove blocos de dez problemas aritméticos, sendo que cinco blocos eram relacionados com adição e quatro blocos com subtração (LONNEMANN et al. (2008)).

Os autores sugeriram que a partir do teste de Marco Numérico é possível investigar as relações entre representações espaciais do valor numérico e habilidade de cálculo, assim como habilidades viso-espacial. Lonnemann et al. (2008) acreditaram que o desempenho nas tarefas viso-espacial foi correlacionado positivamente com habilidades no cálculo, somente para meninos, e também que, estes resolveram, em média, melhor os problemas de adição e de subtração que envolvia números de dois dígitos, do que as meninas. Portanto, concluem que tanto conexões entre representações espaciais do número e habilidade de cálculo, como as habilidades viso-espacial em crianças com idade entre oito e nove anos, parecem ser marcadas diferentemente para meninas e meninos.

Portanto, de uma maneira geral, as pesquisas mencionadas anteriormente demonstram a importância de diferentes funções cognitivas no processamento numérico em sujeitos normais. Contudo, existem indivíduos com dificuldades em utilizar números e com funções cognitivas alteradas. Estes problemas são conhecidos como Discalculia. Segundo Kadosh & Walsh (2007), a discalculia consiste em déficits específicos em cálculos podendo ser de ordem congênita ou adquirida durante a vida, como em casos de acidente vascular cerebral. Ainda assim, pessoas que possuem tal desordem, podem ter sucesso em outras áreas que não dependem de habilidades numéricas.

Entre as funções cognitivas alteradas, encontram-se déficits em diferentes habilidades como, processamento automático de informações numéricas, eficiência em fazer associações entre significados simbólicos e quantidades, resgate na memória fatos aritméticos, ou ainda, na execução de procedimentos eficientes de cálculo (KADOSH & WALSH, 2007).

Estudos têm demonstrado que a prevalência da discalculia pode variar entre 3% e 11% de crianças, sendo esta variação devido a diferentes critérios adotados, para o diagnóstico de Discalculia, em diferentes países. Pesquisas apontam que é possível identificar, na família de crianças com discalculia, quadros anteriores e semelhantes à Discalculia, sendo possível que fatores genéticos contribuam para identificar a Discalculia (KADOSH & WALSH, 2007; DEHAENE ET AL., 2003).

Todavia, quais são as bases neurais das habilidades matemáticas? E de que maneira elas podem estar configuradas em pacientes com quadros como a discalculia? A próxima seção aborda essas questões.

2.3- Circuitos Neurais envolvidos no processamento aritmético

Estudos clássicos que correlacionam lesões em estruturas específicas do cérebro e alterações no cálculo matemático foram publicados no século XIX.

Com o surgimento de técnicas de neuroimagem, foi possível ampliar o número de pesquisas de correlações entre funções cognitivas envolvidas nas habilidades de resolução de problemas aritméticos com as estruturas e circuitos neuronais. Dentre os diferentes tipos de técnicas de exames de neuroimagem utilizados, destacam-se: Tomografia Computadorizada (TC), Ressonância Magnética (MRI), Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) e Ressonância Magnética Funcional (fMRI). Além disso, o avanço nos modelos matemáticos de interpretação de sinais elétricos fez com que técnicas antigas como a eletroencefalografia (EEG) fossem novamente colocadas na agenda de estudos em neurociência cognitiva.

Dehaene et al. (1995), utilizando-se do PET propuseram o Modelo do Triplo Código. Este é um modelo de circuito neuro-anatômico, subjacente ao processamento numérico e de cálculo aritmético mental. O Modelo do Triplo Código propõe o envolvimento de três sistemas de representação durante processamento numérico: Visual, Verbal e de Quantidades (Dehaene et al.,1995). O sistema visual refere-se aos números representados por dígitos. Já o sistema verbal diz respeito aos numerais que são representados por palavras. E, por fim, o sistema de quantidade seria a representação semântica não verbal das propriedades do número como, por exemplo, a escala numérica. A interação entre estes três sistemas, conhecido como processo de transcodificação, facilita a integração e modificação da informação de um código para outro. A Figura 7 ilustra esse modelo.

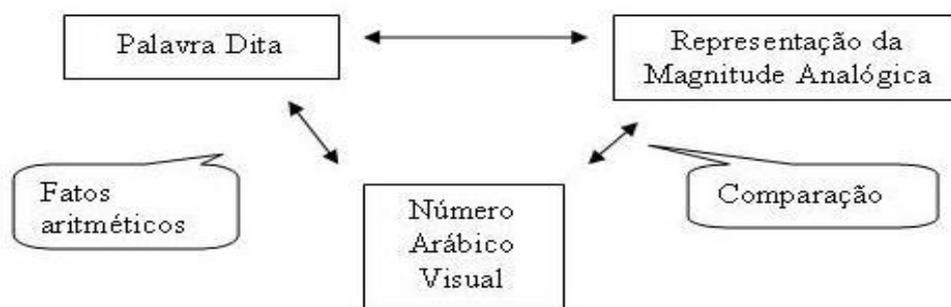


Figura 7- Figura simplificada do Modelo do Triplo Código de processamento numérico – Adaptação do modelo de Dehaene (1995)

O Modelo do Triplo Código foi essencial para a elaboração de estudos de mapeamento cerebral relacionados às habilidades matemáticas, pois possibilitou por meio dos três sistemas a compreensão do processamento numérico desejado. Além disso, ele permite a verificação de quais outras funções cognitivas são importantes nesse processo e quais estão

relacionadas aos níveis de complexidade de um determinado problema. A Figura 8 apresenta a distribuição neuro-anatômica desse modelo.

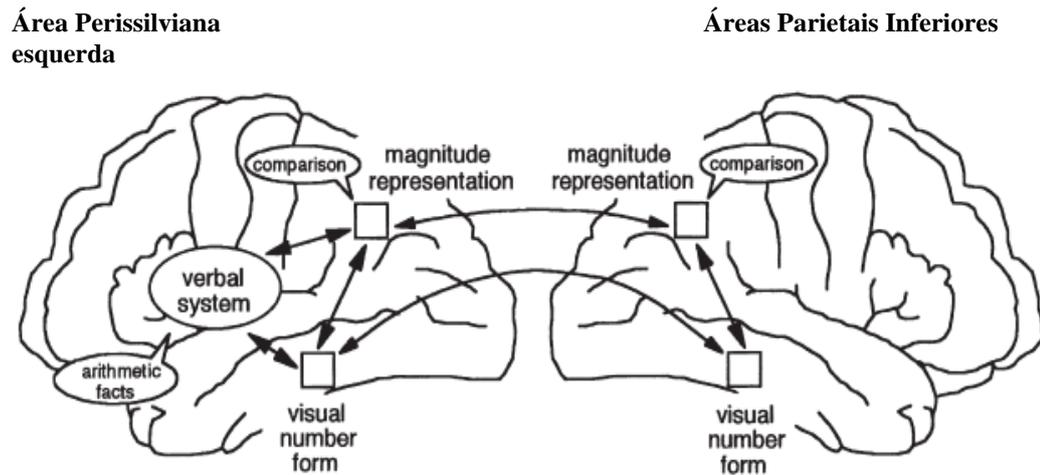


Figura 8- Distribuição anatômica proposta das três representações de números cardinais na visão externa dos hemisférios direito e esquerdo – Adaptação de Dehaene 1995

Já em 2003, Dehaene et al. realizaram outra pesquisa buscando identificar circuitos específicos no córtex parietal envolvidos no processamento numérico. Os autores realizaram um experimento de organização tripartida² e registraram a atividade cerebral com o uso de imagem por ressonância magnética funcional.

² - Organização Tripartida é o envolvimento de três regiões, *HIPS* – Segmento Horizontal do Sulco Intra Parietal; *AG*- Giro Angular Esquerdo; *PSPL* – Lobo Parietal - Dehaene et al.(2003).

Esses autores observaram três regiões principais envolvidas: *HIPS* – Segmento Horizontal do Sulco Intra Parietal; *AG*- Giro Angular Esquerdo; *PSPL* – Lobo Parietal Superior Posterior como pode ser observado na Figura 9.

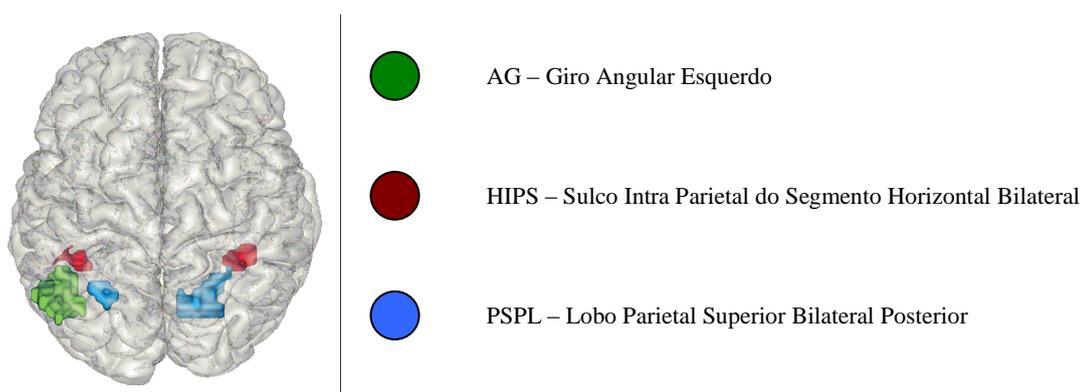


Figura 9 - As três regiões envolvidas no processamento numérico proposto por Dehaene et al, 2003

Com base nas imagens obtidas durante a pesquisa e da literatura existente, Dehaene et al (2003) identificaram características importantes destas regiões como o *HIPS – Segmento Horizontal do Sulco Intra-parietal..* Segundo os autores o sulco intra-parietal pode ser dividido em quatro áreas de ativação justapostas envolvidas somente no cálculo, no cálculo e na linguagem, somente em tarefas manuais e, por fim, em tarefas visoespaciais.

Para os autores, uma lesão simultânea das quatro áreas resultaria em dificuldades de cálculo, processamento de palavras, realização de alguns movimentos e compreensão viso-espacial. Já para o *AG- Giro Angular Esquerdo*, os autores acreditaram que este não está relacionado com processo de quantidade, mas com uma maior ativação durante tarefas que requereriam processamento verbal.

Por fim, o PSPL – *Lobo Parietal Superior Posterior* não é específico ao domínio do número, mas contribui para atenção espacial e/ou a expansão na orientação dos olhos durante a contagem. Com isso, Dehaene et al.(2003) concluíram que, pelo menos dois dos circuitos descritos, o PSPL da atenção e o AG verbal podem estar associados com as funções mais amplas, enquanto que o HIPS é principal candidato para o domínio específico do processamento numérico.

Em 2004, Dehaene et al, discutiram a partir de uma revisão da literatura o papel do sulco intra-parietal no desenvolvimento numérico e como isso se dá a partir dos primeiros anos de vida.. Com base em estudos de neuroimagem, os autores discutem o papel do sulco intra-parietal na Discalculia revelada em crianças.

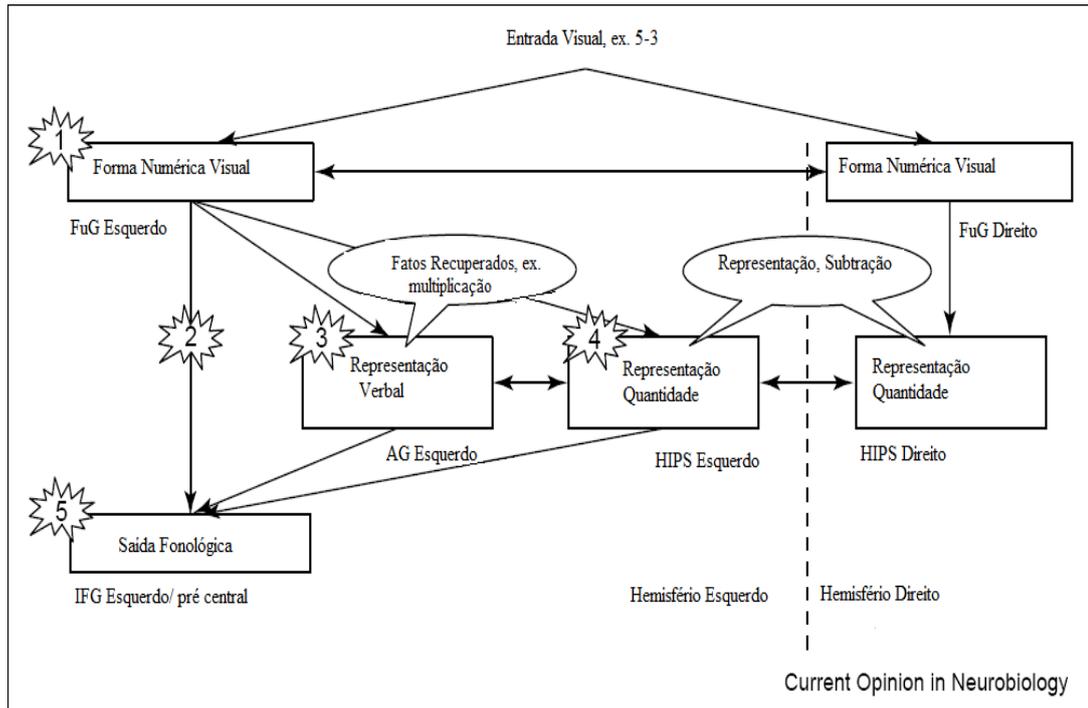


Figura 10 - Diagrama dos processos de informações envolvidos no processamento de dígitos árabicos durante tarefas aritméticas. Adaptado: DEHAENE, S., MOLKO, N., COHEN, L., WILSON, A.J. Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology* 2004. *Opin. Neurobiol.*

Além disso, Dehaene et al em 2004 propuseram um diagrama integrando as diferentes habilidades cognitivas envolvidas em tarefas de cálculo e as respectivas estruturas envolvidas (Figura 10).

Em 2005, Kong et al., investigaram as bases neurais durante operações aritméticas (adição e subtração) e durante processos de execução de adição e subtração mais complexos.

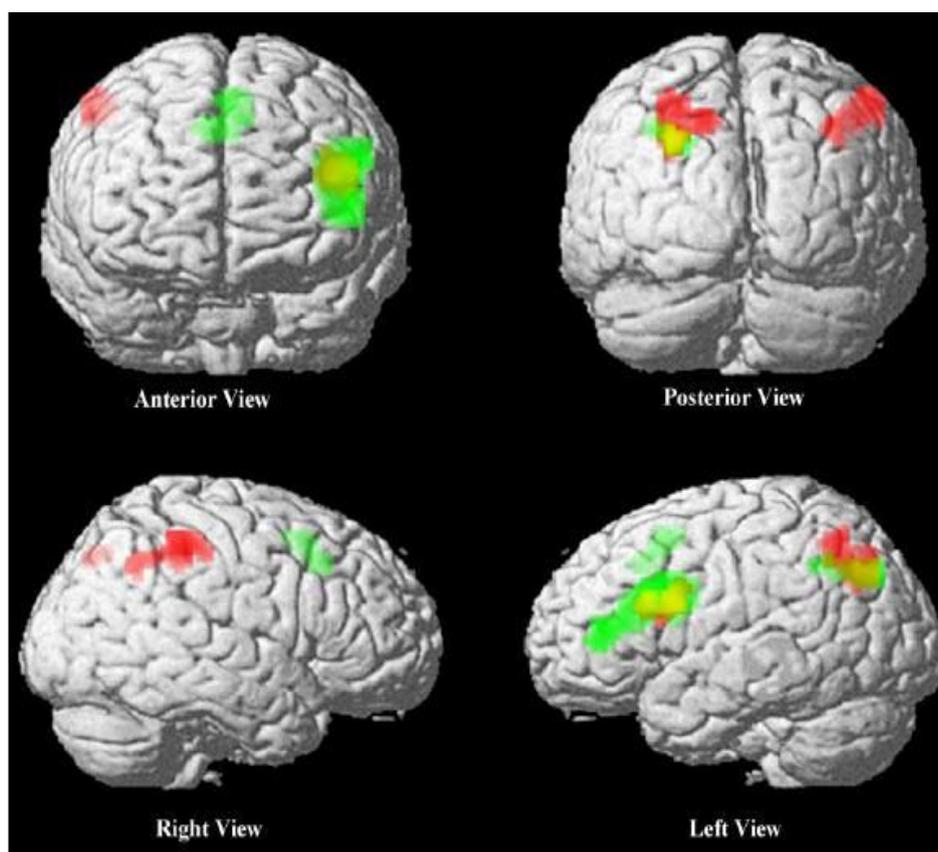


Figura 11- The neural substrate of arithmetic operations and procedure complexity. *Brain Res. Cogn.*, 22, 397– 405, 2005.
Extraído KONG.

Os autores identificaram redes específicas envolvidas com operações como adição ou subtração e redes envolvidas com processos de execução de adição e subtração mais complexas. Na Figura 11 pode-se verificar em vermelho as estruturas recrutadas durante operações de adição e subtração (giro frontal inferior esquerdo, giro intra-parietal esquerdo, giro parietal superior esquerdo, precuneus esquerdo e lobo parietal inferior direito). Já em verde pode-se observar as estruturas envolvidas em processos de execução de cálculos mais complexas. Com isso, os autores concluíram que o cérebro utiliza uma combinação de redes específicas para operações aritméticas. Uma rede cerebral comum, compartilhada, envolvida

em cálculos simples (adição simples, por exemplo) e que serve como base comum para que demais regiões sejam recrutadas durante demandas de problemas mais complexos.

Outro estudo é de Ischebeck, et al (2006), no qual investigaram as modificações relacionadas aos padrões de ativação cerebral em tarefas de operações aritméticas diferentes (multiplicação e subtração), por meio de imagem de ressonância magnética funcional.

Os autores observaram um aumento significativo da ativação do lobo parietal somente para a multiplicação. Os autores discutem os resultados considerando que a resolução de uma operação com multiplicação complexa exige mais etapas intermediárias do que a resolução de uma operação com multiplicação simples que exige somente a recuperação de dados da memória.

Grabner et al (2007) também investigaram as bases neurais de tarefas de multiplicação. Os autores verificaram que a ativação no córtex parietal durante o cálculo mental está modulada pelas diferenças individuais na competência matemática, independente de outras habilidades intelectuais, e ainda, que pessoas com maior aptidão matemática ativam mais o giro angular esquerdo, enquanto resolvem problemas de multiplicação fáceis e difíceis.

Dessa forma, os principais estudos até o momento, indicam para um papel de diferentes redes neurais no processamento de habilidades matemáticas. Diferentes componentes dessas redes são recrutados em função de diferentes tarefas e de diferentes níveis de complexidade. Entretanto, algumas estruturas são centrais no processamento dessas habilidades, sendo as principais o córtex parietal e o córtex pré-frontal.

2.4- Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

Como visto anteriormente, parte do conhecimento sobre habilidades matemáticas deriva das pesquisas em Neuropsicologia sobre a relação entre lesões cerebrais e disfunções, a outra parte, decorre do uso de diferentes técnicas de neuroimagem, em estudos sobre as bases neurais de operações matemáticas. Entretanto, ambas apresentam lacunas como, a dificuldade em estabelecer correlações precisas entre lesões e funções cognitivas, uma vez que, processos adaptativos pós-lesão passam a interferir no desempenho das funções e, também, a reduzida resolução temporal das técnicas de neuroimagem (a ativação de algumas estruturas durante a execução de determinadas tarefas pode ser um epifenômeno).

Nesse cenário, técnicas que permitam gerar interferências na atividade cerebral, com atuação em regiões específicas e com boa resolução temporal, são necessárias. Recentemente, duas técnicas estão sendo investigadas, em função das suas características específicas de modulação da atividade cerebral, com boa resolução temporal. Uma dessas é a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e a outra é a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC).

A Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) é uma técnica não-invasiva, praticamente indolor, aplicada em seres humanos conscientes, é considerada confiável e de baixo risco para pesquisa. Uma bobina em formato de oito recebe uma corrente elétrica, e é colocada sobre o crânio humano na região do córtex motor (e não em regiões profundas), gerando uma corrente elétrica no cérebro que é induzida. O crânio é isolante, porém, não isola o campo magnético, este último vai se dissipando. Quando esta corrente elétrica atinge o

córtex motor, produz uma resposta muscular. Sendo assim, EMT pode ser aplicada em outras regiões cerebrais e os resultados vão depender das funções envolvidas na modulação cortical. Podem-se encontrar dois tipos de EMT: EMT de pulso único ou simples e a EMTr, repetitiva. Ou seja, a EMT de pulso único/simples apresenta uma descarga de corrente única no córtex, em cada aplicação e não modula a atividade cerebral, enquanto, a EMTr apresenta descargas freqüentes, de corrente podendo causar um maior potencial de efeito sobre regiões corticais, alterando a atividade cerebral. A EMT tem permitido investigações sobre linguagem, memória e funções executivas, também é recomendada para tratamentos de doenças neurológicas, psiquiátricas e reabilitação pós-acidente vascular cerebral. (BOGGIO, 2004, pg 15-16; WAGNER, 2007).

Hong et al (2000), pesquisaram a memória operacional, especificamente, aspectos visuais, aplicando EMTr de baixa freqüência em participantes saudáveis, em nove áreas diferentes dos dois hemisférios cerebrais. Os resultados sugeriram uma lateralização da memória operacional visual, considerando que o córtex pré-frontal direito estaria mais envolvido com este tipo de tarefa.

Outro estudo interessante é o de Martis et al. (2003), no qual utilizaram a EMTr na área pré-frontal esquerda, para o tratamento de 15 pacientes com depressão. Primeiro foi aplicada a EMTr e depois realizadas as avaliações, considerando o fato dos autores acreditarem que a EMTr produz prejuízo nas funções relacionadas à área estimulada, no momento da estimulação e benefícios pós estimulação. Foram observadas melhoras significativas em testes relacionados às funções executivas e linguagem (Teste de Stroop e Fluência Verbal - Letras), memória visual e verbal (Reprodução Visual e Memória Lógica - Wechsler Memory Scale Revised) e destreza motora fina (Grooved Pegboard). Portanto,

concluíram que a modulação no CPFDL com EMTr de alta frequência produz melhora em determinadas funções cognitivas, nos pacientes com depressão.

Funções como tomada de decisão também estão sendo investigadas com EMT. Knoch et al (2006), investigaram os efeitos de EMT inibitória aplicada no CPFDL ou CPFE. Os autores observaram que a inibição do CPFDL produziu padrões de desempenho mais relacionados a grandes riscos, ao passo que a estimulação à esquerda não interferiu no desempenho dos sujeitos.

Diferentes estudos com EMT em Neuropsicologia foram realizados até o momento. Em uma pesquisa realizada na Web, principalmente na biblioteca virtual Pubmed, utilizando termos como “Neuropsychology and Transcranial Magnetic Stimulation” e/ou “Cognition and Transcranial Magnetic Stimulation” como palavras chaves, foi encontrado um total de 282 artigos publicados. Entretanto, até o momento, são escassos os estudos publicados que investigam habilidades matemáticas com o uso da EMT.

Dentre os estudos encontrados está o de Cohen Kadosh (2007), nele pesquisaram o uso da EMT durante a tarefa de cálculo, em voluntários saudáveis. Combinando *fMRI* com EMT investigaram o envolvimento dos sulcos intra-parietais (SIP) como a área central do processamento numérico, através de uma navegação neurológica, para interromper a ativação do SIP, e induzir um comportamento, semelhante ao da Discalculia em voluntários saudáveis.

Assim, considerando que uma das características da EMT é a induzir a chamada de Lesão Virtual Temporária (Pascual-Leone et al., 2000), os autores investigaram a possibilidade de simular uma Discalculia virtual³, ou seja, pesquisaram os efeitos da EMT aplicada no sulco intra-parietal direito (SIPD). Esta forma de lesão virtual permite investigar, experimentalmente, substratos neuronais para a Discalculia em pacientes saudáveis. Deste modo, os autores encontraram evidências diretas da função do SIPD no processamento de magnitude automática e revelaram diferenças inter-individuais consideráveis na ativação do IPS.

Demonstraram também, que embora ambos os sulcos intra-parietais estejam envolvidos somente com uma ruptura neuronal do lado direito, isto interrompe significativamente a ativação desta magnitude. Os resultados indicaram que o SIPD, não o esquerdo, é funcionalmente necessário para o processamento da magnitude automática e que a lesão no parietal direito (ruptura por EMT) afeta o processamento espacial, que por sua vez afeta o processamento numérico. Logo, comparar os efeitos dos comportamentos induzidos pela EMT, em voluntários sadios com o desempenho de participantes que sofrem de Discalculia do desenvolvimento, induziu os autores a sugerir um relacionamento causal direto entre o mau funcionamento ao longo do SIPD e a Discalculia do desenvolvimento.

3 Discalculia Virtual – aplicação de EMT guiada por fMRI para interferir na atividade do sulco intra parietal esquerdo e direito induzindo desta forma déficits comportamentais em cálculo. (Cohen Kadosh, 2007).

Além da EMT, a outra técnica pesquisada em relação à modulação cortical é a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC). Esta é uma técnica não invasiva, indolor, segura, de baixo custo e de simples aplicação, consiste em um aparelho que emite corrente elétrica contínua de baixa intensidade (em geral até 2 mA).

O aparelho de estimulação por corrente contínua é mantido por baterias, que geram a corrente, há um potenciômetro que controla a intensidade da corrente elétrica, um amperímetro que mede a intensidade da corrente elétrica, com no máximo 2 mA, e um par de eletrodos (catódico e anódico), envolvidos em esponjas umedecidas (solução salina), com tamanho de 5 x 7 cm (35 cm²). Deste modo, a estimulação anódica, de polarização positiva, despolariza o corpo celular do neurônio iniciando um disparo, ou aumentando as descargas espontâneas das células, iniciando oscilações da membrana, relativamente de alta frequência e baixa amplitude, durante a despolarização. A estimulação catódica gera resultados opostos, produzindo uma hiperpolarização.

Segundo Boggio (2006) a aplicação de ETCC teve início no século XX a partir de estudos com animais. Um destes, é o de Goldring & O'Leary (1950), apud Boggio (2006) que foi realizado em coelhos, nos quais, foi observado que a intensidade da corrente varia de experimento para experimento, alterando de 1 e 3 mA. Outro estudo realizado por Terzuolo & Bullock (1956), apud Boggio (2006), feito em crustáceos, teve como objetivo investigar os efeitos da aplicação da corrente elétrica na modulação do disparo neuronal.

Estes estudos realizados na metade do século XX mostraram que a estimulação catódica reduz o disparo espontâneo de neurônios corticais, provavelmente devido a uma hiperpolarização do corpo celular, enquanto a estimulação anódica tem um efeito inverso

(Lolas, 1977). Estudos recentes mostram o seu impacto em funções motoras (Rogalewsky et al.(2004); Lang et.al.(2005); Fregni et al., 2005; Boggio et al.(2007); Hummel et al., 2005), função executiva (Kincses et al., 2004), memória operacional (Fregni et al., 2005), tomada de decisão (Fecteau et al. 2007), compulsão induzida por estímulos visuais (Fregni et al., 2008); córtex visual; fluência verbal, entre outros.

Rogalewsky et al.(2004) observaram discriminação tátil antes, durante e depois da aplicação da ETCC em 13 indivíduos saudáveis, durante 7 min, com intensidade de 1mA. Os autores descobriram que a ETCC catódica, comparada com o grupo placebo, induziu uma diminuição prolongada da discriminação tátil, enquanto a ETCC anódica e placebo não apresentaram alterações significativas. Assim, concluíram que a ETCC no córtex sensório-motor tem efeito direto perceptual/comportamental, além disso, que a ETCC catódica perturba a percepção tátil.

Lang et al.(2005) também investigaram a atuação da ETCC na área cortical primária motora da mão, e como a técnica pode produzir efeitos na excitabilidade cortico espinal e na aprendizagem motora em humanos. A estimulação bipolar foi aplicada no córtex motor primário (M1) e no córtex frontal direito. Comparados ao grupo placebo, as ETCC anódica e catódica produziram aumentos e diminuições no fluxo sanguíneo cerebral em áreas corticais e subcorticais, principalmente em M1 direita frontal, córtex sensório-motor primário e regiões posteriores do cérebro, independente da polaridade. Neste estudo os autores concluíram que a ETCC pode ser um instrumento eficaz para mudanças na atividade neuronal.

Ainda com relação às funções motoras, Fregni et al. (2005), estudaram os efeitos da ETCC aplicada em CPFDL, em condição anódica, com corrente contínua de intensidade 1mA, aplicada durante 10 min, em pacientes pós Acidente Vascular Cerebral (AVC). Os autores investigaram a hipótese, da aplicação da ETCC catódica no hemisfério não-afetado melhorar o desempenho motor nestes pacientes, sendo assim aplicaram ETCC anódica no hemisfério afetado, visando o aprimoramento das funções motoras. Esta pesquisa revelou que as duas formas de aplicação da ETCC (anódica e catódica) melhoraram o desempenho motor dos participantes. Da mesma forma, Boggio (2006), em estudo realizado com sujeitos pós-AVC, aplicou a ETCC catódica no hemisfério não-afetado e ETCC anódica no hemisfério afetado dos participantes, os resultados mostraram que as aplicações melhoram de forma significativa o desempenho motor.

Hummel & Cohen (2005) investigaram a ETCC como uma possível estratégia para complementar o processo de reabilitação, depois de Acidente Vascular Cerebral (AVC). Descreveram a ETCC na excitabilidade cortical e função motora da mão parética, após o AVC. A ETCC anódica em área M1 do hemisfério lesionado mostrou melhora nas tarefas motoras de mímica, do dia-a-dia. Uma possibilidade considerada para aperfeiçoar as funções motoras da mão parética, seria a diminuição da excitabilidade em M1 do hemisfério não-afetado. O estudo revelou que métodos não-invasivos podem ser instrumentos poderosos para modular as funções cerebrais, em indivíduos que sofreram AVC, e podem contribuir para a reabilitação neurológica.

Boggio et al.(2007) em outra pesquisa comprovaram que repetidas sessões de ETCC podem melhorar a função motora de indivíduos, após AVC. No primeiro experimento, submeteram seis participantes às três situações de estimulação: anódica, catódica e placebo,

em quatro sessões semanais. No segundo experimento, cinco indivíduos foram submetidos a cinco sessões diárias consecutivas de ETCC catódica no hemisfério não afetado. Os resultados confirmaram os achados dos estudos de Fregni et al. (2005) e Hummel et al. (2005), indicando que a ETCC em ambos os hemisférios pode melhorar a função motora. Um aspecto importante deste estudo revelou que a aplicação repetida da ETCC com intervalos pequenos (24 horas) entre uma sessão e outra, não causou efeitos adversos. Estes achados, assim como outras pesquisas descritas neste estudo, demonstram que os resultados da aplicação da ETCC dependem da polaridade, da área cortical estimulada, assim como da intensidade da corrente elétrica utilizada.

Já em relação à função executiva, Kincses et al. (2004) investigaram a capacidade da ETCC interferir em uma tarefa de aprendizagem, por classificação probabilística, no córtex pré frontal em 22 sujeitos. A tarefa consistia em associar figuras geométricas com um dia ensolarado ou chuvoso. Cada combinação é probabilisticamente relacionada com o resultado particular específico de tempo; contudo o relacionamento não é absoluto, em diferentes porcentagens as combinações são associadas com resultados opostos. Durante a tarefa, indivíduos aprendem gradualmente quais dos dois resultados ocorreriam em cada tentativa, dada na combinação específica de dicas que aparecem, contudo eles não têm conhecimento da regra. Portanto, a ETCC foi aplicada no córtex pré-frontal, durante 10 minutos com intensidade de 1mA, em seguida a realização da prova. Os autores demonstraram que a ETCC no córtex pré-frontal foi capaz de facilitar os processos de aprendizagem implícita em humanos.

Com base nesses resultados, Fregni et al. (2005) e Boggio et al (2006), desenvolveram estudos sobre o papel da ETCC anódica na memória operacional. Em um primeiro estudo Fregni et al. (2005) investigaram os efeitos da ETCC aplicada em CPF de jovens saudáveis, no funcionamento da memória operacional, por meio de uma tarefa *three-back* com letras. Tal tarefa é constituída por letras de A até J, na qual a ordem é alterada, e são apresentadas em uma tela de computador durante 30 ms, de forma randomizada e com estímulo de 2 sec. Os indivíduos tinham como tarefa pressionar a barra de espaço quando a letra fosse repetida pela terceira vez. A estimulação ativa foi durante 10 minutos, sendo que cinco minutos eram sem estimulação e os cinco minutos finais, na presença da estimulação, realizavam a tarefa. Em seguida o indivíduo descansava 60 minutos, após este descanso era realizada a estimulação placebo, ou seja, cinco minutos sem estimulação e os últimos cinco minutos também sem estimulação, mas incluindo a tarefa.

Os autores verificaram a partir do estudo que a ETCC anódica no CPF/DLE melhorou o desempenho da memória operacional. Tais resultados instigaram os autores investigar a função da ETCC na memória operacional, de pacientes com Doença de Parkinson. Nesse estudo Fregni et al. (2005) e Boggio et al. (2006), aplicaram ETCC no CPF/D e no M1, e compararam com os efeitos de ETCC placebo. Assim, como no estudo inicial, os autores verificaram que a ETCC no CPF foi capaz de melhorar o desempenho na tarefa.

Considerando os efeitos de modulação cerebral por ETCC em CPF, Fecteau et al. (2007) investigou seu impacto na Tarefa de Tomada de Decisão. Tal tarefa consistia em uma escolha de risco, no qual o indivíduo deveria tomar a decisão: em qual ficha apresentada deveria apostar. Eram apresentados seis fichas, de cor rosa e azul, e o indivíduo precisaria

decidir em qual das fichas estava a coroa. A ficha vencedora poderia estar tanto na rosa quanto na azul, caso escolhesse errado, perdia pontos. Participaram do estudo 36 indivíduos com idade média de 20 anos e três meses. A intensidade da corrente foi de 2mA e a estimulação durou cinco minutos, no CPDLE. Os autores observaram que a ETCC aplicada no CPFDL resultou em respostas de menor risco, tal diferença não foi observada após ETCC placebo ou do CPFDLE. Os dados de Fecteau et al. (2007) sinalizam que a ETCC aplicada no CPFDL parece estar associada a respostas com maior cautela.

Os resultados obtidos com ETCC no desempenho de Tomada de Decisão encorajaram outros autores a investigar seus efeitos em quadros de Compulsão, induzida por estímulos visuais. Fregni et al (2008) investigaram o efeito da ETCC no CPFDL em condição anódica esquerda/catódica direita e anódica direita/catódica esquerda e comparado com placebo. Os voluntários foram expostos a alimentos reais e a filmes relacionados a alimentos, antes, durante e após a ETCC. Os autores concluíram que a ETCC diminuiu a compulsão alimentar, registrada por escalas visuais analógicas, também reduziu o número de fixações em figuras de alimentos, registradas com equipamento de rastreamento dos movimentos oculares. Além disso, após a ETCC os voluntários ficavam livres para ingerir os alimentos expostos, deste modo, verificou-se que o grupo estimulado ingeriu menor número de calorias quando comparado ao placebo.

Flöel et al (2008), estudaram o impacto da ETCC na linguagem, aplicaram ETCC anódica, catódica e placebo sobre o córtex temporal superior de 19 indivíduos saudáveis. Demonstraram melhora na tarefa de aquisição de novos vocábulos, e verificaram que a ETCC anódica no hemisfério esquerdo pode melhorar o processo de linguagem em

sujeitos saudáveis, e, ainda, possibilitar a melhora de déficits em nomeação de figuras, em sujeitos afásicos.

Em relação ao córtex visual, Antal et al.(2004) investigaram a hipótese, da ETCC aplicada em córtex occipital ser capaz de afetar os Potenciais Evocados Visuais (VEPs), que caracteriza a ativação cortical em resposta a estímulos visuais. Os VEPs foram gravados antes, imediatamente depois e (10, 20 e 30 min.) depois (de 5, 10 ou 15 min.) de ETCC no córtex visual primário. Concluíram que a ETCC parece ser um método possível na indução reversível de mudanças na polaridade, não só na área motora, como também na área visual.

Chaieb et al.(2008) estudaram a modulação da neuroplasticidade de curto-prazo em córtex visual, depois da ETCC, analisando correlações entre sexos. Na ETCC anódica os efeitos aumentaram significativamente, em mulheres comparadas com homens. Os efeitos por ETCC catódica não mostraram alterações significativas entre os gêneros. Os resultados indicaram que há diferenças entre os sexos no córtex visual, de tal forma que é possível supor que os efeitos são dependentes de neurotransmissores moduladores ou hormônios gonadais. Kuo et al.(2006) sugerem a existência de vias alternativas da neuroplasticidade entre sexos no córtex visual. Influências de hormônios gonadais sexuais, neurotrofinas e a presença de receptores neurotransmissores, nas membranas neurais podem influenciar a modulação da neuroplasticidade e pode ser expressa diferentemente em cada sexo.

Portanto, percebe-se a partir dos artigos mencionados anteriormente que a ETCC é uma técnica capaz de modular a atividade cerebral e induzir efeitos e alterações no desempenho cognitivo. Entretanto, até o momento nenhum estudo foi realizado a fim de investigar os efeitos da ETCC, em tarefas de cálculo matemático.

“Quem tem um porquê enfrenta qualquer como”

Viktor Frankl

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Investigar o impacto da ETCC em Tarefas de Multiplicação.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar o impacto da ETCC aplicada em córtex parietal ou pré-frontal comparada a ETCC placebo em tarefas de multiplicação considerando o número de acertos e tempo de reação.
- Verificar se os efeitos são dependentes do gênero.
- Verificar se os efeitos são dependentes do desempenho prévio em tarefa de matemática.
- Verificar se os efeitos são dependentes do desempenho em tarefa de memória operacional.

“Nós devemos ousar, e ousar, e continuar ousando”

George J. Dalton

4. MÉTODO

4.1. Sujeitos

Participaram do estudo quinze sujeitos saudáveis, nove eram do gênero feminino e seis do gênero masculino. Todos eram estudantes, com idades entre dezoito e trinta anos (média=21,9, DP=±3,3), voluntários e universitários do curso de Psicologia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Todos participantes tinham como língua materna o Português e nenhum deles faziam uso de entorpecentes ou bebida alcoólica e que se encaixaram nos critérios de inclusão e exclusão apresentados a seguir.

4.1.1 Critérios de inclusão

Foram considerados como critérios de inclusão:

- Homens ou mulheres,
- Idade entre 18 e 30 anos
- Universitários cursando Universidade ou com curso superior completo
- Subtestes da Escala de Inteligência Wechsler para Adultos (WAIS–III) (foram utilizados alguns subtestes para avaliar aspectos quantitativos e qualitativos da capacidade intelectual de adultos com faixa etária entre 16 e 89 anos).
- Outorga por escrito de consentimento informado para participar do estudo (anexo A).

4.1.2 Critérios de exclusão

Foram considerados como critérios de exclusão:

- Pacientes com história de epilepsia, neurocirurgia e implante de marca-passo.
- Paciente com dependência química.
- Quadros psicóticos.
- Quadros demenciais foram excluídos do estudo
- Esses critérios de exclusão seguem as orientações de artigo de

revisão sobre o Estado da Arte da ETCC (Nitsche et al., 2008).

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexoA) e todos os procedimentos do presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie seguindo as diretrizes do Conselho Nacional em Ética em Pesquisa. O número do andamento do protocolo no SISNEP é 0002.0.272.000-08 e número do documento FR – 177247.

Cada participante recebeu um caderno, Caderno de Dados do Voluntário (anexo A), que correspondia a dados pessoais do participante e subtestes nos quais foram submetidos.

4.2 Instrumentos

Para o estudo foram utilizados os seguintes instrumentos:

1- Caderno de Dados do Voluntário incluiu os seguintes itens:

a- Dados dos Voluntários : que abrangia dados pessoais do participante e uma breve observação sobre seu histórico escolar referente às disciplinas de Matemática, Geometria e Física.

b- Carta de informação ao sujeito de pesquisa: que teve como objetivo apresentar ao participante o objetivo do estudo, esclarecer eventuais dúvidas sobre ETCC, o procedimento a ser utilizado e informação sobre a tarefa proposta de multiplicação.

c- Inventário de Ansiedade de Beck (BAI): composto por vinte e um itens referentes a sintomas comuns de ansiedade, sendo que cada um tem quatro níveis crescentes da gravidade do sintoma. Objetivo da escolha deste teste foi avaliar a intensidade de ansiedade do participante naquela semana e também no dia da aplicação.

d- Inventário de Depressão de Beck (BDI): composto de 21 grupos de afirmações, cada um com quatro alternativas tendo como objetivo avaliar a intensidade de depressão do participante naquela semana e também no dia da aplicação.

e- Subtestes do WAIS–III: Com o objetivo de investigar o desempenho em cálculo numérico de sujeitos na faixa etária entre 18 e 30 anos foram aplicados alguns dos 14 subtestes neuropsicológicos do Escala de Inteligência Wechsler para Adultos (WAIS–III). O WAIS-III avalia aspectos quantitativos e qualitativos da capacidade intelectual de adultos com faixa etária entre 16 e 89 anos. Dentre os

subteste do WAIS-III os utilizados no estudo foram na escala verbal: Aritmética; Dígitos Span e Vocabulário e na escala de execução dos Cubos. Estes testes foram escolhidos por permitirem uma maior investigação do paciente quanto às habilidades de memória operacional; compreensão verbal, organização perceptual, verbal e de execução.

e.1- Teste Aritmética – WAIS–III: composto por 20 problemas aritméticos, que devem ser resolvidos mentalmente e respondidos oralmente dentro de um determinado limite de tempo, ou seja, utiliza-se da memória operacional para obter a informação, mantê-la por curto prazo e processá-la na memória, tendo condições a seguir de evocar a resposta.

e.2- Teste Vocabulário – WAIS–III: avalia o conhecimento verbal da linguagem e o processo mental para responder as palavras em questão. É considerada a melhor medida isolada do nível de inteligência geral por avaliar a capacidade de compreensão verbal, ou seja, o raciocínio verbal.

e.3- Teste Cubos – WAIS–III: avalia o raciocínio não verbal, atenção para detalhes e integração visomotora medindo desta forma as habilidades de organização perceptual, verbal e de execução do paciente

e.4- Teste Dígitos de Ordem Direta e Inversa- Span – WAIS–III: avalia atenção e memória imediata, ou seja, relaciona com a capacidade de obter a informação, mantê-la por curto prazo e processá-la na memória, para poder evocar a resposta, utilizando desta forma a memória operacional. Este teste divide-se em duas tarefas. Na primeira, pede-se ao sujeito que repita séries crescentes de números na mesma ordem em que foram ditas pelo examinador (ordem direta); na segunda, pede-se ao sujeito que repita as séries na ordem inversa daquela de sua apresentação (ordem inversa).

f- Escala Visual Analógica de Humor (antes e após a ETCC): avalia numa escala de 1 a 10 o tipo de humor que o paciente apresenta no momento. Tendo este teste o objetivo de avaliar o antes e o após a ETCC as alterações apresentadas ou não de humor no paciente.

g- Questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC: avalia na escala de 1 a 4 os sintomas descritos pelo paciente após a ETCC e tem como objetivo investigar a relação do tratamento ETCC com os sintomas descritos pelo paciente.

h- Avaliação da qualidade de estudo cego (check on blind): avalia o tipo de tratamento que o paciente acredita ter recebido naquele dia. Tendo como objetivo investigar a opinião do paciente quanto a ETCC ativa ou ETCC placebo.

2- Aparelho de Estimulação Transcraniana de Corrente Contínua: Conforme descrito anteriormente.

3- Tarefa de Multiplicação: composto por operações multiplicativas de um dígito por um dígito e de dois dígitos por dois dígitos, além de duas alternativas de respostas, sendo uma correta e outra incorreta. Este será apresentado com maiores detalhes em seguida.

4.21 Procedimento

Pacientes que contemplaram todos os critérios de inclusão e exclusão descritos anteriormente na triagem feita no Laboratório de Neurociências do Comportamento (Rua Piauí, 181, 10º andar, São Paulo) do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Presbiteriana Mackenzie foram convidados a participar do estudo. Para tanto, foi solicitado o consentimento informado (anexo A) de cada sujeito após explicações aos mesmos sobre os objetivos, métodos, benefícios e riscos potenciais do estudo.

Após a obtenção do consentimento informado, os sujeitos que atenderam todos os critérios de inclusão, e que não registraram nenhum dos critérios de exclusão, foram selecionados de maneira randômica.

Após a obtenção do consentimento informado e avaliação dos testes do Caderno do Voluntário, os participantes receberam em dias diferentes, com intervalos de 48 horas entre cada aplicação para minimizar os efeitos de duração da ETCC, figura 14, e em ordem randomizada uma das seguintes estimulações:

- 1: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica aplicada em Córtex Pré-frontal Dorsolateral Esquerdo (CPFDLE).
- 2: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Parietal Direito (CPD).
- 3: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica aplicada em Córtex Parietal Esquerdo (CPE).
- 4: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Placebo (PB)

O grupo placebo recebeu a mesma seqüência de estimulação dos outros grupos. O aparelho de ETCC foi ligado por 5 minutos para que o participante tivesse as mesmas sensações das outras etapas e em seguida o aparelho foi desligado.

A nossa proposta de estimulação exigiu o uso de um aparelho de ETCC. Em todas as situações de estimulação, os participantes foram primeiro estimulados durante cinco minutos e em seguida realizaram a Tarefa de Multiplicação quando ETCC ativa, o aparelho de ETCC permaneceu ligado durante a realização do teste e quando estimulação foi placebo sem ETCC ativa.

A aplicação de cada uma das estimulações foi realizada em horários pré-determinados, com intervalo de 48 horas e os participantes realizaram as tarefas de multiplicação em uma sala individual recebendo a estimulação durante cinco minutos mais o tempo de realização do teste, o aparelho de ETCC permaneceu ligado durante dez minutos, incluindo também os primeiros cinco minutos de ETCC sem o teste, conforme esquema apresentado na figura 12.

	48hs	48hs	48hs	48hs
Triagem	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia
• Critérios de Inclusão	5 min. ETCC	5 min. ETCC	5 min. ETCC	5 min. ETCC
• Critérios de Exclusão	+	+	+	+
• Termo de Consentimento	ETCC	ETCC	ETCC	ETCC
• Subtestes WAIS III	(Ativa / Placebo) com	(Ativa / Placebo) com	(Ativa / Placebo) com	(Ativa / Placebo) com
• BAI	Tarefa de	Tarefa de	Tarefa de	Tarefa de
• BDI	Multiplicação	Multiplicação	Multiplicação	Multiplicação
• Treino				

Figura 12 – Esquema do Estudo

Tarefa de Multiplicação

Na pesquisa foi utilizado a Tarefa de Multiplicação envolvendo operações de multiplicação que tiveram como referência procedimentos descritos por Ischebeck et al.(2006). A escolha pela operação multiplicativa deu-se pelo fato de que esta operação acaba incorporando operações de adição e também pela multiplicação ser o inverso da operação de divisão. A operação de multiplicação armazena, manipula e resgata as informações das redes neurais envolvidas no problema aritmético sendo responsáveis para a solução do problema.

A Tarefa de Multiplicação referente a esta pesquisa consistiu na apresentação de quatro (4) blocos de operações de multiplicação, (Anexo B), com dois possíveis resultados, sendo somente um correto e sendo cada bloco aplicado em dias diferentes. Cada bloco, com exceção do treino que teve 18 questões tiveram 36 atividades envolvendo operações de multiplicação. Apresentadas aleatoriamente e compostas da seguinte forma; um dígito por um dígito (por ex: 2×6) e dois dígitos por dois dígitos (por ex: 13×17). Os blocos de operações de multiplicação de um dígito por um dígito foram considerados em termos de dificuldade Nível Simples e de dois dígitos por dois dígitos em termos de dificuldade Nível Complexo. As operações contemplaram números de um dígito de 2 a 9 e de dois dígitos de 12 a 99 (com exceção do 15, para manter o mesmo grau de dificuldade). Foram excluídos problemas com divisibilidade por 10.

Cada operação foi apresentada em uma tela de fundo branco, sendo que o tempo de um dígito por um dígito foi apresentado durante 2000 ms; dois dígitos por dois dígitos apresentados durante tempo de 8000 ms; com um intervalo inter-estímulos de tempo de 400ms e as possíveis respostas apresentadas em uma tela de fundo branco apresentadas por

um tempo de 5000ms, Figura 13. Os números foram apresentados em cor preta, fonte *Times New Roman* e tamanhos 75. O teste foi realizado com o programa Superlab pro v2.0 (Cedrus Corporation, San Pedro, Ca) e tanto as operações numéricas quanto os resultados foram criados no programa Paint Bush utilizando a extensão .bmp para salvar as imagens. Aos participantes foi solicitado que apertassem a barra da direita ou da esquerda em função das respostas corretas. Primeiro cada sujeito efetuou uma fase de treino com 18 operações de multiplicação com a possibilidade de duas respostas sendo somente uma correta em cada operação.

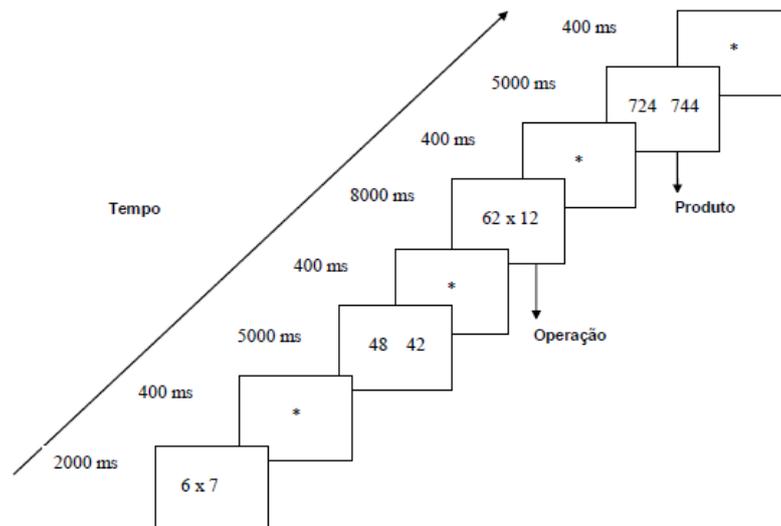


Figura 13- Esquema de Apresentação da Tarefa de Multiplicação

Somente após o bloco de treino, o sujeito foi testado, sob condição ETCC placebo e ativo.

4.2.2 Aplicação da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

Para a estimulação ativa, foi aplicada corrente contínua através de um par de eletrodos, ânodo e cátodo, envolvidos por esponjas umedecidas em solução salina, soro fisiológico, com dimensões de 5 x 7 cm (35 cm²). O ânodo tem como função despolarizar (+) enquanto o cátodo hiperpolariza (-). A corrente é fornecida por um aparelho de estimulação de corrente contínua, mantido por baterias, especialmente desenvolvido para essa finalidade, sendo 2 mA o máximo de corrente fornecido. Para a estimulação placebo, o mesmo procedimento foi aplicado, no entanto o estimulador foi desligado depois de 20 segundos. Assim, os participantes sentiram inicialmente a mesma sensação que os participantes do grupo ativo, mas em seguida não receberam corrente pelo resto do período de estimulação. A estimulação foi durante cinco minutos e em seguida iniciaram realização do teste de multiplicação dando continuidade com a estimulação até a finalização do teste; a intensidade de corrente foi de 2 mA. Após a obtenção do consentimento informado os pacientes receberam 4 (quatro) sessões de aplicação duas vezes por semana com intervalos de 48 horas entre uma e outra aplicação e em ordem randomizada uma das seguintes estimulações e respectivamente um dos blocos, conforme figura 13.

- 1: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica aplicada em Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo (CPFDLE) – (fig.14)
- 2: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Parietal Direito (CPD) – (fig.15)
- 3: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica aplicada em Córtex Parietal Esquerdo (CPE) – (fig.15)
- 4: Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Placebo (PB)

Os eletrodos foram posicionados conforme a escolha das áreas cerebrais escolhidas e em seguida iniciado uma tensão de 0 volts que foi aumentada gradualmente até gerar uma tensão que possibilitou a intensidade de corrente escolhida para o estudo. Para que obtivéssemos uma baixa resistência elétrica na aplicação da ETCC, a limpeza da pele, a área de contato, a umidade da esponja e a cinta elástica para fixar os eletrodos foram itens considerados importantes para garantir a efetividade do procedimento.

O ponto de estimulação posicionado e mantido no Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo (CPFDLE) está indicado na figura 14; no Córtex Parietal Direito (CPD) indicado na figura 15 e no Córtex Parietal Esquerdo(CPE) invertendo a posição dos eletrodos da figura 15. O ânodo esta representado na figura pelo fio vermelho e cátodo representado pelo fio preto.

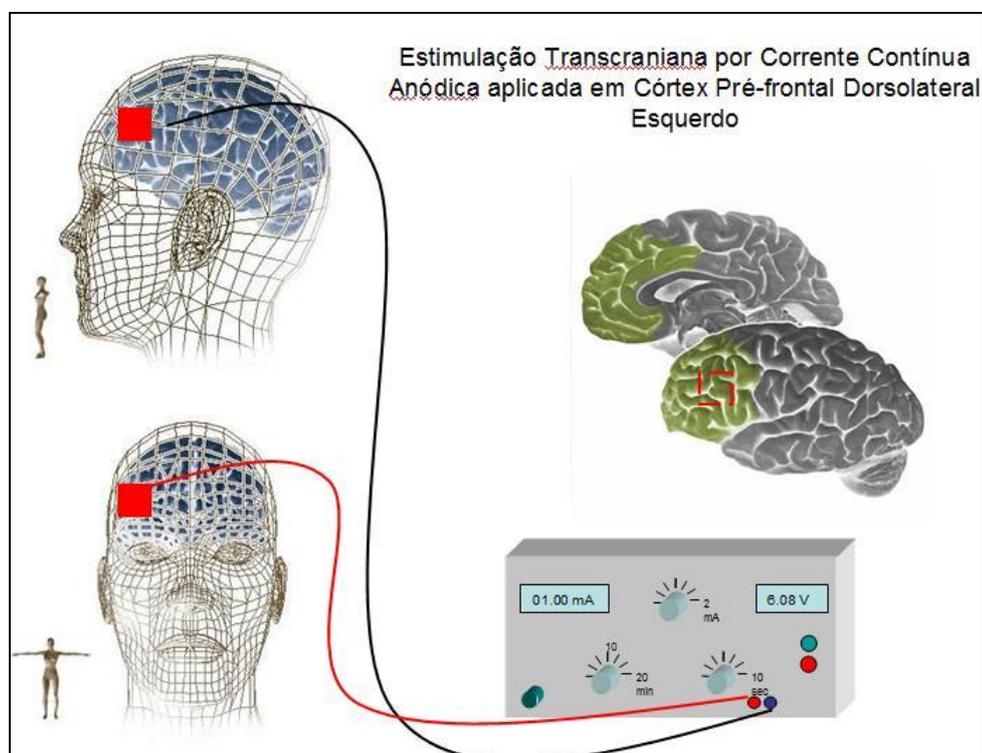


Figura 14- Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo

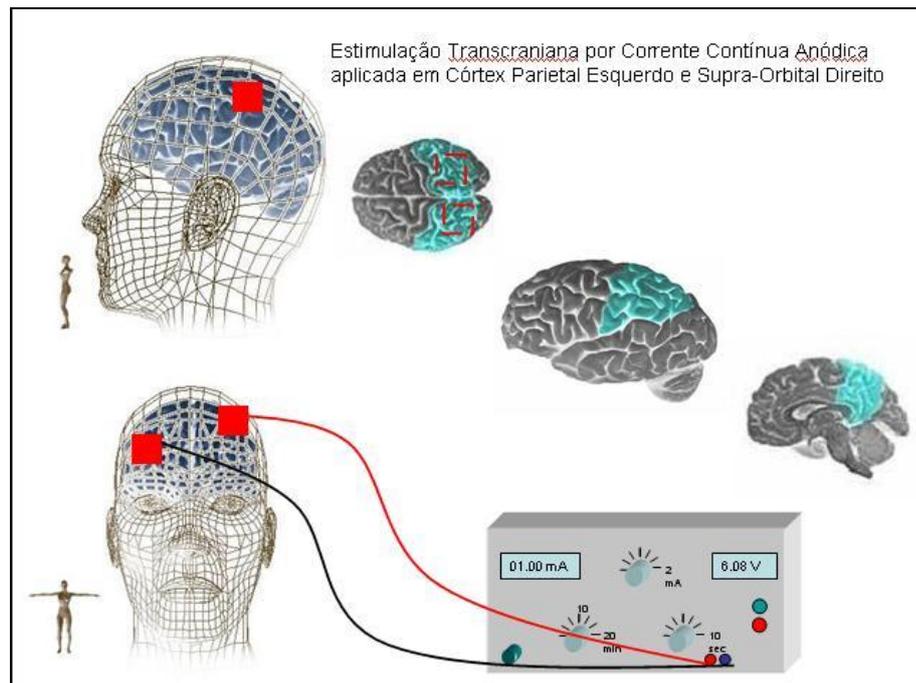


Figura 15- Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua Anódica Aplicada em Córtex Parietal Esquerdo e Supra-Orbital Direito

4.2.3 Aspectos Éticos

O estudo foi conduzido de acordo com os requerimentos do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie e também baseado nas recomendações estabelecidas na Declaração de Helsinki (1964), conforme emenda em Tóquio (1975), Veneza (1983) e Hong-Kong (1989).

Todos os participantes tiveram pleno conhecimento dos objetivos e métodos do experimento assim como forneceram consentimento por escrito (termo de consentimento). Além disso, foram devidamente avisados de que todas as informações fornecidas serão estritamente sigilosas.

Por fim, este projeto já foi aprovado no Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie seguindo as diretrizes do Conselho Nacional em Ética em Pesquisa.

O número do andamento do protocolo no SISNEP é 0002.0.272.000-08 e número do documento FR – 177247.

4.2.4 Segurança do uso da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

Até o momento atual, nenhuma pesquisa apresentou dados de efeitos colaterais produzidos pela ETCC (Antal, Kincses, Nitsche, Bartfai, & Paulus, 2004; Antal, Kincses, Nitsche, & Paulus, 2003a, 2003b; Antal, Nitsche et al., 2004; Antal, Nitsche, & Paulus, 2001; Antal, Varga, Kincses, Nitsche, & Paulus, 2004; Baudewig, Nitsche, Paulus, & Frahm, 2001; Kincses, Antal, Nitsche, Bartfai, & Paulus, 2004; Lang, Nitsche, Paulus, Rothwell, & Lemon, 2004; Liebetanz, Nitsche, Tergau, & Paulus, 2002; Matsunaga, Nitsche, Tsuji, & Rothwell, 2004; Nitsche, Fricke et al., 2003; Nitsche, Grundey et al., 2004; Nitsche, Jaussi et al., 2004; Nitsche, Liebetanz et al., 2003; Nitsche, Liebetanz et al., 2004; Nitsche, Liebetanz, Tergau, & Paulus, 2002; Paulus, 2003). Entretanto, critérios sobre a utilização de corrente contínua aplicada sobre o escalpe devem ser investigados e utilizados para garantir a segurança da aplicação.

Alguns elementos e parâmetros relativos à ETCC devem ser levados em consideração:

- 1- Intensidade de corrente aplicada: i (mA);
- 2- Duração da sessão de estimulação: t (seg);
- 3- Tamanho do eletrodo: A (cm²);
- 4- Densidade da corrente: i/A (mA/cm²);
- 5- Carga total aplicada: $(i/A)*t$

No artigo de Paulus et al (2003), os autores colocam que, segundo McCreery et al (1990), no que tange a ETCC, um bom parâmetro para verificar a segurança da técnica é a

densidade de corrente. Segundo McCreery et al. (1990) em estudos com animais, densidades de corrente inferiores a $25\text{mA}/\text{cm}^2$ não são capazes de induzir lesões no tecido cerebral, mesmo quando aplicadas por horas e com frequências altas. Nos protocolos atuais de ETCC (inclusive os apresentados nessa tese), o valor de densidade de corrente varia de 0.02857 (para $i=1\text{mA}$ e eletrodo de 35cm^2) a 0.05714 (para $i=2\text{mA}$ e eletrodo de 35cm^2) ficando, portanto, muito abaixo dos valores recomendados (875 e 437.5 vezes inferior, respectivamente). Além disso, em função dos protocolos também utilizarem a duração da sessão como variável, a carga total aplicada por sessão deve ser considerada. Yuen et al. (1981) observaram lesão no tecido cerebral a partir de $216\text{C}/\text{cm}^2$ de carga total. Se considerarmos tempo de sessão de 30 minutos, $i=2\text{mA}$ e $A_{\text{eletrodo}}=35\text{cm}^2$ a carga total aplicada será de $0.103\text{C}/\text{cm}^2$, ou seja, 2100 vezes abaixo do valor observado por Yuen et al. (1981).

Além disso, a possibilidade desta técnica causar lesão cerebral pela formação de produtos tóxicos causados pela interação dos eletrodos com o córtex cerebral não existe (Nitsche, 2003), pois os eletrodos estão em contato direto apenas com a pele e não com o córtex cerebral. Esse risco existiria para a pele, entretanto esponjas com solução salina usadas no presente estudo previnem o risco de lesão dermatológica.

Com a finalidade de fornecer mais dados sobre a segurança da ETCC, Nitsche, Niehaus et al. (2004) realizaram exames de imagem por ressonância magnética antes e após 30 e 60 minutos da estimulação cerebral aplicada em córtex motor ou pré-frontal. Os autores não observaram pelas imagens nenhuma alteração patológica concluindo que a ETCC não induziu edema cerebral, alterações da barreira hematoencefálica ou do tecido cerebral. Também, em estudo anterior (Nitsche et al, 2003), os autores não observaram variação na concentração de enolase. Em função dessa proteína ser considerada como um marcador biológico de morte neuronal, a não alteração deste indicador fornece mais elementos sobre a segurança da técnica.

Por fim, estudo recente (Accornero, Voti, La Riccia, & Gregori, 2006) realizou aplicações de ETCC e monitorou durante e após 20 minutos do término da estimulação o batimento cardíaco, pressão arterial e temperatura. Os autores não observaram nenhuma alteração nesses índices durante e após a ETCC sinalizando que a ETCC não induziu nenhum efeito relacionado à ativação do tronco cerebral.

“Nenhum de nós é tão bom quanto nós todos juntos.”

Autor Desconhecido

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.1 Resultados

5.1.1 Caracterização da Amostra

Um total de 15 indivíduos, constituído por 9 mulheres e 6 homens, forneceram consentimento informado para participar da pesquisa após serem-lhe explicados os objetivos, métodos, benefícios e riscos potenciais do estudo. Todos foram distribuídos randomicamente para receber os quatro tipos de ETCC em dias diferentes.

As características dos indivíduos que participaram da pesquisa podem ser observadas na Tabela 1. O grupo apresentou média \pm DP de idade e escolaridade de $21,9 \pm 3,3$ e $14,5 \pm 0,6$, respectivamente. Com relação aos subtestes do WAIS-III os valores obtidos com relação ao escore ponderado nos subtestes de Aritmética, Dígitos, Vocabulário e Cubos foram de $11,7 \pm 1,9$, $13,3 \pm 2,3$, $10,7 \pm 2,8$ e $14,6 \pm 1,8$, respectivamente. Sobre as características da ansiedade e depressão as médias das pontuações nas escalas de ansiedade (BAI) e depressão (BDI) foram, respectivamente, $5,7 \pm 3,5$ e $7,1 \pm 9,3$.

Tabela 1- Caracterização da amostra

Sujeitos	15	
Sexo (f / m)	9/6	
	Média	DP
Idade (média em anos)*	21,9	3,3
Escolaridade(média em anos) *	14,5	0,6
Aritmética *	11,7	1,9
Dígitos *	13,3	2,3
Vocabulário *	10,7	2,8
Cubos *	14,6	1,8
BAI *	5,7	3,5
BDI *	7,1	9,3

* Média \pm DP

5.1.2 Tarefa de Cálculo

A tarefa de multiplicação realizada durante os diferentes tipos de estimulação foi analisada considerando os valores de acertos e tempo de reação. Os valores obtidos em cada estimulação ativa foram corrigidos e transformados em percentual da variação em comparação com o placebo. Ou seja, os valores considerados na análise estatística para cada sujeito foram:

$$X = (ETCC_{ativa} - ETCC_{placebo}) * 100 / ETCC_{placebo};$$

Onde $ETCC_{ativo}$ corresponde ao valor bruto de acertos ou tempo de reação durante um dos tipos de ETCC ativa (CPD, CPE ou CPFDLE) e $ETCC_{placebo}$ corresponde ao valor bruto de acertos ou tempo de reação durante a estimulação placebo. Além disso, as tarefas de multiplicação tinham graus de dificuldade diferentes, i.e, tarefas de um dígito multiplicado por um dígito e tarefas de dois dígitos multiplicados por dois dígitos. Foram adotados como nomenclaturas para a descrição dos resultados e discussão os seguintes termos:

Nível_{simples}: um dígito multiplicado por um dígito;

Nível_{complexa}: dois dígitos multiplicados por dois dígitos.

Além disso, as análises realizadas consideraram o desempenho prévio dos sujeitos nas tarefas de Aritmética, Dígitos, Vocabulário e Cubos do WAIS III como fator. Para isso, foram criadas categorias de desempenho para cada sub-teste do WAIS III.

No subtteste Aritmética do WAIS III, o escore ponderado mínimo foi 8 e máximo, 15. Desse modo, os participantes foram divididos em duas categorias conforme seu desempenho:

Arit_{inferior} : escore ponderado < 12

Arit_{superior} : escore ponderado ≥ 12

No subtteste Dígitos do WAIS III, o escore ponderado mínimo foi 10 e máximo, 17. Desse modo, os participantes foram divididos em duas categorias conforme seu desempenho:

Dig_{inferior} : escore ponderado < 14

Dig_{superior} : escore ponderado ≥ 14

No subteste Vocabulário do WAIS III, o escore ponderado mínimo foi 7 e máximo, 17. Desse modo, os participantes foram divididos em duas categorias conforme seu desempenho:

$Voc_{inferior}$: escore ponderado < 12

$Voc_{superior}$: escore ponderado ≥ 13

No subteste Cubos do WAIS III, o escore ponderado mínimo foi 12 e máximo, 17. Desse modo, os participantes foram divididos em duas categorias conforme seu desempenho:

$Cubos_{inferior}$: escore ponderado < 15

$Cubos_{superior}$: escore ponderado ≥ 15

Com a criação desses fatores, os dados obtidos no teste de multiplicação foram analisados por ANOVA para medidas repetidas considerando como variáveis dependentes o tempo de reação e o total de acertos e como fatores o Tipo de ETCC (CPD, CPE e CPFDLE), Gênero (masculino ou feminino) e o desempenho nos subtestes do WAIS III (inferior ou superior); além disso, foram analisadas as interações entre esses fatores.

5.1.2.1 Acertos

A tabela 2 apresenta os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Aritmética e grau de dificuldade da Tarefa de Multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Arit, Nível, ETCC, e as interações Arit*Nível, Arit*ETCC, Nível*ETCC e Arit*Nível*ETCC.

Tabela 2- ANOVA para medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Aritmética

	F	p
Aritmética	0,06	0,8
Nível	0,3	0,6
Aritmética*Nível	0,0004	1,0
ETCC	1,7	0,2
ETCC*Aritmética	0,3	0,7
ETCC*Nível	0,2	0,8
ETCC*Aritmética*Nível	4,0	0,02

Como pode ser observado pela Tabela 2, não foram encontrados efeitos significativos para os fatores Arit, Nível, ETCC, Arit*Nível, Arit*ETCC e Nível*ETCC. Entretanto, verificou-se efeito significativo para a interação Arit*Nível*ETCC ($F=4,0$; $p=0,02$). Dessa forma, foi realizada análise *post hoc* com teste Fisher LSD para a interação Arit*Nível*ETCC.

A Tabela 3 apresenta os valores de p obtidos nessa análise. Como pode ser observado, foram encontradas diferenças significativas entre as estimulações do CPD e CPE para o grupo Arit_{inferior} durante a tarefa de multiplicação Nível_{simples} ($p=0,05$).

Tabela 3 – Análise *post hoc* Fischer LSD para a Interação Arit*ETCC*Nível

		ARITMÉTICA													
		Inferior						Superior							
Nível		Simples			Complexa			Simples			Complexa				
		ETCC	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	
A R I T M É T I C A	Inferior	SIMPLES	CPD												
			CPE	0,05											
			CPFDLE	0,3	0,4										
		COMPLEXA	CPD	0,4	0,4	1,0									
			CPE	0,6	0,3	0,7	0,6								
			CPFDLE	0,6	0,2	0,7	0,6	1,0							
	Superior	SIMPLES	CPD	0,3	0,4	1,0	1,0	0,6				0,6			
			CPE	0,4	0,3	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7					
			CPFDLE	0,4	0,2	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0				
		COMPLEXA	CPD	0,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1		
			CPE	0,2	0,5	0,9	0,9	0,6	0,5	0,9	0,7	0,6	0,02		
			CPFDLE	0,1	0,6	0,7	0,7	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,01	0,80	

Pela Figura 16, pode se verificar um aumento do desempenho do grupo $Arit_{inferior}$ quando estimulado em CPD e uma redução quando estimulado em CPE em tarefa de multiplicação $Nível_{simples}$.

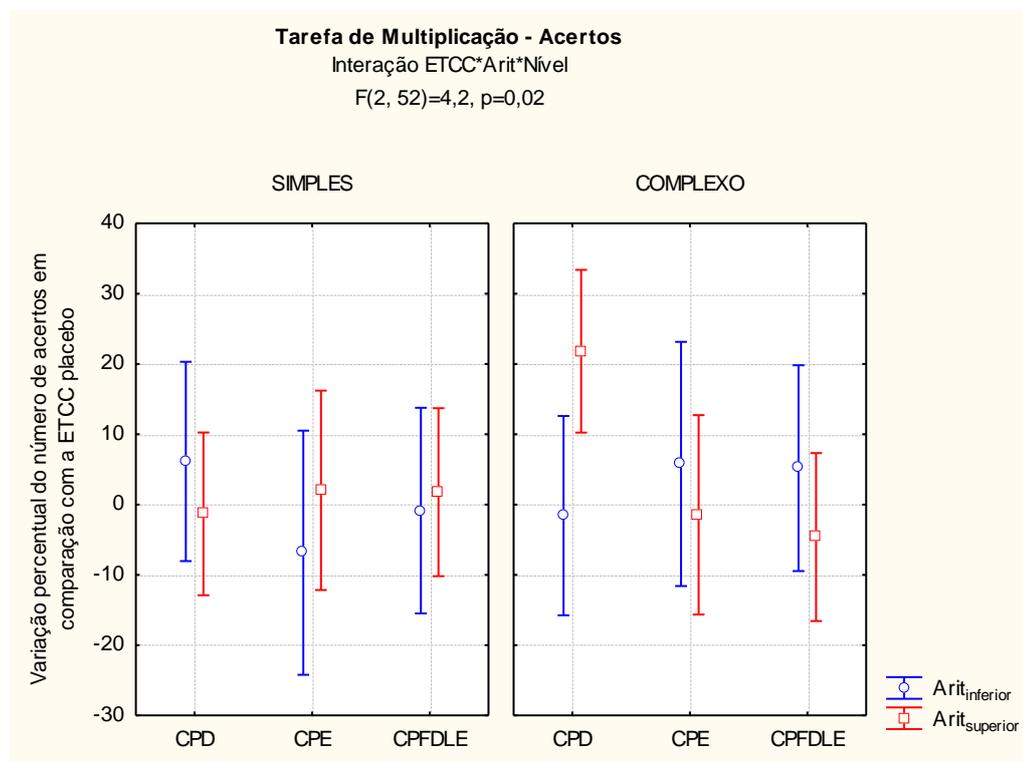


Figura 16. Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Arit*ETCC*Nível.

Além disso, também pode-se observar efeitos significativos entre a estimulação do CPD em comparação com o CPE e o CPFDLE para o grupo Arit_{superior} durante a tarefa de multiplicação Nível_{complexo} ($p=0,02$ e $0,01$, respectivamente). Tal diferença diz respeito a um aumento no desempenho para o grupo Arit_{superior} quando estimulado no CPD de 21,8% ($\pm 5,6$) em comparação a uma variação de -1,5% ($\pm 6,9$) e -4,6% ($\pm 5,8$) para os grupos CPE e CPFDLE, respectivamente, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Variação percentual no número de acertos em comparação ao Placebo considerando desempenho em Aritmética

		Tarefa de Multiplicação		
		Aritmética		
Estimulação	CPD	Inferior	6,1 \pm 6,9	-1,6 \pm 6,9
		Superior	-1,3 \pm 5,6	21,8 \pm 5,6
	CPE	Inferior	-6,9 \pm 8,4	5,8 \pm 8,4
		Superior	2 \pm 6,9	-1,5 \pm 6,9
	CPFDLE	Inferior	-0,9 \pm 7,1	5,2 \pm 7,1
		Superior	1,8 \pm 5,8	-4,6 \pm 5,8

Valores descritos pela Média \pm Erro padrão.

Já a tabela 5 apresenta os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Dígitos e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Dígitos, Nível, ETCC, e as interações Dígitos*Nível, ETCC*Dígitos, ETCC*Nível e ETCC*Dígitos*Nível.

Tabela 5- ANOVA de medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Dígitos

	F	p
Dígito	0,7	0,4
Nível	0,9	0,4
Dígito*Nível	0,0	0,9
ETCC	2,5	0,1
ETCC*Dígito	1,3	0,3
ETCC*Nível	1,8	0,2
ETCC*Dígito*Nível	2,9	0,07

Como pode ser observado pela Tabela 5, não foram observados efeitos significativos para os fatores Dígitos, Nível, ETCC, e as interações Dígitos*Nível, ETCC*Dígitos, ETCC*Nível e ETCC*Dígitos*Nível. Entretanto, foi verificada tendência em direção a um efeito significativo para a interação ETCC*Dígitos*Nível ($F= 2,9$; $p=0,07$).

A Figura 17 apresenta os desempenho dos participantes (acertos) considerando a interação ETCC*Dígitos*Nível.

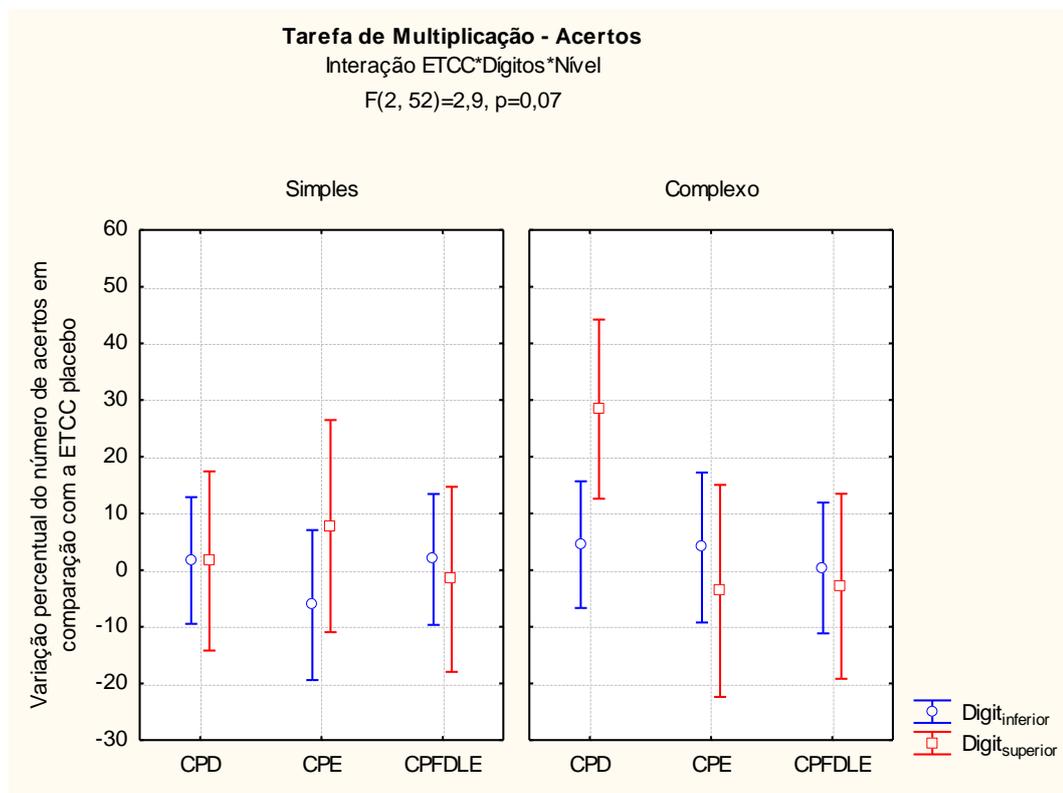


Figura 17. Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Dígitos*ETCC*Nível.

Com relação à Tabela 6, os valores apresentados são referentes a ANOVA para medidas repetidas quando considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Vocabulário e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de

F e p para os fatores Vocabulário, Nível, ETCC, e as interações Vocabulário*Nível, ETCC*Vocabulário, ETCC*Nível e ETCC*Vocabulário*Nível.

Tabela 6 – ANOVA para medidas repetidas para Acertos considerando desempenho em Vocabulário

	F	p
Vocabulário	1,1	0,3
Nível	0,4	0,5
Vocabulário*Nível	0,6	0,5
ETCC	0,8	0,5
ETCC*Vocabulário	0,7	0,5
ETCC*Nível	1,2	0,3
ETCC*Vocabulário*Nível	0,8	0,5

Pela Tabela 6 pode-se observar que não existiram efeitos significativos para os fatores Vocabulário, Nível, ETCC, e as interações Vocabulário*Nível, ETCC*Vocabulário, ETCC*Nível e ETCC*Vocabulário*Nível. A Figura 18 apresenta o desempenho dos participantes (acertos) considerando a interação ETCC*Vocabulário*Nível.

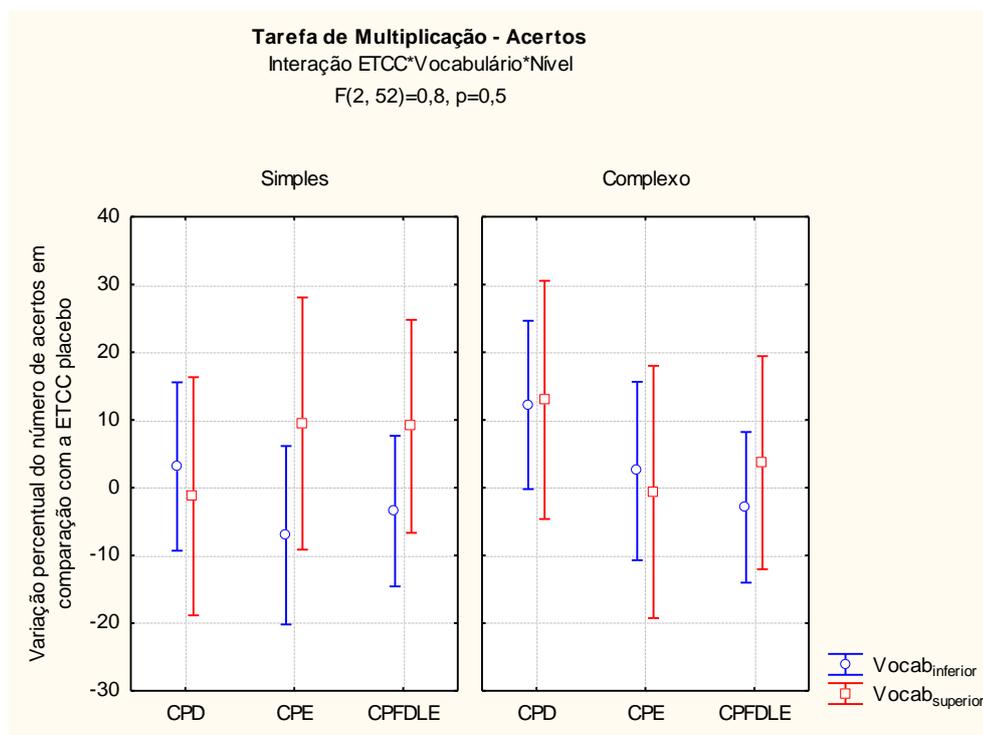


Figura 18. Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Vocabulário*ETCC*Nível.

A tabela 7 apresenta os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Cubos e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Cubos, Nível, ETCC, e as interações Cubos*Nível, ETCC*Cubos, ETCC*Nível e ETCC*Cubos*Nível.

Tabela 7 – Anova para medidas repetidas para acertos considerando desempenho em Cubos

	F	p
Cubos	0,3	0,6
Nível	0,6	0,4
Cubos*Nível	0,5	0,5
ETCC	1,4	0,3
ETCC*Cubos	0,5	0,6
ETCC*Nível	0,8	0,5
ETCC*Cubos*Nível	2,8	0,07

Como pode ser observado pela Tabela 7, não foram observados efeitos significativos para os fatores Cubos, Nível, ETCC, e as interações Cubos*Nível, ETCC*Cubos, ETCC*Nível. Entretanto, pode-se observar que existiu uma tendência em direção a um efeito significativo quando considerada a interação ETCC*Cubos*Nível ($F=2,9$; $p=0,07$). A Figura 19 apresenta o desempenho dos participantes (acertos) considerando a interação ETCC*Cubos*Nível.

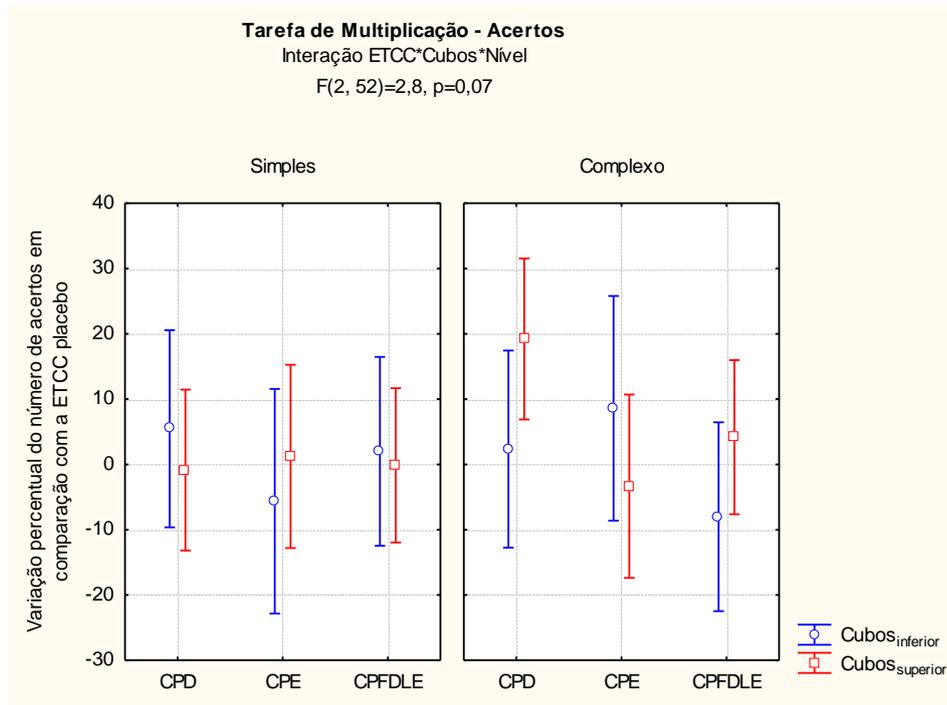


Figura 19. Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Cubos*ETCC*Nível.

Por fim, a tabela 8 apresenta os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, Gênero e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Gênero, Nível, ETCC, e as interações Gênero*Nível, ETCC*Gênero, Nível*ETCC e ETCC*Gênero*Nível.

Tabela 8 – ANOVA para medidas repetidas para acertos considerando o fator Gênero

	F	p
Gênero	0,1	0,8
Nível	0,5	0,5
Gênero*Nível	1,5	0,2
ETCC	2,3	0,1
ETCC*Gênero	1,7	0,2
ETCC*Nível	1,9	0,2
ETCC* Gênero*Nível	3,9	0,03

Como pode ser observado pela Tabela 8, não foram observados efeitos significativos para os fatores Gênero, Nível, ETCC, e as interações Gênero*Nível, ETCC*Gênero, Nível*ETCC. Entretanto, verificou-se efeito significativo para a interação ETCC*Gênero*Nível ($F= 3,9; p= 0,03$). Dessa forma, foi realizada análise *post hoc* com teste Fisher LSD. A Tabela 9 apresenta os valores de p obtidos nessa análise.

Tabela 9. Análise *post hoc* com Fischer LSD para a Interação Gênero*ETCC*Nível

Tarefa de Multiplicação		Gênero													
		Mulheres						Homens							
		Simples			Complexa			Simples			Complexa				
		ETCC	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE	
G Ê N E R O	Mulheres	SIMPLES	CPD												
			CPE	0,3											
			CPFDLE	0,7	0,5										
		COMPLEXA	CPD	0,7	0,2	0,4									
			CPE	0,7	0,2	0,4	1,0								
			CPFDLE	0,5	0,1	0,3	0,8	0,7							
	Homens	SIMPLES	CPD	1,0	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5						
			CPE	0,6	0,2	0,4	0,9	0,9	0,9	0,6					
			CPFDLE	0,8	0,2	0,6	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8				
		COMPLEXA	CPD	0,1	0,002	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
			CPE	0,6	0,8	0,8	0,3	0,4	0,2	0,6	0,4	0,4	0,008		
			CPFDLE	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0005	0,336	

Como pode ser observado, foram encontradas diferenças significativas entre os desempenhos para ETCC em CPE no grupo de mulheres em Nível_{simples} com ETCC em CPD no grupo de homens durante a Nível_{complexo} ($p=0,002$). Pode-se observar também diferenças significativas entre as estimulações no CPFDLE no grupo de mulheres em Nível_{simples} com estimulação no CPD no grupo de homens durante a Nível_{complexo} ($p=0,01$). Outra diferença significativa foi observada é entre as estimulações do CPD e CPE para o grupo de homens em Nível_{complexo} ($p=0,008$). Além disso, também pode-se observar efeitos significativos entre a estimulação no CPD e no CPFDLE no grupo de homens, durante a Nível_{complexo} ($p=0,0005$).

A Figura 20 apresenta o desempenho dos participantes considerando a interação entre ETCC* Gênero*Nível. Em conjunto com a observação da Tabela 10, pode-se verificar que os homens apresentaram melhor desempenho quando receberam estimulação no CPD em comparação às estimulações em CPE ou CPFDLLE. Pela tabela 10 pode-se observar que os homens do grupo Arit_{complexa} quando estimulado em CPD obteve aumento de 23,2% em comparação ao placebo.

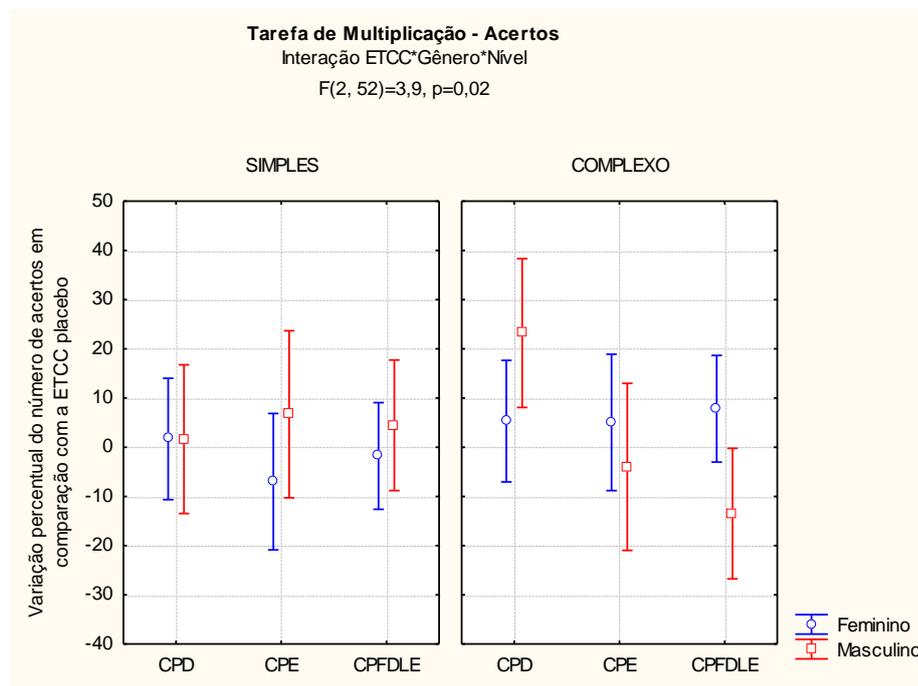


Figura 20. Gráfico da variação percentual de acertos para a Interação Gênero*ETCC*Nível.

Tabela 10 – Variação percentual dos acertos em comparação ao placebo considerando Gênero

Estimulação	Gênero	Tarefa de Multiplicação			
		Simples		Complexa	
		CPD	CPE	CPD	CPE
CPD	Mulheres	1,7	+6,0	5,3	+6,0
	Homens	1,6	+7,4	23,2	+7,4
CPE	Mulheres	-7,0	+6,7	5,0	+6,7
	Homens	6,7	+8,3	-4,0	+8,3
CPFDLLE	Mulheres	-1,8	+5,3	7,8	+5,3
	Homens	4,4	+6,5	-13,5	+6,5

5.1.2.2 Tempo de Reação

Os dados obtidos no teste de multiplicação foram analisados por ANOVA para medidas repetidas agora considerando como variável dependente o tempo de reação e como fatores o Tipo de ETCC (CPD, CPE e CPFLE), o grau de dificuldade da tarefa de multiplicação, Gênero (feminino ou masculino) e o desempenho nos subtestes do WAIS III (inferior ou superior); além disso, foram analisadas as interações entre esses fatores. Assim como para os acertos, o tempo de reação foi transformado para cada caso em variação percentual em função do tempo observado no placebo.

Na tabela 11 são apresentados os valores da ANOVA para medidas repetidas quando considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Aritmética e nível de dificuldade. São apresentados os valores de F e p para os fatores Arit, Nível, ETCC, e as interações Arit*Nível, ETCC*Arit, ETCC*Nível e ETCC*Arit*Nível.

Tabela 11- ANOVA para medidas repetidas para Tempo de reação considerando desempenho em aritmética

	F	p
Aritmética	0,04	0,8
Nível	0,3	0,6
Aritmética* Nível	0,2	0,7
ETCC	0,4	0,7
ETCC*Aritmética	3,5	0,04
ETCC* Nível	1,0	0,4
ETCC*Aritmética* Nível	0,7	0,5

Como pode ser observado pela Tabela 11, não foram encontrados efeitos significativos para os fatores Arit, Nível, ETCC, Arit*Nível, ETCC*Nível e ETCC*Arit*Nível. Entretanto, verificou-se efeito significativo para a interação Arit*ETCC

($F=3,5$; $p= 0,04$). Dessa forma, foi realizada análise *post hoc* com teste Fisher LSD para a interação Arit*ETCC.

A Tabela 12 apresenta os valores de p obtidos nessa análise. Como pode ser observado, foram encontradas diferenças significativas entre as estimulações do CPD e CPE para o grupo Arit_{superior} ($p=0,009$).

Tabela 12 – Análise *post hoc* com teste de Fischer para Interação ETCC*Aritm em Tempo de reação

		ARITMÉTICA						
		Inferior			Superior			
		ETCC	CPD	CPE	CPFDLE	CPD	CPE	CPFDLE
ARITMÉTICA	Inferior	CPD						
		CPE	0,26					
		CPFDLE	0,25	0,9				
	Superior	CPD	0,34	0,6	0,7			
		CPE	0,7	0,3	0,2	0,009		
		CPFDLE	0,7	0,6	0,7	0,15		

Pela Figura 21, pode-se verificar uma redução no tempo de reação durante execução da tarefa para o grupo Arit_{superior} quando estimulado em CPD em comparação ao estimulado em CPE. Na tabela 13 pode-se observar que a média de tempo de desempenho para o grupo Arit_{superior} quando estimulado o CPD reduziu em 6,6% ($\pm 9,06$) em comparação ao placebo e, por outro lado, quando estimulado o CPE aumento em 18,6% ($\pm 10,5$).

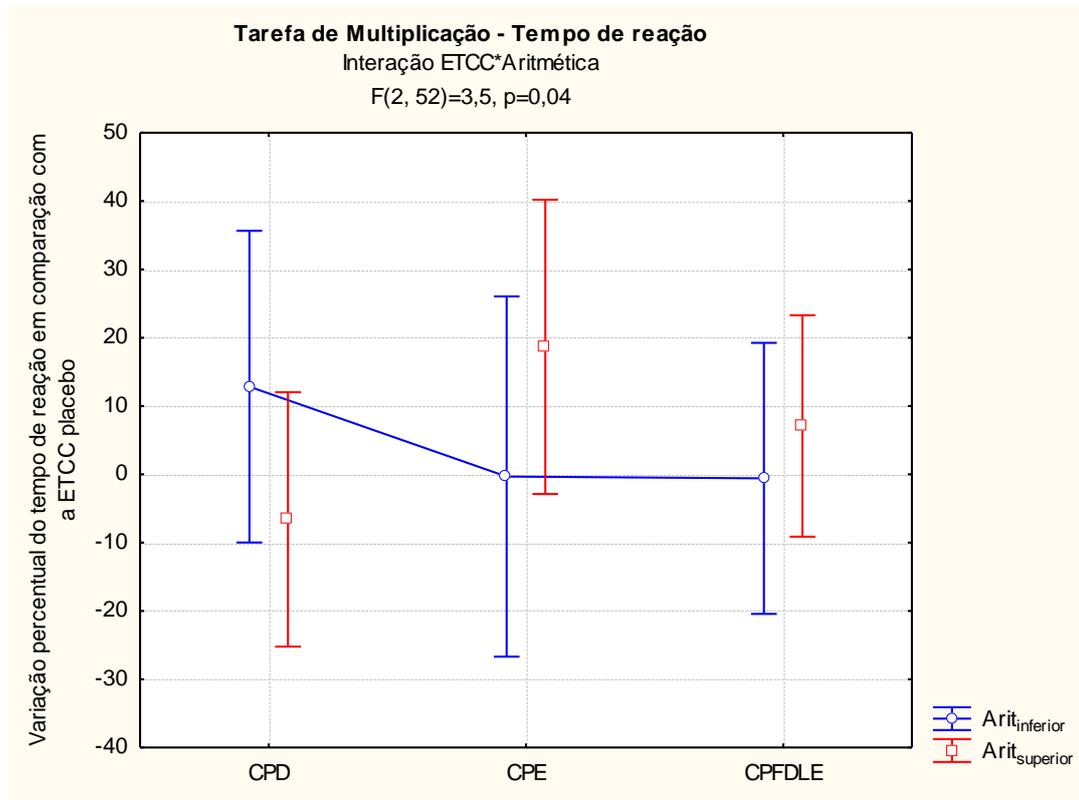


Figura 21. Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Arit*ETCC*Nível.

Tabela 13 – Variação percentual do tempo de reação em comparação ao placebo considerando desempenho em Aritmética.

		Aritmética	
Estimulação	CPD	Inferior	12,8 ±11,1
		Superior	-6,6 ±9,06
	CPE	Inferior	-0,3 ±12,8
		Superior	18,6 ±10,5
	CPFLE	Inferior	-0,6 ±9,6
		Superior	7,0 ±7,8

Na tabela 14 são apresentados os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Dígitos e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Dígitos, Nível, ETCC, e as interações Dígitos*Nível, ETCC*Dígitos, ETCC*Nível e ETCC*Dígitos*Nível.

Tabela 14 – ANOVA para medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em dígitos.

	F	p
Dígitos	0,004	0,9
Nível	0,1	0,7
Dígitos*Nível	0,1	0,7
ETCC	1,1	0,3
ETCC*Dígitos	0,4	0,6
ETCC* Nível	0,4	0,6
ETCC*Dígitos*Nível	0,1	0,8

Como pode ser observado pela Tabela 14, não foram observados efeitos significativos para os fatores Dígitos, Nível, ETCC, e nas interações Dígitos*Nível, ETCC*Dígitos, ETCC*Nível e ETCC*Dígitos*Nível.

A Figura 22 apresenta a variação percentual em comparação ao placebo do tempo de reação durante execução da tarefa de multiplicação considerando a interação entre ETCC*Nível*Dígitos.

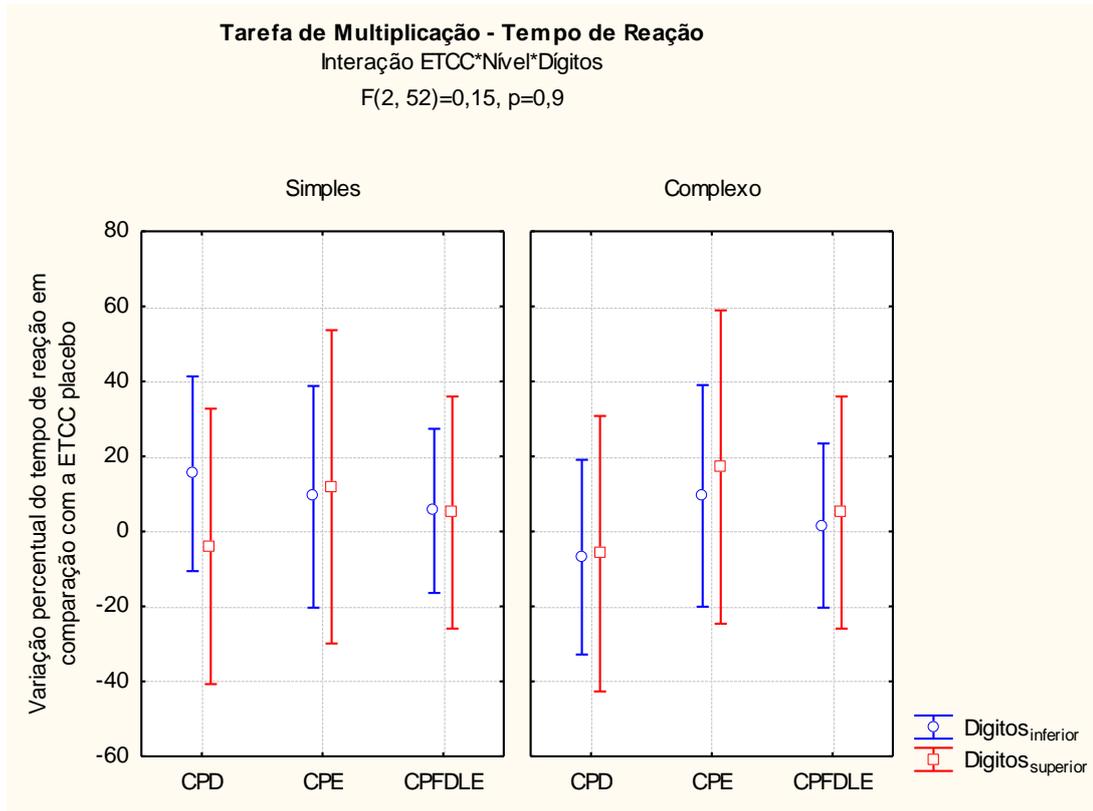


Figura 22. Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Nível.

Na tabela 15 são apresentados os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Vocabulário e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Vocabulário, Nível, ETCC, e as interações Vocabulário*Nível, ETCC*Vocabulário, ETCC*Nível e ETCC*Vocabulário*Nível.

Tabela 15 – ANOVA para medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em vocabulário.

	F	p
Vocabulário	0,07	0,8
Nível	0,3	0,5
Vocabulário*Nível	0,1	0,7
ETCC	0,9	0,4
ETCC*Vocabulário	0,1	0,8
ETCC* Nível	1,1	0,3
ETCC*Vocabulário*Nível	1,0	0,3

Como pode ser observado pela Tabela 15, não foram observados efeitos significativos para os fatores Vocabulário, Nível, ETCC, e nas interações Vocabulário*Nível, ETCC*Vocabulário, ETCC*Nível e ETCC*Vocabulário*Nível. A Figura 23 apresenta a variação percentual em comparação ao placebo do tempo de reação durante execução da tarefa de multiplicação considerando a interação entre ETCC*Nível*Vocabulário.

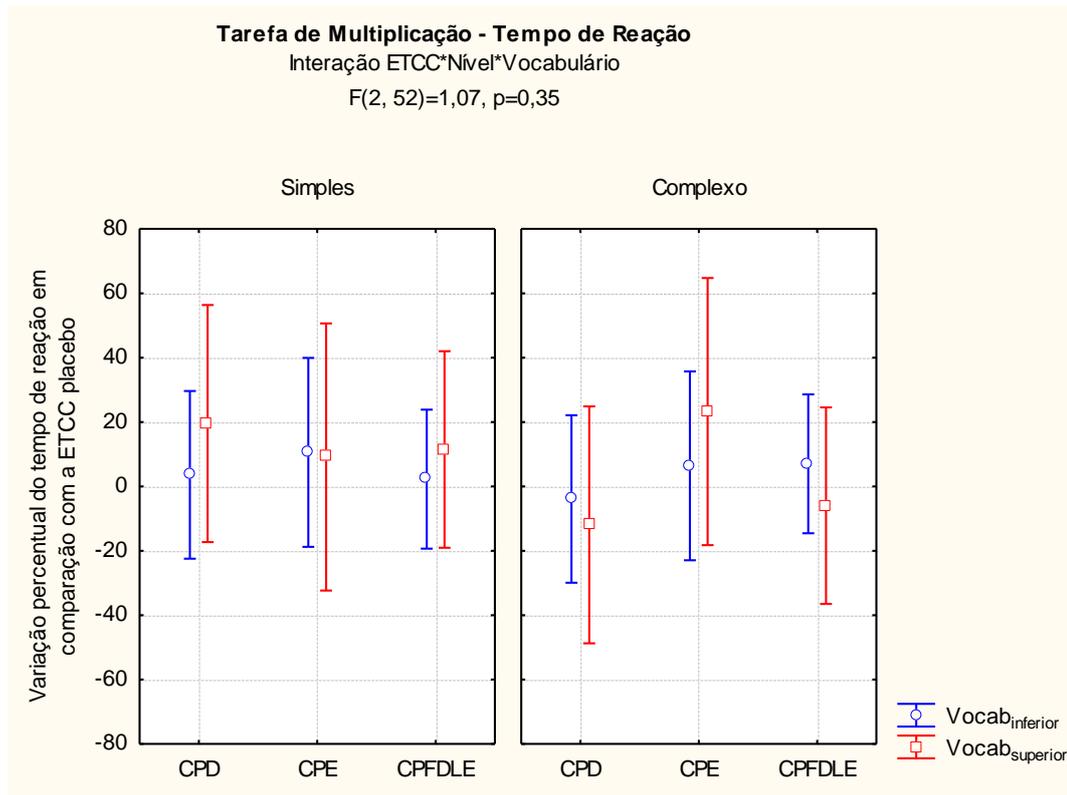


Figura 23. Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Dígitos*ETCC*Vocabulário.

Na tabela 16 são apresentados os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho no subteste Cubos e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Cubos, Nível, ETCC, e as interações Cubos*Nível, ETCC*Cubos, ETCC*Nível e Cubos*Nível*ETCC.

Tabela 16 – ANOVA para medidas repetidas para tempo de reação considerando desempenho em cubos.

	F	p
Cubos	0,1	0,7
Nível	0,1	0,6
Cubos*Nível	0,03	0,8
ETCC	0,6	0,5
ETCC*Cubos	0,9	0,4
ETCC*Nível	0,4	0,6
ETCC*Cubos*Nível	1,6	0,2

Como pode ser observado pela Tabela 16, não foram observados efeitos significativos para os fatores Cubos, Nível, ETCC, e nas interações Cubos*Nível, ETCC*Cubos, ETCC*Nível e Cubos*Nível*ETCC. A Figura 24 apresenta a variação percentual em comparação ao placebo do tempo de reação durante execução da tarefa de multiplicação considerando a interação entre ETCC*Nível*Cubos.

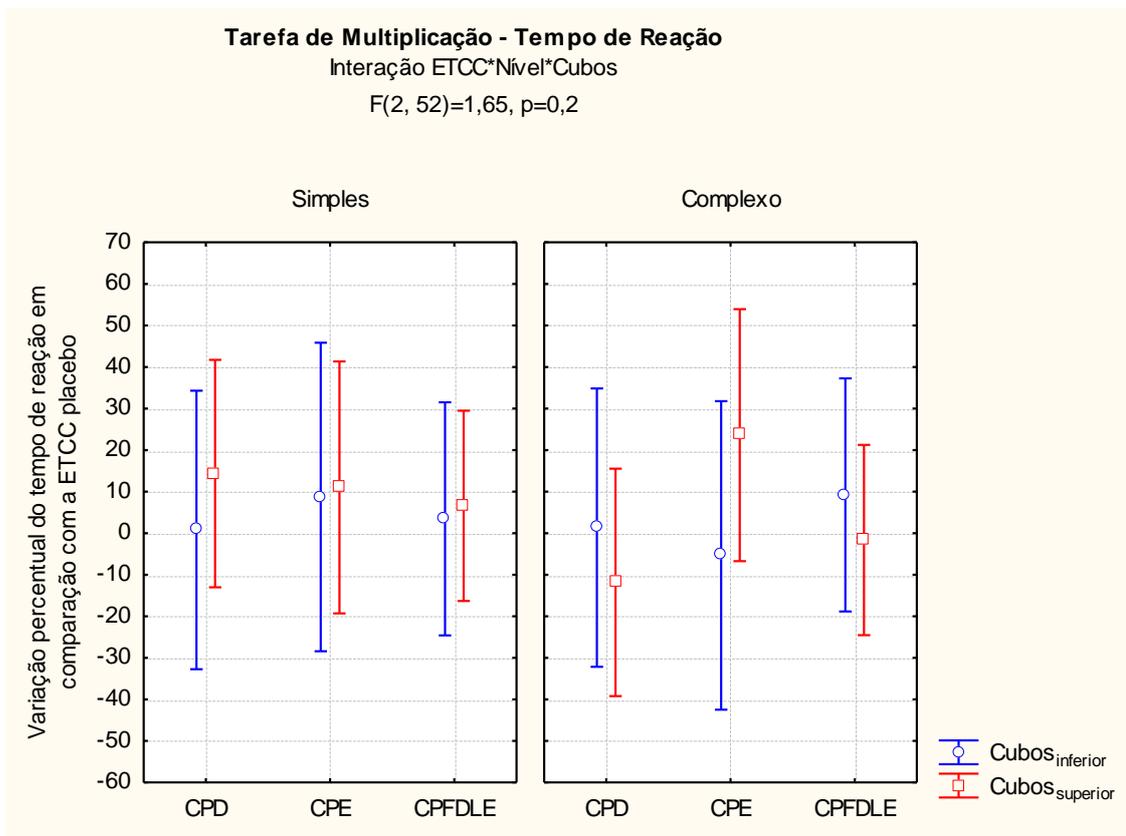


Figura 24. Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Nível*ETCC*Cubos.

Na tabela 17 são apresentados os valores da ANOVA para medidas repetidas quando foram considerados os fatores ETCC, desempenho em gênero e grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. São apresentados os valores de F e p para os fatores Gênero, Nível, ETCC, e as interações Gênero*Nível, ETCC*Gênero, ETCC*Nível e Gênero*Nível*ETCC.

Tabela 17 – ANOVA para medidas repetidas para tempo de reação considerando o fator Gênero.

	F	p
Gênero	0,9	0,3
Nível	0,1	0,7
Gênero*Nível	0,2	0,6
ETCC	0,9	0,4
ETCC*Gênero	0,2	0,7
ETCC*Nível	0,3	0,7
ETCC*Gênero*Nível	0,8	0,4

Como pode ser observado pela Tabela 17, não foram observados efeitos significativos para os fatores Gênero, Nível, ETCC, e nas interações Gênero*Nível, ETCC*Gênero, ETCC*Nível e Gênero*Nível*ETCC. A Figura 25 apresenta a variação percentual em comparação ao placebo do tempo de reação durante execução da tarefa de multiplicação considerando a interação entre ETCC*Nível*Gênero.

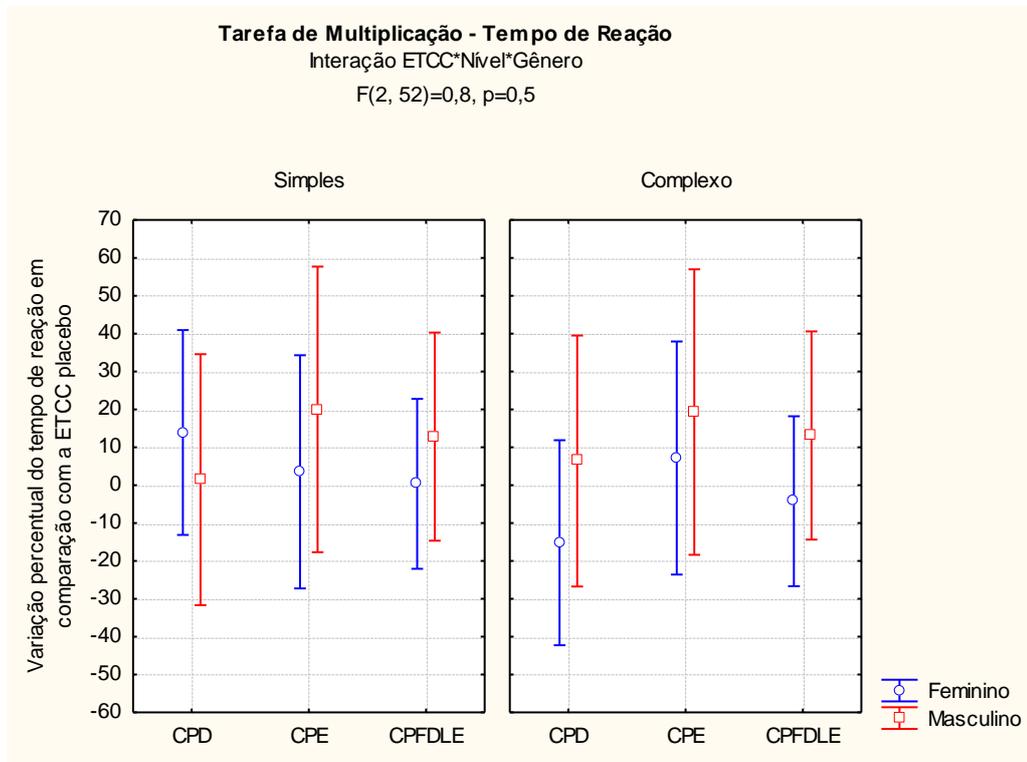


Figura 25. Gráfico da variação percentual do tempo de reação para a Interação Nível*ETCC*Gênero.

“Deixa eu te contar o segredo
de como eu alcancei o meu
objetivo: minha força se
concentra apenas na
minha perseverança”

Louis Pasteur

O principal achado desse estudo foi verificar que a ETCC_{anáódica} foi capaz de modular o desempenho dos participantes em uma tarefa de multiplicação sendo os efeitos observados dependentes da área estimulada, desempenho prévio em tarefa de aritmética, gênero e grau de complexidade do teste utilizado. Este estudo apresenta pela primeira vez dados mostrando que a estimulação transcraniana por corrente contínua é capaz de interferir no desempenho em tarefa de multiplicação. Os resultados detalhados e o impacto e desdobramentos destes serão discutidos a seguir.

Um dos principais resultados foi verificar para o grupo com desempenho mais baixo na tarefa de Aritmética (Arit_{inferior}) do WAIS-III um aumento no número de acertos na tarefa de Nível_{simples} quando estimulado em CPD e uma redução quando estimulado na área homóloga à esquerda. Em comparação com a estimulação placebo, o número de acertos aumentou em 6,1% após estimulação do CPD e piorou em 6,9% após estimulação do CPE. Além disso, é interessante notar que um efeito semelhante foi observado para o grupo com desempenho mais alto na tarefa de Aritmética (Arit_{superior}) do WAIS-III. Entretanto, para esse grupo, o aumento no número de acertos após estimulação do CPD aconteceu para a tarefa de Nível_{complexa} quando estimulado em CPD – foi verificado aumento no número de acertos em 21,8% após estimulação do CPD e redução de 1,5% e de 4,6% após estimulação do CPE e CPFDE, respectivamente. A análise revelou que o desempenho após estimulação em CPD é significativamente diferente em comparação às estimulações em CPE e CPFDE, mas não revelou diferença significativa entre CPE e CPFDE indicando que o efeito no número de acertos aconteceu para a estimulação do córtex parietal direito.

Além disso, foi verificada interação significativa entre o desempenho em tarefa de Aritmética e a área estimulada para a variável tempo de reação – verificou-se diferença significativa entre estimulação do CPD e CPE para o grupo com desempenho mais alto em aritmética (Arit_{superior}) independentemente do grau de dificuldade da tarefa de multiplicação. Os participantes quando receberam ETCC em CPD levaram menos tempo para responder as contas de multiplicação em comparação com o desempenho na estimulação placebo (redução de 6,6%) ao passo que quando estimulados em CPE levaram mais tempo (aumento de 18,6%). É interessante notar que a ETCC em CPE interferiu com o tempo para realizar a conta (piora de 18,6%), mas não prejudicou o desempenho dos participantes quanto ao número de acertos (redução de 1,5%).

Esses resultados com relação ao efeito da ETCC em número de acertos e tempo de reação são interessantes por estarem relacionados à área estimulada, ao nível de complexidade da tarefa e ao desempenho prévio em aritmética. A verificação de um efeito dependente da localização dos eletrodos já vem sendo observado por outros estudos investigando outras funções com aplicações em outras estruturas. Nitsche et al. (2000) mostraram o impacto da ETCC em M1 na excitabilidade cortical dessa área ao passo que Antal et al. (2003) mostraram que a ETCC de área V1 modula o potencial evocado visual. Outros estudos (Antal et al., 2004) mostraram que a estimulação de V5 interfere com aprendizagem visuomotora. Além desses estudos, Fregni et al. (2005) e Boggio et al. (2006) testaram o papel da ETCC em CPFDLE em tarefa de memória operacional verbal. Para verificar se os efeitos eram dependentes do posicionamento dos eletrodos, os autores nos dois estudos também realizaram estimulações em córtex motor primário. Nos dois estudos, os autores mostraram que os efeitos em tarefa de memória operacional só era observado após ETCC em CPFDLE, mas não em M1. Em outro estudo, Boggio et al. (2007) investigou o

impacto da ETCC em tarefa Go-No-Go com conteúdo afetivo. Também para verificar o papel do posicionamento dos eletrodos, os autores estimularam o córtex visual primário, além do pré-frontal (área-alvo no estudo) e do placebo. Os autores verificaram efeito significativo apenas para o grupo que recebeu ETCC em CPF, mas não em V1. Assim, apesar do eletrodo ser de 35 cm² e com isso não garantir uma estimulação de alta precisão, o local de posicionamento dos eletrodos constitui importante parâmetro. Neste estudo, foi verificado que os efeitos, positivos e negativos, da ETCC em tarefa de multiplicação foram observados para estimulação em córtex parietal direito e esquerdo, respectivamente.

O papel do córtex parietal em tarefas de multiplicação vem sendo amplamente discutido. Estudos com neuroimagem como os de PET e *fMRI* tem mostrado que durante tarefas de multiplicação, o córtex parietal é altamente recrutado em comparação às demais estruturas. Além disso, é interessante notar que tal envolvimento está também relacionado com lateralização hemisférica, sendo o hemisfério direito o mais envolvido em tarefas de cálculo matemático. Dessa forma, o fato da ETCC anódica em CPD ter resultado em aumento no desempenho pode estar relacionado a um aumento da excitabilidade cortical dessa região resultando, portanto, em uma facilitação do processamento de informação relacionado à tarefa. Esses efeitos com relação ao aumento na atividade local em função de estimulação anódica podem ser entendidos a luz de mecanismos de modulação da membrana neuronal. Estudos com animais já demonstraram que o impacto da corrente anódica em tecido cerebral é dependente da polaridade, isto é, estimulação anódica está relacionada a mecanismos de despolarização da membrana neuronal conseqüentemente resultando em efeitos facilitatórios e, por outro lado, estimulação catódica está relacionada a mecanismos de hiperpolarização da membrana neuronal resultando em efeitos inibitórios (PURPURA, 1965, TERZUOLO e BULLOCK, 1956). Nesse mesmo sentido, Nitsche e Paulus (2000) mostraram em seres

humanos que estimulação anódica resulta em aumento da excitabilidade cortical motora e catódica em redução.

Por outro lado, verificou-se redução no desempenho após ETCC, também anódica, em CPE. Tal efeito pode estar relacionado também a um aumento da excitabilidade cortical dessa região uma vez que o aumento da atividade local pode resultar em alteração da atividade cerebral de outras estruturas por mecanismos de inibição transcalosa, por exemplo. A observação de inibição interhemisférica com o uso da ETCC foi demonstrada por Vines et al. (2006). Os autores realizaram estimulação anódica e catódica em hemisfério dominante para funções motoras durante teste de seqüências de movimentos com os dedos testando tanto a mão direita quanto a esquerda. Os autores observaram que é possível modular o desempenho motor pela estimulação direta do córtex motor que comanda o membro contralateral ou por meio de estimulação indireta, ou seja, pela estimulação da região homóloga no hemisfério oposto. Nessa mesma direção, Fregni et al. (2005) mostraram que a estimulação catódica de hemisfério não-lesionado de pacientes que sofreram acidente vascular encefálico resulta em aumento do desempenho motor do membro ipsilateral. Os autores discutem esses dados considerando a possibilidade de que a redução da atividade do córtex não-lesionado diminui o impacto da inibição transcalosa e, por sua vez, resultou em aumento da atividade da região homóloga em hemisfério oposto, ou seja, a área ao redor da lesão. Assim, os efeitos observados na tarefa de multiplicação quando os participantes foram estimulados em CPE podem estar relacionados a mecanismos de inibição da atividade da área homóloga que, como já observado anteriormente, está envolvida em tarefas de cálculo. Novos estudos serão importantes para verificar essa hipótese por meio de estimulação catódica em CPE; se tal hipótese for verdadeira, a ETCC catódica em CPE deverá resultar em melhora do desempenho em atividade de cálculo.

Ainda com relação aos efeitos em acertos e tempo de reação é interessante notar que estes foram dependentes do desempenho prévio em tarefa de aritmética. A influência da ETCC em participantes com pior desempenho em Aritmética (Arit_{inferior}) se deu em tarefa simples de multiplicação, mas não complexa, ao passo que a influência da ETCC em participantes com melhor desempenho em Aritmética (Arit_{superior}) se deu em tarefa complexa de multiplicação, mas não em simples. Tais resultados sinalizam que os efeitos da estimulação em uma determinada função dependem dos valores de linha de base de cada participante. Um paralelo a esses resultados pode ser observado em estudo de Boggio et al (2006) que investigaram o papel da estimulação em córtex motor primário dominante e não-dominante de voluntários saudáveis sem comprometimento motor. Nesse estudo, estimulação anódica de M1 foi realizada e antes e após a estimulação os participantes realizaram o teste Jebsen-Taylor para funções motoras relacionadas a membros superiores. Os autores observaram que a ETCC anódica de hemisfério não-dominante melhorou o desempenho da mão esquerda de forma significativa ao passo que a ETCC em M1 dominante não resultou em alteração significativa do membro direito. Os autores discutem esses dados considerando uma assimetria funcional entre os hemisférios, ou seja, a ETCC em M1 dominante não resulta em efeito significativo uma vez que essa região já exerce controle funcional sobre área homóloga.

Além dos efeitos significativos observados em função do desempenho prévio em Aritmética, também foi verificado efeito significativo da ETCC quando considerado o gênero dos participantes. Entretanto, a interação da ETCC com gênero só foi significativa com relação ao número de acertos e não com tempo de reação. Verificou-se pela análise *post hoc* que o efeito observado na interação entre estimulação, grau de complexidade da tarefa e gênero se deu em função de diferença significativa no desempenho dos homens em tarefa de multiplicação complexa (Nível_{complexo}). Verificou-se que os homens, quando comparado com

os resultados obtidos no placebo, apresentaram aumento no número de acertos (23,2%) na estimulação do CPD e redução nas estimulações em CPE e CPFDLE (-4,0 e -13,5%). A análise revelou que o desempenho após estimulação em CPD é significativamente diferente em comparação as estimulações em CPE e CPFDLE, mas não revelou diferença significativa entre CPE e CPFDLE indicando que o efeito no número de acertos aconteceu para a estimulação do CPD. Assim como em aritmética pôde-se discutir a influência da linha de base como fator preditor de resposta, no caso do gênero é interessante notar que estudos prévios mostram que em média homens têm melhor desempenho em tarefas de cálculo do que mulheres. Além disso, diferenças neuroanatomo funcionais, particularmente em estruturas como o córtex parietal, podem contribuir para explicar efeitos diferenciais em função do gênero. Knops et al. (2006) investigaram o impacto da estimulação magnética transcraniana aplicada na região do sulco intraparietal de homens e mulheres durante tarefa de comparação de magnitude numérica. Os autores observaram efeitos diferenciados em função do gênero, i.e., homens melhoram o desempenho enquanto mulheres pioraram o desempenho.

Por outro lado, não foram observados efeitos com relação a tempo de reação entre os gêneros ao contrário do que foi observado quando o fator foi desempenho em aritmética. Com isso, talvez o principal preditor para efeitos mais amplos nas habilidades de multiplicação seja, de fato, desempenho prévio em matemática. Além disso, é interessante notar que a maior parte dos participantes que compuseram o grupo com melhor desempenho em aritmética são homens e, dessa forma, os efeitos para gênero ou para aritmética podem estar sobrepostos ou relacionados entre si. Com isso, novos estudos devem ser conduzidos considerando amostras de homens e mulheres e distribuídos igualmente entre melhores e piores em aritmética.

Além desses fatores, foram realizadas análises considerando como fatores o desempenho dos participantes em Vocabulário, Cubos e Dígitos. Não foi observado efeito significativo quando considerado como fator o desempenho no subteste Vocabulário. O fato da interação deste fator com a ETCC resultar em ausência de efeito significativo para acertos e tempo de reação na tarefa de multiplicação pode sinalizar uma relação de pouco impacto nas funções envolvidas em cada atividade e também nas estruturas cerebrais subjacentes. Já com relação aos fatores Cubos e Dígitos, pode-se observar uma tendência em direção a um efeito significativo ($p=0,07$). Tal tendência pode estar relacionada ao papel da memória operacional em tarefas de cálculo como a realizada neste experimento, assim como a relação entre as estruturas estimuladas (CPD) e as habilidades viso espaciais. Dessa forma, uma parte dos voluntários com melhor desempenho em cubos e dígitos fazem parte daqueles com melhor desempenho em aritmética. Por outro lado, o fato do efeito ser significativo apenas quando o fator considerado foi aritmético sinaliza que o desempenho prévio em cálculo matemático pode se constituir como um interessante fator preditor de resposta a ETCC em estrutura parietal voltada para o incremento das habilidades matemáticas.

Por fim, é interessante notar que os efeitos encontrados neste estudo são contrários aos de Cohen Kadosh (2007). No estudo de Cohen Kadosh, os autores investigaram a aplicação de EMT em córtex parietal e observaram que a estimulação em CPD mimetizava desempenho em processamento numérico semelhante ao de pacientes com Discalculia do Desenvolvimento. Já no presente estudo, foi aplicada ETCC em córtex parietal verificando que a estimulação à direita resultou em melhora do desempenho. Os efeitos observados por Cohen Kadosh (2007) se devem ao fato de que a EMT foi utilizada como técnica de indução de lesão virtual temporária (Pascual-Leone et. al, 2000). Assim, os autores promoveram uma inativação das estruturas-alvo e com isso geraram um prejuízo na função cognitiva envolvida.

No caso do presente estudo, como já discutido anteriormente, a ETCC foi anódica; esta polaridade está relacionada com mecanismos facilitatórios o que por sua vez pode estar relacionado com o melhor desempenho observado. Comparações entre estudos como essa podem ser verificadas em estudos prévios sobre memória operacional. Em 2001, Mull e Seyal (2001) mostraram que a aplicação de EMT em córtex pré-frontal esquerdo prejudica o desempenho de voluntários saudáveis em tarefa de memória operacional com letras (n-back task). Com base nesse estudo, Fregni et al, (2005) aplicaram ETCC anódica em córtex pré-frontal esquerdo testando os voluntários saudáveis com a mesma tarefa empregada por Mull e Seyal (2001). Fregni et al, (2005) observaram uma melhora no desempenho dos participantes. Com base nesse estudo, Boggio et al, (2006) e Boggio et al, (2008) investigaram o impacto dessa técnica no desempenho em tarefas de memória em pacientes com Doença de Parkinson e Doença de Alzheimer, respectivamente. Os autores observaram para os dois grupos de pacientes que a ETCC anódica foi capaz de melhorar o desempenho cognitivo. Da mesma forma, o presente estudo estende os achados de Cohen Kadosh (2007), mostrando que uma estrutura importante em cálculo matemático e que se relaciona com padrões semelhantes aos observados na discalculia do desenvolvimento pode ser estimulada por corrente anódica e resultar em melhora do desempenho. Com isso, novos estudos devem investigar o impacto dessa técnica em pacientes com Discalculia do Desenvolvimento com a finalidade de verificar se a ETCC pode-se constituir como uma nova ferramenta de intervenção e reabilitação dessa condição.

6.1 Considerações Finais

Por meio desta pesquisa concluímos que a ETCC aplicada em regiões específicas do córtex podem resultar em aumento ou diminuição do disparo neuronal, interferindo em tarefas de multiplicação. A ETCC anódica aplicada no CPD dos participantes foi capaz de produzir efeitos positivos quando considerados o nível de desempenho em tarefas de multiplicação, $Nível_{simple}$ e $Nível_{complexo}$. Este estudo demonstra a possibilidade de modulação cortical em possíveis processos de intervenção e reabilitação de sujeitos com distúrbios relacionados ao cálculo matemático. Esta pesquisa contribuiu para a melhor compreensão das regiões envolvidas no cálculo da multiplicação, abrindo novas possibilidades de investigação em neurociência cognitiva. Mas, entendemos que ainda são necessários outros estudos para a confirmação da possibilidade de uso da ETCC em indivíduos com discalculia ou acalculia, para que possamos comprovar as possíveis formas de utilização da ETCC como ferramenta de diagnóstico e intervenção nas regiões corticais envolvidas no cálculo.

“Os rios mais profundos são sempre os mais silenciosos”

C. Quinto

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCORNERO, N. *et al.* Visual evoked potentials modulation during direct current cortical polarization. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 178, n. 2, p. 261-6, Apr 2007.

ANTAL, A. *et al.* Excitability changes induced in the human primary visual cortex by transcranial direct current stimulation: direct electrophysiological evidence. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [S.I.], v. 45, n. 2, p. 702-7, Feb 2004.

_____. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 19, n. 10, p. 2888-92, May 2004.

ANTAL, A., KINCSES, T. Z., NITSCHKE, M. A., & PAULUS, W. (2003a). Manipulation of phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation in man. *Exp Brain Res*, 150(3), 375-378.

ANTAL, A., Kincses, T. Z., Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2003b). Modulation of moving phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation of V1 in human. *Neuropsychologia*, 41(13), 1802-1807.

_____. External modulation of visual perception in humans. *Neuroreport* [S.I.], v. 12, n. 16, p. 3553-5, Nov 2001.

_____. Oscillatory brain activity and transcranial direct current stimulation in humans. *Neuroreport* [S.I.], v. 15, n. 8, p. 1307-10, Jun 2004.

ARDILA, A.; ROSSELLI, M. Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychol Rev* [S.I.], v. 12, n. 4, p. 179-231, Dec 2002.

BADDELEY, A. D. Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* [S.I.], v. 49A, n. 1, p. 5-28, 1996.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. Working Memory. In: BOWER, G. A. (Ed.). *Recent advances in learning and motivation*. New York: Academic Press, 1974.

BASTOS, J. A. *Discaulia: Transtorno específico da habilidade matemática*. In ROTTA, N. T., [et. al.] *Transtornos da Aprendizagem. Abordagem Neurobiológica e Multidisciplinar*. Editora Artmed. Porto Alegre, 2006.

BAUDEWIG, J. *et al.* Regional modulation of BOLD MRI responses to human sensorimotor activation by transcranial direct current stimulation. *Magn Reson Med* [S.I.], v. 45, n. 2, p. 196-201, Feb 2001.

BOGGIO PS, KHOURY LP, MARTINS DC, MARTINS OE, MACEDO EC, FREGNI F. Temporal cortex DC stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2008 Oct 31.

BOGGIO PS, ROCHA RR, DA SILVA MT, FREGNI F. Differential modulatory effects of transcranial direct current stimulation on a facial expression go-no-go task in males and females. *Neurosci Lett*. 2008 Dec 12;447(2-3):101-5. Epub 2008 Oct 7.

BOGGIO PS, NUNES A, RIGONATTI SP, NITSCHER MA, PASCUAL-LEONE A, FREGNI F. Repeated sessions of noninvasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients. *Restor Neurol Neurosci*. 2007;25(2):123-9.

BOGGIO PS, BERMPOHL F, VERGARA AO, MUNIZ AL, NAHAS FH, LEME PB, RIGONATTI SP, FREGNI F. Go-no-go task performance improvement after anodal transcranial DC stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex in major depression. *J Affect Disord*. 2007 Aug;101(1-3):91-8. Epub 2006 Dec 12

BOGGIO, P.S. Efeitos da estimulação Transcraniana por Corrente Contínua sobre Memória Operacional e Controle Motor. Tese (Doutorado-Programa de Pós- Graduação em Psicologia. Área de Concentração: neurociências e Comportamento)- Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, 2006.

BOGGIO, P. *et al.* Effect of repetitive TMS and fluoxetine on cognitive function in patients with Parkinson's disease and concurrent depression. *Mov Disord* [S.I.], v. 20, n. 9, p. 1178-84, Sep 2005.

BOGGIO, P.S., FREGNI, F., RIGONATTI, S.P., MARCOLIN, M.A. & ARAUJO SILVA, M.T. Estimulação Magnética Transcraniana na Neuropsicologia: novos horizontes em pesquisa sobre cérebro. *Revista Brasileira Psiquiatria*, v.28, n.1, p 44-9, 2005.

BOGGIO, P.S. Avaliação Neuropsicológica de pacientes com Doença de Parkinson e Depressão Submetidos a Estimulação Magnética Transcraniana ou a Fluoxetina. Dissertação (Mestrado-Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Departamento de Psicologia Experimental- São Paulo, 2004.

BOYER, C.B. História da Matemática - 2 edição - São Paulo: Blucher, 1996.

BUTTERWORTH, B. The development of arithmetical abilities. *J Child Psychol Psychiatry* [S.I.], v. 46, n. 1, p. 3-18, Jan 2005.

CHAIEB, L. *et al.* Gender-specific modulation of short-term neuroplasticity in the visual cortex induced by transcranial direct current stimulation. *Vis Neurosci* [S.I.], v. 25, n. 1, p. 77-81.

COHEN KADOSH, R. *et al.* Virtual dyscalculia induced by parietal-lobe TMS impairs automatic magnitude processing. *Curr Biol* [S.I.], v. 17, n. 8, p. 689-93, Apr 2007.

CORRÊA, A.C.O. Neuropsicologia da Memória e Avaliação. In FUENTES,D., MALLOY-DINIZ, L., CAMARGO, C.H.P., CONSENZA, R.M. [et. al.]. Neuropsicologia: teoria e prática-ArtMed, 2008.

DECLARAÇÃO DE HELSINKI I (1964)- Associação Médica Mundial, adotada na 18ª Assembléia Médica Mundial, Helsinki, Finlândia (1964).

DECLARAÇÃO DE HELSINKI II (1975)- Associação Médica Mundial, adotada na 18ª Assembléia Médica Mundial, Helsinki, Finlândia (1964). Revista na 29ª Assembléia Mundial de Médicos, Tóquio, Japão (1975).

DECLARAÇÃO DE HELSINKI III (1983)- Associação Médica Mundial, adotada na 18ª Assembléia Médica Mundial, Helsinki, Finlândia (1964), alterada na 29ª Assembléia, em Tóquio, Japão (1975) e 35ª em Veneza, Itália (1983).

DECLARAÇÃO DE HELSINKI IV (1989)- Associação Médica Mundial, adotada na 18ª Assembléia Médica Mundial, Helsinki, Finlândia (1964), alterada na 29ª Assembléia, em Tóquio, Japão (1975), 35ª em Veneza, Itália (1983) e 41ª em Hong Kong (1989).

DEHAENE, S. *et al.* Arithmetic and the brain. *Curr Opin Neurobiol* [S.I.], v. 14, n. 2, p. 218-24, Apr 2004.

DEHAENE, S. *et al.* Three parietal circuits for number processing. *Cogn. Neuropsychol.* v. 20. n. 3-6 2003. p. 487-506.

DEHAENE, S.; COHEN, L. Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition.* n. 1 1995. p. 83-120.

DESCHUYTENEER, M. *et al.* Does solution of mental arithmetic problems such as $2 + 6$ and 3×8 rely on the process of "Memory updating"? *Exp Psychol* [S.I.], v. 53, n. 3, p. 198-208, 2006.

DURAND, M. *et al.* The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7- to 10-year-olds. *J Exp Child Psychol* [S.I.], v. 91, n. 2, p. 113-36, Jun 2005.

FECTEAU, S. *et al.* Diminishing risk-taking behavior by modulating activity in the prefrontal cortex: a direct current stimulation study. *J Neurosci* [S.I.], v. 27, n. 46, p. 12500-5, Nov 2007.

FLÖEL, A. *et al.* Noninvasive brain stimulation improves language learning. *J Cogn Neurosci* [S.I.], v. 20, n. 8, p. 1415-22, Aug 2008.

FREGNI, F. *et al.* Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neuroreport* [S.I.], v. 16, n. 14, p. 1551-5, Sep 2005.

_____. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 166, n. 1, p. 23-30, Sep 2005.

_____. Transcranial direct current stimulation. *Br J Psychiatry* [S.I.], v. 186, p. 446-7, May 2005.

_____. Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods. *Appetite* [S.I.], v. 51, n. 1, p. 34-41, Jul 2008.

GIL, R. *Neuropsicologia*. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2005.

GOLDRING, S.; O'LEARY, J. Experimentally derived correlates between ECG and steady cortical potential. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 14, n. 4, p. 275-88, Jul 1951.

GRABNER RH, ANSARI D, REISHOFER G, STERN E, EBNER F, NEUPER C. Individual differences in mathematical competence predict parietal brain activation during mental calculation. *Neuroimage*. 2007 Nov 1;38(2):346-56. Epub 2007 Aug 11.

HONG, K. *et al.* Visual working memory revealed by repetitive transcranial magnetic stimulation. *J Neurol Sci* [S.I.], v. 181, n. 1-2, p. 50-5, Dec 2000.

HUMMEL, F. *et al.* Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. *Brain* [S.I.], v. 128, n. Pt 3, p. 490-9, Mar 2005.

HUTTENLOCHER, J. *et al.* A mental model for early arithmetic. *J Exp Psychol Gen* [S.I.], v. 123, n. 3, p. 284-96, Sep 1994.

IMBO I, DUVERNE S, LEMAIRE P. Working memory, strategy execution, and strategy selection in mental arithmetic. *Q J Exp Psychol (Colchester)*. 2007 Sep;60(9):1246-64.

ISCHEBECK, A. *et al.* How specifically do we learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction. *Neuroimage* [S.I.], v. 30, n. 4, p. 1365-75, May 2006.

JOHANSSON, B. Number-word sequence skill and arithmetic performance. *Scand J Psychol* [S.I.], v. 46, n. 2, p. 157-67, Apr 2005.

KADOSH, C. R.; WALSH, V. Dyscalculia. *Curr Biol* [S.I.], v. 17, n. 22, p. R946-7, Nov 2007.

KAMII, C. Aritmética: Novas perspectivas - Implicações da teoria de Piaget. Campinas, SP - Papyrus, 1992.

KINCSES, T. *et al.* Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human. *Neuropsychologia* [S.I.], v. 42, n. 1, p. 113-7, 2004.

KNOCH, D. *et al.* Disruption of right prefrontal cortex by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation induces risk-taking behavior. *J Neurosci* [S.I.], v. 26, n. 24, p. 6469-72, Jun 2006.

KONG, J. *et al.* The neural substrate of arithmetic operations and procedure complexity. *Brain Res Cogn Brain Res* [S.I.], v. 22, n. 3, p. 397-405, Mar 2005.

KNOPS, A. *et al.* On the functional role of human parietal cortex in number processing: How gender mediates the impact of a 'virtual lesion' induced by rTMS. *Neuropsychologia* [S.I.], v. 44, n. 12, p. 2270-83, 2006.

KUO, M. *et al.* Sex differences in cortical neuroplasticity in humans. *Neuroreport* [S.I.], v. 17, n. 16, p. 1703-7, Nov 2006.

LANG, N. *et al.* Effects of transcranial direct current stimulation over the human motor cortex on corticospinal and transcallosal excitability. *Exp Brain Res* [S.I.], v. 156, n. 4, p. 439-43, Jun 2004.

_____. How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 22, n. 2, p. 495-504, Jul 2005.

LIEBETANZ D, NITSCHKE MA, TERGAU F, PAULUS W. Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain*. 2002 Oct;125(Pt 10):2238-47.

LOLAS F. Brain polarization: behavioral and therapeutic effects. *Biol Psychiatry*. 1977 Feb;12(1):37-47.

LONNEMANN, J. *et al.* Spatial representations of numbers in children and their connection with calculation abilities. *Cortex* [S.I.], v. 44, n. 4, p. 420-8, Apr 2008.

MARTIS, B. *et al.* Neurocognitive effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in severe major depression. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 114, n. 6, p. 1125-32, Jun 2003.

MATSUNAGA K, NITSCHKE MA, TSUJI S, ROTHWELL JC. Effect of transcranial DC sensorimotor cortex stimulation on somatosensory evoked potentials in humans. *Clin Neurophysiol*. 2004 Feb;115(2):456-60

MCCREERY, D. *et al.* Charge density and charge per phase as cofactors in neural injury induced by electrical stimulation. *IEEE Trans Biomed Eng* [S.I.], v. 37, n. 10, p. 996-1001, Oct 1990.

MULL, B.; SEYAL, M. Transcranial magnetic stimulation of left prefrontal cortex impairs working memory. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 112, n. 9, p. 1672-5, Sep 2001.

NITSCHKE, M. *et al.* Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *J Physiol* [S.I.], v. 553, n. Pt 1, p. 293-301, Nov 2003.

_____. Catecholaminergic consolidation of motor cortical neuroplasticity in humans. *Cereb Cortex* [S.I.], v. 14, n. 11, p. 1240-5, Nov 2004.

_____. Consolidation of human motor cortical neuroplasticity by D-cycloserine. *Neuropsychopharmacology* [S.I.], v. 29, n. 8, p. 1573-8, Aug 2004.

_____. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation--technical, safety and functional aspects. *Suppl Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 56, p. 255-76, 2003.

_____. Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 114, n. 11, p. 2220-2; author reply 2222-3, Nov 2003.

_____. MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 115, n. 10, p. 2419-23, Oct 2004.

NITSCHKE, M. A. *et al.* Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *BRAIN STIMULATION: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation* [S.I.], v. 1, n. 3, p. 206-223, 2008.

NUNES, T. *Introdução à Educação Matemática: os números e as operações - 1 edição - São Paulo: Proem, 2001.*

ONRUBIA, J., ROCHERA M.J, BARBERA E. O ensino e aprendizagem da matemática : uma perspectiva psicológica. In: C., C. *et al* (Ed.). *Desenvolvimento Psicológico e educação.* v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PAULUS, W. Transcranial direct current stimulation (tDCS). *Suppl Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 56, p. 249-54, 2003.

PASCUAL-LEONE, A. *et al.* Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience--virtual lesion, chronometry, and functional connectivity. *Curr Opin Neurobiol* [S.I.], v. 10, n. 2, p. 232-7, Apr 2000.

POLYA, G. *A Arte de resolver problemas.* Rio de Janeiro: Interciência Ltda., 2005.

PRICE, G. *et al.* Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia. *Curr Biol* [S.I.], v. 17, n. 24, p. R1042-3, Dec 2007.

PURPURA, D.; MCMURTRY, J. Intracellular Activities And Evoked Potential Changes During Polarization Of Motor Cortex. *J Neurophysiol* [S.I.], v. 28, p. 166-85, Jan 1965.

RASMUSSEN, C.; BISANZ, J. Representation and working memory in early arithmetic. *J Exp Child Psychol* [S.I.], v. 91, n. 2, p. 137-57, Jun 2005.

ROGALEWSKI, A. *et al.* Transcranial direct current stimulation disrupts tactile perception. *Eur J Neurosci* [S.I.], v. 20, n. 1, p. 313-6, Jul 2004.

ROTHWELL JC, FRAHM J, BESTMANN S, BAUDEWIG J, SIEBNER HR, Functional MRI of the immediate impact of transcranial magnetic stimulation on cortical and subcortical motor circuits. *Eur J Neurosci.* 2004 Apr;19(7):1950-62.

SEITZ, K.; HENGSTELER, R. S. Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology* [S.I.], v. 12, n. 4, p. 552± 570, 2000.

SHALEV, R. Developmental dyscalculia. *J Child Neurol* [S.I.], v. 19, n. 10, p. 765-71, Oct 2004.

SHALEV, R. *et al.* Persistence of developmental dyscalculia: what counts? Results from a 3-year prospective follow-up study. *J Pediatr* [S.I.], v. 133, n. 3, p. 358-62, Sep 1998.

TERZUOLO, C.; BULLOCK, T. Measurement Of Imposed Voltage Gradient Adequate To Modulate Neuronal Firing. *Proc Natl Acad Sci U S A* [S.I.], v. 42, n. 9, p. 687-94, Sep 1956.

TRBOVICH, P.; LEFEVRE, J. Phonological and visual working memory in mental addition. *Mem Cognit* [S.I.], v. 31, n. 5, p. 738-45, Jul 2003.

VINES, B. *et al.* Contralateral and ipsilateral motor effects after transcranial direct current stimulation. *Neuroreport* [S.I.], v. 17, n. 6, p. 671-4, Apr 2006.

WAGNER, T. *et al.* Transcranial direct current stimulation: a computer-based human model study. *Neuroimage* [S.I.], v. 35, n. 3, p. 1113-24, Apr 2007.

_____. Noninvasive human brain stimulation. *Annu Rev Biomed Eng* [S.I.], v. 9, p. 527-65, 2007.

WECHSLER, D. (1997). *WAIS- III: Administration and scoring manual*. San Antonio: The Psychological Corporation.

WESCHLER, D. (1991, 3rd Ed.). *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-III): Manual*. San Antonio: The Psychological Corporation.

YUEN TG, AGNEW WF, BULLARA LA, JACQUES S, MCCREERY DB. Histological evaluation of neural damage from electrical stimulation: considerations for the selection of parameters for clinical application. *Neurosurgery*. 1981 Sep;9(3):292-9.

“Deus usa o silêncio para ensinar sobre a responsabilidade das palavras.”

Paulo Coelho

Anexo A – Caderno de Dados Do Voluntário

Nome: _____

Endereço: _____ n° _____

Bairro: _____ Cidade: _____ Estado: _____

Data de Nascimento: ___/___/____ Telefone: _____

Nascido em (país e cidade): _____

E-mail: _____

Sexo: () F () M

Se for do sexo feminino, data da última menstruação: _____

Escolaridade: _____

Profissão: _____

Estado Civil: () Casado

() Separado / Desquitado

() Divorciado

() Viúvo

() Solteiro

Lateralidade: _____

Medicações: _____

Tratamentos: _____

CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DE PESQUISA

Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa com um aparelho de estimulação cerebral e seu uso como uma possível ferramenta de interferência em tarefa de multiplicação. Você poderá receber o tratamento ativo ou placebo (sem nenhum efeito). O placebo não faz nenhum efeito, e é usado para que se possa estudar o que acontece com o paciente que não recebe o tratamento proposto. A escolha dos grupos será por sorteio. O aparelho de corrente contínua gera uma corrente de intensidade muito baixa (que praticamente não é perceptível) e essa corrente é dirigida para o seu cérebro através de duas esponjas que funcionam como eletrodos. Esse tratamento é indolor e no máximo você poderá sentir um pouco de formigamento no couro cabeludo. Durante a estimulação, você ficará acordado por todo o tempo, acompanhando tudo o que for feito. Caso você seja escolhido para o grupo que vai receber a estimulação transcraniana com corrente contínua sem efeito, a pesquisa não vai mudar em quase nada o seu desempenho no teste de multiplicação durante o período do estudo. Se você for sorteado para o grupo que vai receber a estimulação ativa, você poderá apresentar uma melhora nesse tipo de tarefa. Para avaliar a sua melhora, você realizará um teste de multiplicação e responderá a um questionário para a obtenção de dados demográficos após ter recebido uma sessão de estimulação cerebral ativa ou sem efeito (placebo) – que será definida por sorteio. Estes procedimentos de estimulação já são utilizados há algum tempo em vários países e em outros estudos. As queixas mais frequentes dos pacientes que já utilizaram este tratamento são formigamento no local de aplicação da estimulação e leve sonolência durante a aplicação. Esses efeitos desaparecem após o final do tratamento. As pesquisas mostram que não existe risco de qualquer dano cerebral devido a esse tratamento.

Você estará participando de um projeto de pesquisa e a qualquer momento terá todo o direito de perguntar aos pesquisadores responsáveis sobre eventuais dúvidas em relação a todos os procedimentos, aos riscos e potenciais efeitos positivos para você. Sempre pergunte se você tiver qualquer dúvida. Se durante a pesquisa você quiser interromper a sua participação, ou seja, não realizar mais a pesquisa por qualquer motivo (inclusive você não precisa explicar para o pesquisador o motivo), você tem todo o direito em fazer isso. Toda a informação relacionada à pesquisa será confidencial e apenas o pesquisador e você terá acesso a essa informação. Essa informação ficará protegida em lugar seguro em relação a acessos de terceiros. Os resultados obtidos serão analisados, e as conclusões, apresentadas para a discussão científica como parte do processo do programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, da Universidade Presbiteriana Mackenzie. A divulgação do trabalho terá finalidade acadêmica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado.

Pesquisadora: Rita dos S. C .Picinini

Orientador: Paulo S Boggio

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Telefone: (11) 2114 - 8878

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento, que atende às exigências legais, o (a) senhor(a) _____, sujeito de pesquisa, após leitura da CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância em participar da pesquisa proposta.

Fica claro que o sujeito de pesquisa, ou seu representante legal podem, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa, e fica ciente que todo trabalho realizado torna-se informação confidencial, guardada por força do sigilo profissional.

São Paulo, ____ de _____ de _____.

Assinatura do sujeito ou seu representante legal

DIA 1-**Nome:** _____**Data:** _____**Tipo de estimulação****Imediatamente antes da estimulação****Escala Visual Analógica de Humor****ESTADO PSÍQUICO ATUAL**

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Sonolento
Calmo	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Agitado
Forte	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Fraco
Confuso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Com idéias claras
Ágil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Desajeitado
Apático	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Dinâmico
Satisfeito	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Insatisfeito
Preocupado	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Tranquilo
Raciocínio difícil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Perspicaç
Tenso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Relaxado
Atento	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Distraído
Incompetente	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Competente
Alegre	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Triste
Hostil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Amistoso

Iniciar com a ETCC por 5 minutos. Passado esse tempo, dar início a tarefa de matemática e continuar estimulando até o término da tarefa.

Após a estimulação

Escala Visual Analógica de Humor

ESTADO PSÍQUICO ATUAL

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Sonolento
Calmo	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Agitado
Forte	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Fraco
Confuso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Com idéias claras
Ágil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Desajeitado
Apático	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Dinâmico
Satisfeito	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Insatisfeito
Preocupado	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Tranquilo
Raciocínio difícil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Perspícaz
Tenso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Relaxado
Atento	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Distraído
Incompetente	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Competente
Alegre	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Triste
Hostil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Amistoso

Questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC (side-effect checklist).

Circule o local apropriado:

1 – Ausente	1 – Nenhum
2 – Suave	2 – Remoto
3 – Moderado	3 – Possível
4 - Severo	4 - Definitivo

Sintomas	Severidade	Relação com o tratamento	Observações
Dor de cabeça			
Dor no pescoço			
Dor no couro cabeludo			
Queimação no couro cabeludo			
Prejuízo auditivo			
Prejuízo cognitivo			
Problemas na concentração			
Mudança de humor aguda			
Outros (especificar)			

Avaliação da qualidade de estudo cego (check on blind)

- Qual tipo de tratamento você acredita ter recebido?

() Tratamento ativo

() Tratamento placebo

- Dê uma nota de 0 a 5 para a sua resposta, para indicar a certeza de sua resposta, sendo que 0 representa nenhuma certeza e 5 certeza máxima de sua resposta: _____

DIA 2**Nome:** _____**Data:** _____**Tratamento:** _____**Imediatamente antes da estimulação****Escala Visual Analógica de Humor****ESTADO PSÍQUICO ATUAL**

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Sonolento

Calmo ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Agitado

Forte ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Fraco

Confuso ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Com idéias claras

Ágil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Desajeitado

Apático ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Dinâmico

Satisfeito ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Insatisfeito

Preocupado ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Tranquilo

Raciocínio difícil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Perspicaz

Tenso_ ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Relaxado

Atento ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Distraído

Incompetente ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Competente

Alegre ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Triste

Hostil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Amistoso

Iniciar com a ETCC por 5 minutos. Passado esse tempo, dar início a tarefa de matemática e continuar estimulando até o término da tarefa.

Após a estimulação

Escala Visual Analógica de Humor

ESTADO PSÍQUICO ATUAL

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Sonolento
Calmo	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Agitado
Forte	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Fraco
Confuso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Com idéias claras
Ágil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Desajeitado
Apático	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Dinâmico
Satisfeito	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Insatisfeito
Preocupado	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Tranqüilo
Raciocínio difícil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Perspícaz
Tenso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Relaxado
Atento	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Distraído
Incompetente	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Competente
Alegre	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Triste
Hostil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Amistoso

Questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC (side-effect checklist).

Circule o local apropriado:

1 – Ausente	1 – Nenhum
2 – Suave	2 – Remoto
3 – Moderado	3 – Possível
4 - Severo	4 - Definitivo

Sintomas	Severidade	Relação com o tratamento	Observações
Dor de cabeça			
Dor no pescoço			
Dor no couro cabeludo			
Queimação no couro cabeludo			
Prejuízo auditivo			
Prejuízo cognitivo			
Problemas na concentração			
Mudança de humor aguda			
Outros (especificar)			

Avaliação da qualidade de estudo cego (check on blind)

- Qual tipo de tratamento você acredita ter recebido?

() Tratamento ativo

() Tratamento placebo

- Dê uma nota de 0 a 5 para a sua resposta, para indicar a certeza de sua resposta, sendo que 0 representa nenhuma certeza e 5 certeza máxima de sua resposta: _____

DIA 3**Nome:** _____**Data:** _____**Tratamento:** _____**Imediatamente antes da estimulação****Escala Visual Analógica de Humor****ESTADO PSÍQUICO ATUAL**

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Sonolento

Calmo ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Agitado

Forte ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Fraco

Confuso ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Com idéias claras

Ágil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Desajeitado

Apático ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Dinâmico

Satisfeito ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Insatisfeito

Preocupado ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Tranquilo

Raciocínio difícil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Perspicaz

Tenso_ ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Relaxado

Atento ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Distraído

Incompetente ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Competente

Alegre ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Triste

Hostil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Amistoso

Iniciar com a ETCC por 5 minutos. Passado esse tempo, dar início a tarefa de matemática e continuar estimulando até o término da tarefa.

Após a estimulação

Escala Visual Analógica de Humor

ESTADO PSÍQUICO ATUAL

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Sonolento
Calmo	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Agitado
Forte	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Fracamente
Confuso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Com idéias claras
Ágil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Desajeitado
Apático	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Dinâmico
Satisfeito	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Insatisfeito
Preocupado	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Tranquilo
Raciocínio difícil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Perspicaz
Tenso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Relaxado
Atento	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Distraído
Incompetente	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Competente
Alegre	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Triste
Hostil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Amigável

Questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC (side-effect checklist).

Circule o local apropriado:

1 – Ausente	1 – Nenhum
2 – Suave	2 – Remoto
3 – Moderado	3 – Possível
4 - Severo	4 - Definitivo

Sintomas	Severidade	Relação com o tratamento	Observações
Dor de cabeça			
Dor no pescoço			
Dor no couro cabeludo			
Queimação no couro cabeludo			
Prejuízo auditivo			
Prejuízo cognitivo			
Problemas na concentração			
Mudança de humor aguda			
Outros (especificar)			

Avaliação da qualidade de estudo cego (check on blind)

- Qual tipo de tratamento você acredita ter recebido?

() Tratamento ativo

() Tratamento placebo

- Dê uma nota de 0 a 5 para a sua resposta, para indicar a certeza de sua resposta, sendo que 0 representa nenhuma certeza e 5 certeza máxima de sua resposta: _____

DIA 4**Nome:** _____**Data:** _____**Tratamento:** _____**Imediatamente antes da estimulação****Escala Visual Analógica de Humor****ESTADO PSÍQUICO ATUAL**

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Sonolento

Calmo ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Agitado

Forte ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Fraco

Confuso ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Com idéias claras

Ágil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Desajeitado

Apático ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Dinâmico

Satisfeito ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Insatisfeito

Preocupado ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Tranquilo

Raciocínio difícil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Perspicaz

Tenso_ ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Relaxado

Atento ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Distraído

Incompetente ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Competente

Alegre ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Triste

Hostil ___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___ Amistoso

Iniciar com a ETCC por 5 minutos. Passado esse tempo, dar início a tarefa de matemática e continuar estimulando até o término da tarefa.

Após a estimulação

Escala Visual Analógica de Humor

ESTADO PSÍQUICO ATUAL

INSTRUÇÕES: Avalie como você se sente agora em relação aos itens abaixo. Considere cada linha como representando a gama completa de cada dimensão, isto é, as extremidades indicam os máximos de cada condição. Marque com um X como você está se sentindo no momento.

Alerto	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Sonolento
Calmo	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Agitado
Forte	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Fraco
Confuso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Com idéias claras
Ágil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Desajeitado
Apático	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Dinâmico
Satisfeito	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Insatisfeito
Preocupado	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Tranqüilo
Raciocínio difícil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Perspícaz
Tenso	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Relaxado
Atento	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Distraído
Incompetente	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Competente
Alegre	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Triste
Hostil	___/___/___/___/___/___/___/___/___/___/___	Amistoso

Questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC (side-effect checklist).

Circule o local apropriado:

1 – Ausente	1 – Nenhum
2 – Suave	2 – Remoto
3 – Moderado	3 – Possível
4 - Severo	4 - Definitivo

Sintomas	Severidade	Relação com o tratamento	Observações
Dor de cabeça			
Dor no pescoço			
Dor no couro cabeludo			
Queimação no couro cabeludo			
Prejuízo auditivo			
Prejuízo cognitivo			
Problemas na concentração			
Mudança de humor aguda			
Outros (especificar)			

Avaliação da qualidade de estudo cego (check on blind)

- Qual tipo de tratamento você acredita ter recebido?

() Tratamento ativo

() Tratamento placebo

- Dê uma nota de 0 a 5 para a sua resposta, para indicar a certeza de sua resposta, sendo que 0 representa nenhuma certeza e 5 certeza máxima de sua resposta: _____

Anexo B- TAREFAS DE MULTIPLICAÇÃO

Treino

Numeração	Multiplicando	Multiplicador	Produto	
			9	i
1	8	6	42	48
2	14	17	258	238
3	3	5	15	12
4	36	16	556	576
5	7	3	21	18
6	9	4	32	36
7	42	14	598	588
8	5	7	35	30
9	9	6	48	54
10	29	13	367	377
11	4	7	21	28
12	17	16	252	272
13	9	8	72	64
14	6	6	36	30
15	78	12	946	936
16	58	18	1044	1014
17	69	19	1311	1331
18	84	18	1512	1502

1º Bloco

Numeração	Multiplicando	Multiplicador	Produto	
			9	i
1	9	3	30	27
2	38	12	466	456
3	7	7	49	42
4	27	19	513	533
5	8	4	32	28
6	46	18	818	828
7	3	6	21	18
8	55	17	945	935
9	8	6	54	48
10	44	16	724	704
11	7	8	56	64
12	72	13	936	946
13	3	8	32	24
14	69	14	986	966
15	8	8	72	64
16	36	13	478	468
17	8	5	45	40
18	85	17	1445	1435
19	6	7	36	42
20	48	19	932	912
21	7	5	30	35
22	6	4	28	24
23	37	19	703	713
24	2	8	14	16
25	57	18	1026	1036
26	9	4	36	32
27	74	17	1268	1258
28	3	4	12	18
29	96	13	1248	1238
30	4	4	12	16
31	7	4	28	24
32	29	16	464	454
33	3	7	28	21
34	83	14	1162	1132
35	62	12	724	744
36	54	13	712	702

2º Bloco

Numeração	Multiplicando	Multiplicador	Produto	
			9	i
1	9	8	64	72
2	87	13	1141	1131
3	2	8	16	14
4	62	17	1054	1064
5	9	7	54	63
6	38	19	722	712
7	9	4	32	36
8	76	18	1368	1338
9	7	6	42	52
10	88	19	1652	1672
11	9	5	40	45
12	77	19	1453	1463
13	7	3	21	14
14	59	16	944	964
15	48	12	566	576
16	8	6	42	48
17	24	14	346	336
18	6	4	24	20
19	6	5	25	30
20	54	16	874	864
21	67	18	1206	1216
22	84	12	1018	1008
23	8	4	32	24
24	37	17	629	649
25	3	6	18	24
26	4	7	28	24
27	95	13	1235	1215
28	3	8	24	21
29	9	6	48	54
30	59	12	718	708
31	2	7	12	14
32	8	7	48	56
33	73	16	1178	1168
34	7	5	35	30
35	68	14	972	952
36	49	13	637	617

3º Bloco

Numeração	Multiplicando	Multiplicador	Produto	
			9	i
1	7	7	42	49
2	78	18	1404	1414
3	9	6	48	54
4	86	12	1012	1032
5	8	7	56	48
6	49	13	637	647
7	8	8	56	64
8	67	19	1293	1273
9	6	8	54	48
10	79	14	1116	1106
11	7	4	28	21
12	88	17	1476	1496
13	5	4	25	20
14	72	16	1152	1132
15	4	3	9	12
16	98	12	1176	1156
17	2	8	14	16
18	84	13	1072	1092
19	75	14	1060	1050
20	3	8	21	24
21	53	18	964	954
22	8	4	32	28
23	6	7	42	35
24	98	17	1666	1646
25	2	6	12	14
26	42	16	672	682
27	3	7	18	21
28	5	7	30	35
29	8	5	45	40
30	68	17	1106	1156
31	5	3	15	18
32	94	13	1222	1242
33	2	7	14	12
34	87	14	1218	1188
35	93	18	1674	1654
36	72	19	1368	1378

4º Bloco

Numeração	Multiplicando	Multiplicador	Produto	
			9	i
1	6	6	30	36
2	69	16	1104	1114
3	9	4	32	36
4	73	18	1334	1314
5	7	6	42	35
6	67	19	1273	1263
7	9	7	56	63
8	47	13	611	631
9	5	3	12	15
10	69	12	848	828
11	2	4	6	8
12	89	14	1246	1216
13	3	8	24	21
14	78	13	1014	1034
15	9	6	48	54
16	78	16	1248	1228
17	8	7	56	48
18	4	3	16	12
19	49	17	853	833
20	8	4	32	23
21	86	18	1558	1548
22	5	6	35	30
23	78	19	1462	1482
24	7	4	24	28
25	96	16	1546	1536
26	9	8	63	72
27	97	14	1358	1388
28	8	6	42	48
29	7	7	54	49
30	94	13	1212	1222
31	8	8	56	64
32	86	18	1548	1568
33	7	3	18	21
34	76	16	1216	1206
35	93	17	1581	1571
36	63	19	1197	1207

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)